XI Национальная научно-практическая конференция
с международным участием «Чтения И. П. Терских»,
посвящённая 90-летию ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
и 85-летию доктора технических наук, профессора
Анатолия Михайловича Худоногова



Терских И. П.



Худоногов А. М.

90 лет

Иркутский ГАУ

1934-2024

«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК»

3-4 октября 2024 года

УДК 631.3
ББК 40.7
А 437

Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы XI Национальной научно-практической конференции с Международным участием «Чтения И.П. Терских» / редкол.: Н.Н. Дмитриев [и др.] – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2024. – 472 с.

В материалах X Национальной научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских» публикуются работы авторов по разным тематикам: проблемы развития агроинженерных систем и технологий, математические и информационные технологии решения прикладных задач, совершенствование подготовки агроинженерных кадров.

Редакционная коллегия:

Дмитриев Н.Н. – ректор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Зайцев А.М. – проректор по научной работе ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Иваньо Я.М. – проректор по цифровой трансформации ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Ильин П.И. – заведующий кафедрой ЭМТП, БЖД и ПО ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Очиров В.Л. – заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Шистеев А.В. – заведующий кафедрой ТС и ОД ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Бураев М.К. – профессор кафедры ТС и ОД ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Аносова А.И. – доцент кафедры ТС и ОД ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Алтухов И.В. – заведующий научно-исследовательской лабораторией «Энергосбережение в электротехнологиях» ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
Бураева Г.М. – зам. декана по научной работе инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

© Коллектив авторов, 2024
© Иркутский ГАУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ 13

Алушкин Т.Е., Мещеряков М.Ю. Обеспечение работоспособного состояния тракторного парка внедрением системы анализа данных по безотказности и долговечности 13

Аносова А.И., Белоусов И.В., Бураев М.К. Оценка технологического уровня ремонтных мастерских в сельском хозяйстве 18

Барыкин К.В., Дьячков А.П., Колесников Н.П., Мешкова С.С. К вопросу уплотнения поверхности поля разбрасывателями удобрений разной грузоподъёмности 25

Бережнов Н.Н. Зависимость энергетических показателей колёсного тракторного транспортного агрегата от условий его движения 31

Болоев П.А., Бодякина Т.В., Гергенова Т.П., Бондарчук Е.В., Енина Н.А. Определение эффективности центробежного воздухоочистителя двигателя с учётом турбулентности воздушного потока 40

Голубев Д.Н., Шуханов С.Н., Поляков Г.Н., Доржиев А.С. Технические средства механизации измельчения корнеклубнеплодов для подготовки их к скармливанию 46

Горбунова Т.Л., Хабардин В.Н. Требования охраны окружающей среды в соответствии с новым государственным стандартом на техническое обслуживание машин в сельском хозяйстве 54

Деньгин И.Д., Кривцов С.Н., Наседкин Д.С. Методика определения демпфирующих свойств подвески силового агрегата автомобиля 62

Ильин П.И., Аносова А.И., Цэдашиев Ц.В., Бураева Г.М. К оценке производственно-технической эксплуатации машинно-тракторного парка с учётом проведения профилактических мероприятий 68

Кольмайер Ю.А., Рожков Д.М. Прикладные и теоретические исследования по проектированию аварийно-спасательного автомобиля на базе шасси ЗиЛ-131 75

Королев А.И., Барыкин К.В. Применение автоматических коробок передач на сельскохозяйственных тракторах 81

Кочергин В.И., Глушков С.П. Совершенствование виброзащиты сельскохозяйственных машин и оборудования 88

Матяш С.П., Малинина А.Е. Интеграция современных технологий в системы пассивной безопасности автотранспортных средств 93

Матяш С.П., Сырбаков А.П. Эффективность тепловой подготовки дизельного двигателя путём предпускового разогрева системы охлаждения 99

Овчинникова Н.И., Быкова М.А. Аналитическое оценивание устойчивости функционирования сельскохозяйственных технологических систем 104

Сидорова Л.И., Сидоров Е.А., Сенин Н.С., Шибалков А.А. Системы питания и смесеобразования дизеля на дизельно-смесевом топливе 109

Сидорова Л.И., Сидоров Е.А., Сенин Н.С., Шибалков А.А. Смесители дизельного топлива и растительного масла: инновационное решение для повышения экологичности дизельных двигателей 113

Степанов Н.В., Бричагина А.А. Определение потерь зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов 119

Ушницкая С.П., Друзьянова В.П. Процесс теплопередачи, протекающий в биогазовой печи 125

Фальчевская Ю.А., Васильев Ф.А. Утилизация побочной продукции животноводства с целью обеспечения теплоснабжения теплицы 133

Хабардин В.Н. Новые технические решения к созданию ручных средств тушения низовых лесных и степных пожаров 140

Хороших О.Н. Системный подход к процессу диагностирования машин 148

Хохлов А.Л., Хохлов А.А., Хохлова А.А. Методика и результаты эксплуатационных исследований автомобилей, оснащённых двигателями с типовыми и оксидированными поршнями 153

Чубарева М.В. Графический способ получения кривой скорости сушки зерновой массы 160

Шистеев А.В. Исследование моделей и методов интеллектуального сопровождения процессов технического обслуживания и ремонта машин 165

Секция 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИН В АПК 175

Бураева Г.М., Шистеев А.В., Бураев М.К. К оценке надёжности функционирования предприятия технического сервиса 175

Егоров И.Б., Бураев М.К. Обеспечение работоспособности машин и оборудования применением аддитивных технологий при техническом сервисе 182

Елтошкина Е.В. Энергетический метод определения динамических характеристик при проектировании машин 187

Поздняков Н.А., Бураев М.К. Повышение эффективности ремонта автотракторной техники с использованием цифровых запасных частей 192

Потапов А.С., Свирбутович О.А., Ховайко В.Н., Кушаев А.Е., Щербаков А.А. Компьютерная диагностика автомобилей *Toyota* через разъёмы *DLC*1 И *DLC*2 197

Потапов А.С., Свирбутович О.А., Ховайко В.Н., Кондратьев К.Д., Кубасов Д.А. Разработка прибора для диагностики автомобилей *Тойота* через разъёмы *DLC*1 и *DLC*2 203

Сусликов И.А., Кузьмин А.В. О проблемах уборки картофеля и направлениях их решений 212

Яковлев С.А., Сидоров Е.В., Кузнецов Б.В., Сагитов И.А. Структура режущих частей рабочих органов почвообрабатывающей техники, изготовленных из стали 30*MnB*5 после наплавки релита с последующей закалкой 217

Секция 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ 223

Белокурова Е.В., Саргсян М.А. Влияние композиции из хитозана и цинка на газообразующую способность муки 223

Железняк П.В., Алексеева Ю.А. Технология производства сыра «Моцарелла» 227

Козуб И.В., Алексеева М.А., Алексеева Ю.А. Использование семян пажитника и семян тыквы в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов 232

Козуб И.В., Алексеева М.А., Алексеева Ю.А. Технология производства сыра «Качотта» 237

Курчаева Е.Е., Глинкина И.М. Коррекция содержания тяжёлых металлов в мясе кроликов 243

Малыгин Ю.В., Алексеева Ю.А. Технология производства полукопченой колбасы 248

Попов И.А., Максимов И.В. Современные способы сушки плодоовощной продукции 253

Попов И.А., Максимов И.В. Поиск перспективных способов сушки сельдерея 259

Попов И.А., Максимов И.В. Поиск оптимального способа сушки шпината земляничного 265

Хатунцева Т.П., Дерканосова Н.М., Стародубцев Д.А. Изучение сохранности свойств обогащённого мармелада в процессе хранения 272

Худоногов А.М., Худоногов И.А. История технологии производства оздоровительного чая 280

Секция 4. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В АПК 287

Барахтенко Р.Е., Гусаров А.Е., Логинов А.Ю., Прудников А.Ю. Устройство мониторинга показателей работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 287

Бузунова М.Ю., Анненкова А.В. Анализ массы углеродного следа в рамках международного рейтинга *greenmetric* 295

Клибанова Ю.Ю., Павлов С.А., Гусаров А.Е., Барахтенко Р.Е. Подбор анализаторов контроля параметров микроклимата в животноводческих помещениях 300

Наумов И.В., Федоринова Э.С., Якупова М.А. Сравнительный анализ методов вычисления показателей несимметрии в трёхфазных системах электроснабжения 306

Черных А.Г. Алгоритм защиты от тепловой перегрузки приводного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной машины 313

Секция 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОБИЗНЕСЕ 322

Барсукова М.Н., Шишман К.Е. Разработка научно-издательской платформы для ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ 322

Бендик Н.В., Романкина К.С. О программном продукте для первичного зоотехнического учёта пушных зверей 328

Иваньо Я.М., Щербаков Н.В. Программное обеспечение для решения задачи вероятностной оценки изменчивости климатических событий 335

Иваньо Я.М., Толмачев А.С., Цыренжапова В.В. Программное обеспечение для оценки рисков производств аграрной продукции 342

Секция 6. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ 350

Алтухова Т.А., Алтухов С.В. Анализ результатов развития творческих способностей при использовании игровых технологий 350

Абросимов А.В., Пальвинский В.В., Бричагина А.А. Научно-технологическая площадка «Инженер будущего» 355

Анненкова А.В., Клибанова Ю.Ю. Пособие по переводу эксплуатационной технической документации электрооборудования с английского языка как средство совершенствования агроинженерных кадров 361

Бричагина А.А. Становление инженерного факультета Иркутского ГАУ 366

Бузунова М.Ю. Методы совершенствования качества преподавания естественно-научных дисциплин 371

Друзьянова В.П., Заровняева В.И. Становление агропрофильных школ в республике Саха (Якутия) 377

Друзьянова В.П., Афанасьева Т.И. Пути становления агроинженерного образования в Якутии 384

Елтошкина Е.В., Бодякина Т.В. Формирование профессиональных компетенций у студентов направления 35.03.06 Агроинженерия 391

Ильин С.Н., Бричагина А.А. К вопросу выполнения выпускной квалификационной работы студентами инженерного факультета Иркутского ГАУ 397

Косарева А.В., Аносова А.И. Применение воспитательных мероприятий в колледже автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ 402

Сухаева А.Р. Использование активных форм методической работы для формирования профессиональных компетенций молодых педагогов 407

Чубарева М.В. Методика определения учебной мотивации студентов колледжа инженерных направлений подготовки 412

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ 420

Быкова М.А. Дело семейное из поколения в поколение. К 70-летию Натальи Ивановны Овчинниковой 420

Очиров В.Д. К 85-летию со дня рождения Анатолия Михайловича Худоногова 427

Сайванова С.А. Талантливый учёный и педагог 452

Логинов А.Ю., Прудников А.Ю. Вячеслав Владимирович Боннет. Жизнь и творческий путь 461

Очиров В.Д. Светлой памяти профессора Эмира Асгадовича Таирова (19.10.1944 – 15.03.2024) 464

CONTENTS

Section 1. INDUSTRIAL AND TECHNICAL OPERATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES AND COMPLEXES 13

Alushkin T.E., Mesheriakov M.U. Maintaining the efficiency of the tractor fleet through a data analysis system for reliability and durability 13

Anosova A.I., Belousov I.V., Buraev M.K. Assessment of the technological level of repair workshops in agriculture 18

Barykin K.V., Dyachkov A.P., Kolesnikov N.P., Meshkova S.S. On the issue of compaction of the field surface with fertilizer spreaders of different load capacities 25

Berezhnov N.N. Dependence of the energy parameters of a wheeled tractor transport unit on the conditions of its movement 31

Boloev P.A., Bodyakina T.V., Gergenova T.P., Bondarchuk E.V., Enina N.A. Determining the efficiency of a centrifugal engine air cleaner taking into account air flow turbulence 40

Golubev D.N., Shukhanov S.N., Polyakov G.N., Dorzhiev A.S. Technical means of mechanization of root crops grinding for preparation for feeding 46

Gorbunova T.L., Khabardin V.N. Environmental protection requirements in accordance with the new state standard for machinery maintenance in agriculture 54

Dengin I.D., Krivtsov S.N., Nasedkin D.S. Methodology for determining the damping properties of the suspension of the power unit of a car 62

Ilyin P.I., Anosova A.I., Tsedashiev Ts.V., Buraeva G.M. To the assessment of production and technical operation machine and tractor fleet with account of the undertaking preventive action 68

Kohlmeyer Yu.A., Rozhkov D.M. Applied and theoretical research on the design of an emergency rescue vehicle based on the ZiL-131 chassis 75

Korolev A.I., Barykin K.V. The use of automatic transmissions on agricultural tractors 81

Kochergin V.I., Glushkov S.P. Improvement of vibration protection of agricultural machinery and equipment 88

Matyash S.P., Malinina A.E. Integration of modern technologies into passive safety systems of motor vehicles 93

Matyash S.P., Syrbakov A.P. Efficiency of thermal preparation of a diesel engine by prestart heating of the cooling system 99

Ovchinnikova N.I., Bykova M.A. Analytical assessment of the stability of the functioning of agricultural technological systems 104

Sidorova L.I., Sidorov E.A., Senin N.S., Shibalkov A.A. Power supply and mixture formation systems diesel engines on diesel-mixed fuel 109

Sidorova L.I., Sidorov E.A., Senin N.S., Shibalkov A.A. Diesel fuel and vegetable oil mixers: an innovative solution for increasing the environmental friendliness of diesel engines 113

Stepanov N.V., Brichagina A.A. Determination of grain losses behind the thresher of corn harvesters 119

Ushnitskaya S.P., Druzyanova V.P. Heat transfer process in a biogas furnace 125

Falchevskaya Yu.A., Vasiliev F.A. Utilization of livestock by-products in order to provide heat supply to the greenhouse 133

Khabardin V.N. New technical solutions to be create manual ground extinguishing means forest and steppe fires 140

Khoroshikh O.N. A systematic approach to the process diagnosing machines 148

Khokhlov.A.L., Khokhlov A.A., Khokhlova A.A. Methods and results of operational studies of vehicles equipped with engines with standard and oxidized pistons 153

Chubareva M.V. Graphical method for obtaining the drying rate curve of grain mass 160

Shisteev A.V. Study of models and methods of intellectual support in machine maintenance and repair processes 165

Section 2. TECHNICAL SERVICE AND MODERNIZATION OF MACHINES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX 175

Buraeva G.M., Shisteev A.V., Buraev M.K. To the assessment of the reliability of functioning of technical service enterprises 175

Egorov I.B., Buraev M.K. Ensuring the operability of machines and equipment by using additive technologies in technical service 182

Eltoshkina E.V. Energy method for determining dynamic characteristics when designing machines 187

Pozdnyakov N.A., Buraev M.K. Improving the efficiency of repair and maintenance of automotive equipment using digital spare parts 192

Potapov A.S., Svirbutovich O.A., Khovaiko V.N., Kushaev A.E., Shcherbakov A.A. Computer diagnostics of Toyota cars via DLC1 and DLC2 connectors 197

Potapov A.S., Svirbutovich O.A., Khovaiko V.N., Kondratyev K.D., Kubasov D.A. Development of a device for car Toyota diagnostics via DLC1 and DLC2 connectors 203

Suslikov I.A., Kuzmin A.V. About the problems of potato harvesting and the directions of their solutions 212

Yakovlev S.A., Sidorov E.V., Kuznetsov B.V., Sagitov I.A. Structure of cutting partsof working organs of soil tillage equipment made from 30MnB5 steel after overlaying relitt with subsequent hardening 217

Section 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 223

Belokurova E.V., Sargsyan M.A. The effect of the chitosan and zinc composition on the gas-forming properties of flour 223

Zheleznyak P.V., Alekseeva Yu.A. Technology of production of Mozzarella cheese 227

Kozub I.V., Alekseeva M.A., Alekseeva Yu.A. Using seeds fenugreek and pumpkin seeds as a source of functional food ingredients 232

Kozub I.V., Alekseeva M.A., Alekseeva Yu.A. Technology of production of cheese «Caciotta» 237

Kurchaeva E.E., Glinkina I.M. Correction of heavy metal content in rabbit meat 243

Malygin Yu.V., Alekseeva Yu.A. Production technology of semi-smoked sausage 248

Popov I.A., Maksimov I.V. Modern drying methods fruit and vegetable products 253

Popov I.A., Maksimov I.V. Search for promising ways to dry celery 259

Popov I.A., Maksimov I.V. Finding the optimal way to dry strawberry spinach 265

Khatuntseva T.P., Derkanosova N.M., Starodubtsev D.A. Study of the preservation of the properties of enriched marmalade during storage 272

Khudonogov A.M., Khudonogov I.A. History of health tea production technology 280

Section 4. ENERGY, ENERGY AND RESOURCE CONSERVATION IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX 287

Barakhtenko R.E., Gusarov A.E., Loginov A.Yu., Prudnikov A.Yu. A device for monitoring the performance of an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor 287

Buzunova M.Yu., Annenkova A.V. Carbon footprint analysis in the framework of the international greenmetric rating 295

Klibanova Yu.Yu., Pavlov S.A., Gusarov A.E., Barakhtenko R.E. Selection of analyzers for control of microclimate parameters in livestock premises 300

Naumov I.V., Fedorinova E.S., Yakupova M.A. Comparative analysis of methods for calculating asymmetry indicators in three-phase power supply systems 306

Chernykh A.G. The algorithm of protection against thermal overload of the hydraulic drive motor of the support trolleys of the sprinkler machine 313

Section 5. INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRIBUSINESS 322

Barsukova M.N., Shishman K.E. Development of a scientific publishing platform for the FSBEI HE Irkutsk SAU 322

Bendik N.V., Romankina K.S. About the software product for primary zootechnical accounting of fur animals 328

Ivanyo Ya.M., Shcherbakov N.V. About software for solving the problem of probabilistic assessment of climate events variability 335

Ivanyo Ya.M., Tolmachev A.S., Tsyrenzhapova V.V. Software for assessing risks in agricultural production 342

Section 6. IMPROVING THE TRAININGOF AGROENGINEERING PERSONNEL 350

Altukhova T.A., Altukhov S.V. Analysis of the results of the development of creative abilities when using gaming technologies 350

Abrasimov A.V., Palvinsky V.V., Brichagina A.A. Scientific and technological platform «Engineer of the future» 355

Annenkova A.V., Klibanova Yu.Yu. A manual for translating operational technical documentation of electrical equipment from english as a means of improving students training in agroengineering 361

Brichagina A.A. Formation of the engineering faculty of Irkutsk SAU 366

Buzunova M.Yu. Methods for improving the quality of teaching natural sciences 371

Druzyanova V.P., Zarovnyaeva V.I. The formation of agro-specialized schools in the republic of Sakha (Yakutia) 377

Druzyanova V.P., Afanasieva T.I. Paths of the development of agroengineering education in Yakutia 384

Eltoshkina E.V., Bodyakina T.V. Formation of professional competences in students of the direction 35.03.06 Agroengineering 391

Ilyin S.N., Brichagina A.A. To the question of execution of the final qualification work by students of the engineering faculty of Irkutsk SAU 397

Kosareva A.V., Anosova A.I. Application of educational measures in the college of automobile transport and agrotechnologies FSBEI HE Irkutsk SAU 402

Sukhaeva A.R. The use of active forms of methodological work for the formation of professional competencies of young teachers 407

Chubareva M.V. Method of determining the learning motivation of students of the college of engineering training directions 412

MEMORABLE DATES 420

Bykova M.A. A family matter from generation to generation. On the 70th anniversary of Natalia Ivanovna Ovchinnikova 420

Ochirov V.D. To the 85th anniversary of Anatoly Mikhailovich Khudonogov 427

Saivanova S.A. A talented scientist and teacher 452

Loginov A.Yu., Prudnikov A.Yu. Vyacheslav Vladimirovich Bonnet. Life and career 461

Ochirov V.D. In blessed memory of professor Emir Asgadovich Tairov (19.10.1944 – 15.03.2024) 464

УДК 631.151.6

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ТРАКТОРНОГО ПАРКА ВНЕДРЕНИЕМ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПО БЕЗОТКАЗНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

[1]Т.Е.Алушкин, [2]М.Ю. Мещеряков

[1]ФГБОУ ВО Томский СХИ – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Томск, Россия
[2]ФГАОУ ВО НИ Томский политехнический университет
Томск, Россия

Аннотация. Представлена информация о структуре машинно-тракторного парка, используемого в агропромышленном комплексе Томской области. Приведены сведения о значительном влиянии на производительность МТП организационно-технологического и фактора технического состояния машин, которые в условиях современного состояния предприятий АПК находятся на недостаточном уровне. Поскольку значительная часть парка тракторов области представлена машинами Минского тракторного завода, тягового класса 1,4, проведён углублённый литературный анализ показателей надёжности их систем и механизмов. Установлено, что иметься нестабильность данных параметра средней наработки на отказ отдельных узлов, механизмов и систем. Установлена значительная разница математического ожидания величины средней наработки на отказ и широкие диапазоны коэффициентов вариации для данного параметра. Предлагается обеспечивать повышение работоспособности МТП за счёт разработки и внедрения системы анализирующей показатели надёжности и долговечности.

Ключевые слова: техническая эксплуатация, машинно-тракторный парк, надежность, безотказность.

MAINTAINING THE EFFICIENCY OF THE TRACTOR FLEET THROUGH A DATA ANALYSIS SYSTEM FOR RELIABILITY AND DURABILITY

[1]T.E. Alushkin, [2]M.U. Mesheriakov

[1]FSBEI HE Tomsk Agricultural institute is a branch of FSBEI HE Novosibirsk SAU
Tomsk, Russia
[2]FGAOU VO NI Tomsk polytechnic university
Tomsk, Russia

Annotation. Information is provided on the structure of the machine and tractor fleet used in the agro-industrial complex of the Tomsk region. Information is provided on the significant impact on the productivity of tractors of factors of the organization of production of the technical condition of machines that are at a low level. A significant part of the tractor fleet in the region is represented by machines of the Minsk tractor Plant, traction class 1,4. An in-depth literary analysis of reliability indicators of their systems and mechanisms has been carried out. It is established that there is an instability of the data of the parameter of the average operating time for failure of individual nodes, mechanisms and systems. A significant difference in the mathematical expectation of the average operating time for failure has been established. It is proposed to improve the efficiency of the tractor fleet by developing and implementing a system that analyzes reliability and durability indicators.

Key words: technical operation, machine and tractor fleet, reliability, reliability.

Введение. Одна из целей производственной эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) заключается в обеспечении высокой производительности различных сельскохозяйственных агрегатов. Производственная эксплуатация МТП показывает её низкую безотказность и долговечность [1, 2]. В работах [3, 4] установлена прямая связь показателей безотказности техники с её производительностью.

Целью исследования является обоснование совершенствование системы технического сервиса в АПК путём внедрения корректируемых параметров технического состояния, выявляемых средствами диагностирования, за счёт использования нейронной сети.

Материалы и методы. При проведении исследования были использованы статистические данные. По данным департамента по социально-экономическому развитию села Томской области на территории области в сельскохозяйственных организациях имеется 1110 тракторов, 407 зерноуборочных и 63 кормоуборочных комбайнов. Более подробные данные по составу парка тракторов представлены в виде диаграммы (рисунок 1).

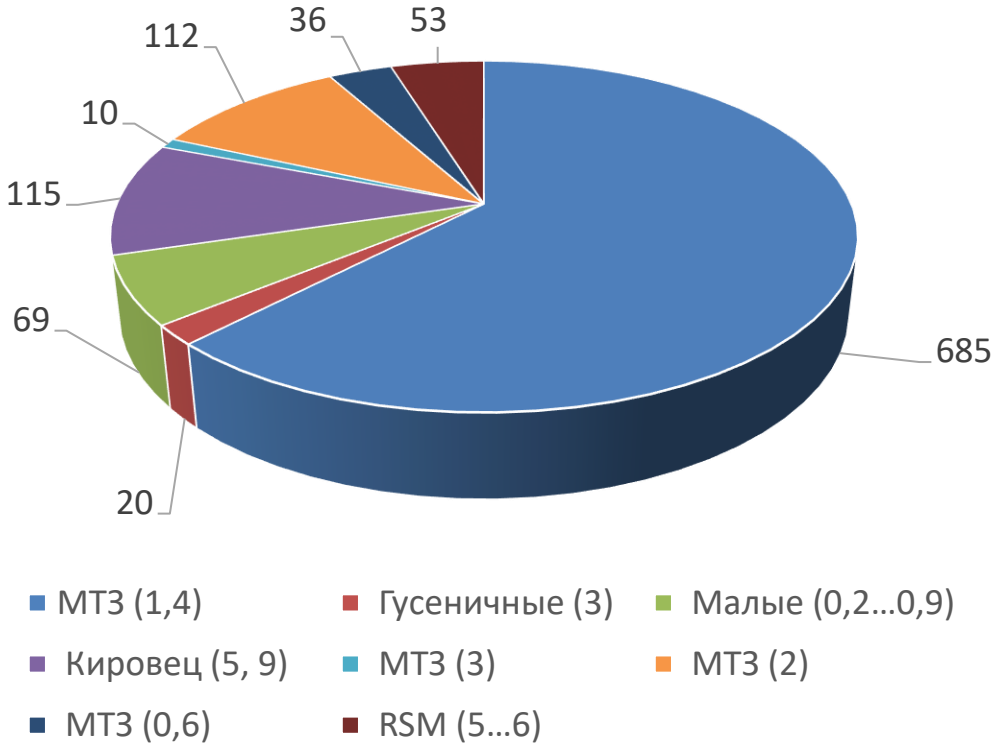


Рисунок 1 – **Распределение тракторов в организациях АПК Томской области по тяговым классам и предприятиям-изготовителям (в скобках указаны тяговые классы)**

Из диаграммы видно, что лидирующие позиции занимают тракторы производства Минского тракторного завода, тракторы тягового класса 1,4 составляют около 62 % от всего парка (МТЗ-82, МТЗ-1025 различных модификаций). Далее с большим отставанием (10,5 %) следуют тракторы производства Санкт-Петербургского тракторного завода («Кировцы», тяговых классов 5 и 6). Отметим, что на территории области фактически отсутствуют тракторы серии К-5.

Почти в два раза меньшую долю с «Кировцами» занимают тракторы завода «Ростсельмаш», преимущественно модели РСМ-2375 и РСМ-2400 – 4,8 %. В целом распределение тракторов по тяговым классам в независимости от типа движителя представлено на рисунке 2.

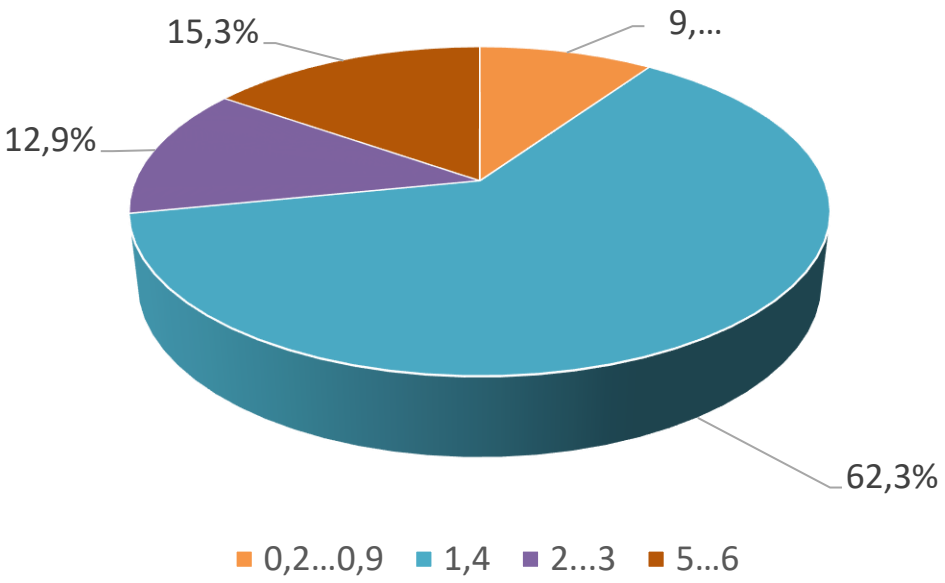


Рисунок 2 – **Доля тракторного парка на территории Томской области в организациях АПК по классам**

Из диаграммы виден значительный «Перекос» по доле тягового класса 1,4. Это объясняется как особенностями природно-климатического характера Томской области (мелкоконтурные поля, с большим количеством «Околков») так и тем фактом, что тракторы тягового класса 1,4 являются универсально-пропашными, т.е. задействованы весь период работ по механизации процессов в растениеводстве и животноводстве.

Предыдущие исследования авторов указывают на значительное влияние факторов технического состояния МТП на её производительность [5]. Вместе с организационно-технологическими факторами, включающими в себя качество организации труда, проведения наладок и регулировок, а также рациональная производственная эксплуатация машин, доля влияния на производительность составляет свыше 53 % [5]. Современные данные опросов инженерного состава на различных предприятиях агропромышленного комплекса Томской области указывают на то, что при проведении технического обслуживания и текущего ремонта сельскохозяйственной техники используется значительная часть неоригинальных запасных частей, по причине их существенно меньшей стоимости. Данный факт объясняется в работе [6], где установлено, что до 50 % затрат средств при ремонте идёт на запасные части. Стремление оптимизировать затраты при ремонтно-восстановительных работах обуславливает нестабильность показателей безотказности и долговечности сельскохозяйственной техники в эксплуатации. Усложняет сложившуюся ситуацию и значительное разнообразие марок техники на предприятиях АПК. Все эти факты обуславливают малый ресурс

работы МПТ, в работе [6] утверждается, что средний послеремонтный ресурс техники составляет 30…35 % от ресурса новой.

Указанные выше причины затрудняют оценку надёжности в условиях эксплуатации. Например исследования, проведенные для тракторов МТЗ-82.1 [7] указывают на большие разбросы коэффициентов вариации при оценке безотказности различных элементов конструкции. Например, для механизмов управления трактором величина коэффициента вариации находиться в пределах 0,27…0,35; для ходовой части 0,3…0,35; трансмиссия 0,27…0,31; навесное оборудование двигателя – 0,27…0,46. В результате проведённых исследований авторами рекомендуется внедрение измененной системы диагностирования, включающую в себя снижение межконтрольного периода проведения диагностических работ. В работе [7] утверждается, что внедрение более частого диагностирования позволяет значительно снизить вероятность выхода из строя различных узлов и агрегатов тракторов МТЗ-82.1 с периода наработки более 3500…4000 моточасов до вероятности, не превышающей 0,32. Для сравнения – при отсутствии применения операций диагностирования вероятность выхода из строя составляет 0,55 при той же наработке.

Представленные данные в работе [8], указывают на значительно сниженную надёжность узлов, агрегатов и систем сельскохозяйственных тракторов в условиях рядовой эксплуатации. Например, с учётом рекомендаций по переводу условных эталонных гектаров в мото-часы наработки [9, стр. 116], наиболее частые отказы муфты сцепления в условиях рядовой эксплуатации МТЗ-82.1 происходят при наработке в 920…1380 моточасов, тогда как математическое ожидание наработки до отказа муфты сцепления в работе [1] составляет 7157 моточасов.

Данные о низкой надёжности электрооборудования в рядовой эксплуатации подтверждается данными [10]. Средняя наработка на отказ у стартера составляет 1125 мото-часов, втягивающее реле стартера – 4000 мото-часов; генераторная установка – 1200 мото-часов. В работе [7] величина математического ожидания наработки на отказ стартера составляет 11233 мото-часов и 13257 мото-часов для генераторной установки. Самая значительная разница в величине средней наработки до отказа выявлена для рукавов высокого давления (РВД). В работе [7] величина математического ожидания наработки на отказ составляет 12871 мото-час, тогда как в работе [10] – 400 мото-часов, разница составляет более 32 раз. Этот факт возможно объяснить низким качеством изготовления РВД в ремонтных организациях.

Решение проблемы ведения учёта и анализа данных по безотказности и долговечности машинно-тракторного парка возможно на основе создания информационных систем, получающих информацию от встроенных (бортовых) систем диагностики. Для отдельных агрегатов это уже хорошо известное научное направление [11]. Однако, данные, полученные при диагностировании, как правило, не заносятся в общую базу данных и никак не интерпретируются.

Внедрение системы анализа и интерпретации данных позволяет существенно повысить эффективность производства. Известен положительный опыт

применения таких систем для повышения эффективности работы в растениеводстве [12, 13]. Например, в работе [12] приведены примеры повышения эффективности: сокращение сроков посевной кампании до 1,7 раза; уборочной кампании – до 2,3 раз; увеличение суточной выработки при проведении работ по защите растений – свыше 2 раз.

Заключение. Данные, получаемые в период производственной эксплуатации, возможно накапливать и интерпретировать для целей технической эксплуатации, одна из основных целей которой является обеспечение и поддержание работоспособного состояния сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. *Субочев, С.В.* Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов по основным показателям надежности в условиях Сибири. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, 2015 – 23 с.

2. *Докин, Б.Д.* Эффективное использование сельскохозяйственной техники при производстве зерна в Сибири // Техника и оборудование для села - №8 (146), 2009. – С. 7-11.

3. Основы теоретического обоснования технического оснащения растениеводства аграрного предприятия / *Д.Н. Пирожков, В.И. Беляев, В.А. Завора* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137). – С. 166 - 169.

4. *Алушкин, Т.Е.* Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов путем применения топлива с модификатором: дис. … канд. техн. наук 05.20.01; Томск, 2018. 157 с.

5. Модель определения эксплуатационных затрат машинно-тракторных агрегатов на посев с учетом продолжительности работ и размеров площадей / *А.В. Старцев, Т.Е. Алушкин, Романов С.В., Сторожев И.И.* // Тракторы и сельхозмашины . 2020. № 1. С. 82 - 87.

6. *Соловьев, Р.Ю.* Ресурсосбережение при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / *Р.Ю. Соловьев, С.А. Горячев* // С.-х. машины и технологии. – 2013. - № 2. – С. 37 - 49.

7. *Karagodin V.I., Khapugin R.A.* (2020) Rationale and frequency of the diagnosis of component parts of tractors Belarus in the development of technology maintenance. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering 832(1), pp 1 - 8.

8. Надежность систем и агрегатов тракторов семейства МТЗ и распределение отказов по интервалам наработки / *В.В. Иванов, С.А. Доценко, А.В. Седов, А.П. Николаев* // Пермский аграрный вестник № 4 (20), 2017. С 30 - 35.

9. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: Сборник. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.

10. Формирование страхового фонда запасных частей сельскохозяйственного предприятия на основе данных ресурсоснабжающей организации / *В.Н. Руденко, А.И. Ряднов, О.Н. Беспалова, В.П. Воронов,* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее образование № 2 (66), 2022. – С. 507 - 516.

11. Методические положения по диагностике двигателей внутреннего сгорания энергонасыщенной техники динамическим методом / *В.В. Альт, С.Н. Ольшевский, О.Ф. Савченко, О.В. Елкин, И.П. Добролюбов, Д.Н. Клименко, А.К. Орехов, А.А. Борисов* – Новосибирск : СФНЦА РАН, 2017. 56 с.

12. Цифровые технологии в растениеводстве / *В.В. Альт, М.С. Чекусов, С.П. Исакова* // Технические культуры. Том 3. №2. 2023. С 46 - 53.

13. Информационные технологии в инновационном развитии АПК / *В.В. Альт, С.Н. Ольшевский* // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С 67 - 69.

Сведения об авторах

Алушкин Тимофей Евгеньевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры агроинженерии Томского сельскохозяйственного института – филиала ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 634050, Томск, К. Маркса, 19, e-mail: timofey.alushkin@gmail.com.

Мещеряков Михаил Юрьевич – аспирант отделения машиностроения ФГАОУ ВО НИ Томского политехнического университета, 634050, Томская Область, Томск, проспект Ленина, 30, e-mail: justbegold@gmail.com.

Information about the authors

Alushkin Timofey E. – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of agroengineering of the Tomsk agricultural institute – branch of the Novosibirsk state agrarian university, 634050 Tomsk, K. Marx, 19, e-mail: timofey.alushkin@gmail.com.

Mesheriakov Mikhail U. – postgraduate student of the department of mechanical engineering of the Tomsk polytechnic university, 634050, Tomsk region, Tomsk, Lenin Avenue, 30, e-mail: justbegold@gmail.com.

УДК 629.081

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.И. Аносова, И.В. Белоусов, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Технологическая подготовка производства (ТПП)– совокупность взаимосвязанных процессов, призванных обеспечить готовность предприятия технического сервиса к выпуску продукции высокого качества и в установленные сроки. Критерием комплексной оценки ТПП является технологический уровень, оценки которого способствуют выявлению и применению таких методов и средств технологической подготовки производства, которые соответствуют передовым достижениям науки и техники и обеспечивают высокую способность производства к непрерывному его совершенствованию.

Высокий уровень средств труда и предметов труда сам по себе не может обеспечить эффективность производства, а при устаревшей технологии снизит фондоотдачу. Работы в области организации ремонта машин в АПК и других хозяйственных отраслях страны (автомобильном и железнодорожном транспорте, горнодобывающей, лесной, дорожно-строительной) показывают, что ТПП предприятия технического сервиса и его подразделений определяется состоянием средств производства, технологии и организации ремонтного производства.

От ТПП зависит готовность производства к выпуску ремонтной продукции заданного качества в минимальные сроки при наименьших трудовых, материальных и финансовых затратах. Приспособленность производства к непрерывному его совершенствованию, быстрой переналадке при изменении технологического процесса являются фоном, на котором проявляется свойство ремонтопригодности конструкций машин.

Ключевые слова: технологический уровень ремонт, ремонтные мастерские, анализ, экспертный метод.

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL LEVEL OF REPAIR WORKSHOPS IN AGRICULTURE

A.I. Anosova, I.V. Belousov, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Technological preparation of production (TPP) – a set of interrelated processes designed to ensure the readiness of a technical service enterprise to produce high-quality products and on time. The criterion for a comprehensive assessment of the Chamber of Commerce and Industry is the technological level, the assessments of which contribute to the identification and application of such methods and means of technological preparation of production that correspond to the advanced achievements of science and technology and ensure a high ability of production to continuously improve it. A high level of labor tools and objects of labor by itself cannot ensure production efficiency, and with outdated technology it will reduce capital productivity.

Works in the field of organization of repair of machinery in the agro-industrial complex and other economic sectors of the country (automobile and railway transport, mining, forestry, road construction) show that the CCI of the technical service enterprise and its divisions is determined by the state of the means of production, technology and organization of repair production.

The readiness of production to release repair products of a given quality in the shortest possible time with the least labor, material and financial costs depends on the Chamber of Commerce and Industry. The adaptability of production to its continuous improvement, rapid changeover when changing the technological process are the background on which the maintainability property of machine structures manifests itself.

Key words: technological level repair, repair shops, analysis, expert method.

Введение. В практической деятельности ремонтных предприятий применяют различные организационные формы обслуживания машин, наиболее распространённые из которых основываются на специализации и разделения труда [1, 9]. Вместе с тем, в хозяйствах практикуют проведение ремонтно-обслуживающих операций непосредственно обслуживающим персоналом. Такая организация работ сопровождается большим простоем оборудования, достигающим 20-25 % сменного времени и снижением производительности машин, препятствует механизации труда и приводит к низкому качеству работ [5]. Переход на современные организационные формы, когда техническое обслуживание осуществляется специализированными группами (бригадами) обслуживания, снабжёнными необходимой оснасткой, позволяет значительно снизить затраты на техническое обслуживание машин. Важным этапом ТПП является создание необходимой технической базы, которая предопределяет внедрение инновационных технологий и форм организации труда, увеличение уровня механизации и автоматизации работ, сокращение затрат труда и средств и повышение качества ремонта машин [3]. Рациональное решение вопросов организации ремонтных работ позволяет в ряде случаев снизить затраты труда на 40 % и более по сравнению с ручным обслуживанием, значительно улучшить показатели ремонтопригодности, характеризующие длительность пребывания машин в ремонте, затраты труда и денежных средств на осуществление ремонтных работ [1, 10].

Цель исследования заключается в разработке научно-обоснованной методики комплексной оценки и анализа технологического уровня ремонтных мастерских в сельском хозяйстве, позволяющей совершенствовать параметры

технического сервиса машин в новых условиях.

Материалы и методы. Технологический уровень ремонтных мастерских определяется совокупностью показателей ТПП (таблица 1) [6]: S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 соответственно состояние оборудования, состояние технологических процессов, состояние технологического обеспечения технического обслуживания и ремонта (ТОР), состояние сложности работ по ТОР, состояние и подготовка кадров, и как вид производственной деятельности предприятия взаимосвязан со стадиями жизненного цикла производимой ремонтной продукции. Эти показатели характеризуют свойства технологического состояния системы и определяют формирование качественных и количественных показателей её работоспособности, т.е. выходных показателей системы, $У_{птс}$ [7]. В работе использованы системный анализ, экспертный метод, статистический анализ. Экспериментальные данные по факторам технологического уровня предприятий ТС и эксплуатационным затратам собирались в условиях ремонтных мастерских (РМ) агрохолдинга СХ ПАО «Белореченское» методом периодических наблюдений.

В результате обработки статистических данных были определены весомости обобщающих показателей (таблица 1), и их количественные значения (таблица 2). Наиболее высокое значение этого показателя у производственно-технологического цеха (ПТЦ), что связано с наличием в нём современных ремонтно-технологических средств сервиса.

Таблица 1 – **Весомость обобщающих показателей**

Показатель	Вес
1	2
Состояние ремонтно-технологического и станочного оборудования (S_1)	
Коэффициент физического износа, $к_1$	0,5
Коэффициент морального износа, $к_2$	1
Надежность в использовании, $к_3$	0,31
Удельный вес высокотехнологичного оборудования, $к_4$	0,75
Коэффициент обновляемости, $к_5$	1
Состояние типовых технологических процессов ремонта и технического обслуживания (S_2)	
Обеспеченность типовыми технологическими процессами, g_1	0,75
Интенсивность использования ТТП (%), g_2	0,5
Полнота выполнения типовых ТТП, g_3	0,31
Состояние рабочей документации ТТП, g_4	1
Состояние материальных, трудовых и технологических нормативов ТТП, g_5	1
Состояние средств технологического обеспечения ТОР (S_3)	
Обеспеченность, d_1	1
Интенсивность использования, d_2	0,31
Изготовление нестандартных средств ТОР, d_3	0,75
Поддержание технического состояния, d_4	0,5
Разработка перспективных средств, d_5	1
Состояние сложности работ по ТОР (S_4)	
Относительная трудоемкость ТОР, u_1	1
Технологическая сложность ТОР, u_2	1
Технологическая оснащенность, u_3	0,75

Окончание таблицы 2

1	**2**
Конструктивная сложность обслуживаемых машин, u_4	0,5
Концентрация работ по ТОР, u_5	0,31
Состояние подготовки кадров (S_5)	
Уровень теоретической подготовки, n_1	1
Уровень практической подготовки, n_2	0,5
Уровень квалификации ремонтных кадров, n_3	1
Уровень производственной дисциплины, n_4	0,75

Таблица 2 – **Количественные значения показателей технологического уровня предприятий ТС**

Тип	**Показа-тель**	**Значения единичных показателей**					**Значение обобщенного показателя**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	S_i
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ПТЦ	*к*	0,77	0,61	0,69	0,56	0,53	0,61
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ПТЦ	*g*	0,59	0,69	0,79	0,78	0,71	0,71
	d	0,79	0,87	0,85	0,79	0,81	0,82
	u	0,61	0,58	0,63	0,75	0,80	0,64
	n	0,85	0,88	0,81	0,92	-	0,86
РМ ОПХ «Сибирь»	*к*	0,43	0,45	0,62	0,44	0,29	0,42
	g	0,61	0,60	0,56	0,58	0,45	0,55
	d	0,55	0,62	0,58	0,66	0,37	0,53
	u	0,38	0,39	0,55	0,56	0,74	0,47
	n	0,89	0,85	0,81	0,90	-	0,86
РМ «Петровское»	*к*	0,34	0,36	0,75	0,34	0,43	0,41
	g	0,53	0,58	0,68	0,36	0,45	0,48
	d	0,72	0,72	0,50	0,78	0,18	0,51
	u	0,39	0,39	0,51	0,52	0,73	0,46
	n	0,79	0,80	0,75	0,76	-	0,77
РМ «Хайтинское»	*к*	0,40	0,35	0,72	0,69	0,64	0,54
	g	0,78	0,87	0,87	0,47	0,46	0,62
	d	0,74	0,88	0,79	0,85	0,68	0,76
	u	0,60	0,56	0,73	0,68	0,85	0,65
	n	0,65	0,76	0,42	0,56	-	0,57

Сравнительной оценкой технологического уровня ремонтной мастерской может служить коэффициент (уровень) загрузки предприятия, определяемый по известной формуле:

$$K_з = N_{пс} / W,$$

где $N_{пс}$ – пропускная способность предприятия.

$$N_{пс} = f\Phi_д z / \tau,$$

где f – фронт ремонта, шт;

$\Phi_д$ – фонд времени технологического оборудования, ч;

z – число рабочих смен;

τ – такт ремонта, ч;

W – программа (план) ремонта.

Если предприятие загружено на полную мощность, $K_з = 1$.

Влияние технологического уровня на эффективность технического сервиса оценивается коэффициентом готовности машин, прошедших ремонт и находящихся в эксплуатации. Для подобного рода оценки нет аналитической формулы, поэтому её нужно провести по результатам наблюдений и анализа полученных стохастических зависимостей [8].

Сравнительная оценка технологического потенциала (рисунок 1) показала, что расположение ремонтных мастерских агрохолдинга в 3 квадранте говорит о неэффективном использовании технологического потенциала: мастерские, позиции которых находятся в 1 квадранте, эффективно используют свой технологический потенциал.

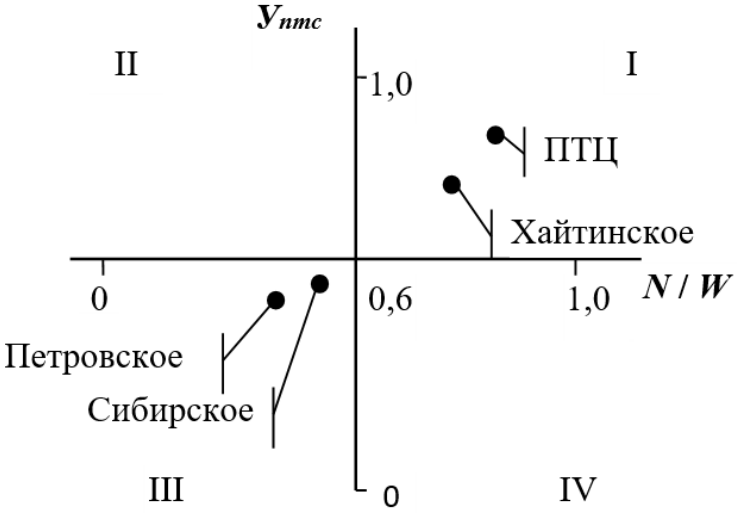


Рисунок 1 – **Сравнительная оценка $У_{птс}$ по коэффициенту (уровню) загрузки предприятия**

Исследования показали, что на повышение комплексного показателя технологического уровня мастерских технического сервиса оказывает влияние разброс частных показателей технологического уровня и при увеличении значений частных показателей увеличивается значение комплексного показателя.

Определение функциональных связей между комплексным и обобщёнными показателями технологического уровня проводилось с использованием теории регрессионного анализа. Полученная линейная модель зависимости $У_{птс}$ от обобщённых показателей S_i имеет следующий вид:

$$У_{птс} = 0{,}03 + 0{,}45 \cdot S_1 + 0{,}02 \cdot S_2 + 0{,}177 \cdot S_3 + 0{,}22 \cdot S_4 + 0{,}18 \cdot S_5. \quad (1)$$

Проверка значимости оценок коэффициентов регрессии полученной модели комплексного показателя технологического уровня мастерских технического сервиса с использованием t-распределения Стьюдента показала, что расчётные значения критерия t удовлетворяют условию $|t| \geq t_\alpha$, следовательно, гипотеза о равенстве нулю коэффициентов регрессии отвергается, и коэффициенты

считаются значимыми.

Анализ модели (1) показывает, что в наибольшей степени влияние на технологический уровень мастерских технического сервиса оказывают состояние ремонтно-технологического и станочного оборудования (S_1), сложность работ по ТОР (S_4) и состояние подготовки кадров (S_5).

Подставив в выражение (1) значения обобщённых показателей, получим значение комплексного показателя технологического уровня мастерских технического сервиса $У_{птс}$ = 0,62, качественное состояние комплексного показателя технологического определяется как низкое. Максимальное значение технологического уровня ремонтной мастерской, $У_{птс}$ = 0,9.

В мероприятиях по повышению технологического уровня мастерских необходимо обратить внимание в первую очередь на обеспечение измерительным, поверочным и контролирующим инструментом ремонтных участков. Здесь проводятся наиболее сложные технологические работы по капитальному ремонту агрегатов и узлов машин. В ходе опроса экспертов было выявлено, что при ремонте агрегатов и узлов техники в ряде хозяйств контрольно-измерительный инструмент вообще не используется из-за его отсутствия, что является грубейшим нарушением технологии.

Вторым важным мероприятием является обновление ремонтно-технологического, металлорежущего и подъёмно-транспортного оборудования ремонтных мастерских. Для решения этого вопроса целесообразно их размещение на специализированных участках, например, ремонта двигателей внутреннего сгорания или ремонта коробок перемены передач. Организация таких участков предпочтительнее в ПТЦ в связи с более высоким технологическим уровнем ремонтного производства, наличием и постоянным повышением квалификации ремонтного персонала, обеспечением надлежащих условий труда рабочих и инженерно-технических работников [1, 4].

Вывод. Повышение технологического уровня сервисных мастерских можно обеспечить путём насыщения ремонтной базы высокотехнологичным оборудованием, использованием в ремонтном производстве машиностроительных технологий, наличием и постоянным переобучением высокопрофессиональных сервисных кадров, обеспечением надлежащих условий труда рабочих и инженерно-технических работников с соблюдением требований по микроклимату, освещению, шумоизоляции и т.д.; обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

Список литературы

1. *Аносова. А.И.* Комплексная оценка и анализ технологического уровня ремонтных мастерских в сельском хозяйстве (на примере Иркутской области): автореферат дисс. канд. техн. наук: 05.20.03 / *Аносова Анна Иннокентьевна*. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. – 18 с.

2. *Аносова, А.И.* Особенности влияния дисциплины проектирования предприятия технического сервиса на уровень подготовки специалистов АПК / *А.И. Аносова, М.К. Бураев* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы X международной научно-практической конференции, Молодёжный, 27-28 мая 2021 года. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 67 - 68.

3. *Аносова, А.И.* Ремонт тракторов при существующей организации их технического сервиса / *А.И. Аносова, М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Е.В. Елтошкина* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы VII международной научно-практической конференции, Иркутск, 24-26 мая 2018 года. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2018. – С. 236 - 242.

4. *Бураев, М.К.* К методике оценки надёжности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4 (83). – С. 46 - 53. – DOI 10.53980/24131997_2021_4_46.

5. *Бураев, М.К.* Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева, А.И. Аносова* // Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3(86). – С. 56-62. – DOI 10.53980/24131997_2022_3_56.

6. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 50 с.

7. *Оловников, И.В.* К методике комплексной оценки технологического уровня предприятий агротехнического сервиса / *И.В. Оловников, М.К. Бураев* // Вестник ИрГСХА. – 2009. – № 34. – С. 96 - 107.

8. *Савченко, О.Ф.* Классификация состояния объектов статистическими методами с помощью измерительной экспертной системы // Методы и технические средства исследований физических процессов в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. / РАСХН, Сиб. отд-ние. – Новосибирск : СибФТИ, 2001. – С. 70 - 81.

9. *Шистеев, А.В.* Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / *А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 120 - 123.

10. *Buraev, M.* To clarify the standards of spare parts for technical service of autotractors in zone conditions / *M. Buraev, A. Shisteev, A. Zhabin* [et al.] // E3S Web of conferences : 13, Rostovon-Don, 26-28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 05001. – DOI 10.1051/e3sconf/202017505001.

Сведения об авторе

Аносова Анна Иннокентьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общеинженерных дисциплин инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89836938151e-mail: a.anosova@yandex.ru).

Белоусов Игорь Витальевич – аспирант кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: тел.: 8(3952)237431, e-mail: belousov.65@mail.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины». Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

Information about the authors

Anosova Anna I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical services and general engineering disciplines of the engineering faculty Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89836938151, e-mail: a.anosova@yandex.ru).

Belousov Igor V. – PhD student of the department technical service and general engineering disciplines, engineering faculty. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 83952237431, e-mail: belousov.65@mail.ru).

Buraev Mikhail K. – doctor of technical sciences, professor of the department «Technical service and engineering disciplines». Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 83952237431, e-mail: buraev@mail.ru).

УДК 631.6: 631.816.31

К ВОПРОСУ УПЛОТНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯМИ УДОБРЕНИЙ РАЗНОЙ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ

К.В. Барыкин, А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, С.С. Мешкова

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. Тенденция увеличения грузоподъёмности разбрасывателей удобрений и массы агрегатируемых с ними тракторов, обострила проблему переуплотнения почвы при внесении удобрений и мелиорантов. В этих условиях стали актуальны исследования по снижению уплотнения почвы, в том числе и путём снижения грузоподъёмности разбрасывателей и массы агрегатируемых с ними тракторов. Дальнейшие исследования в этом направлении помогут разработать более экологичные способы внесения удобрений и мелиорантов, которые позволят уменьшить переуплотнение почвы при сохранении высокой производительности распределительного звена.

***Ключевые слова*:** внесение удобрений, разбрасыватели удобрений, ходовые системы, плотность почвы, твёрдость почвы, переуплотнение почвы, площадь уплотнения.

ON THE ISSUE OF COMPACTION OF THE FIELD SURFACE WITH FERTILIZER SPREADERS OF DIFFERENT LOAD CAPACITIES

K.V. Barykin, A.P. Dyachkov, N.P. Kolesnikov, S.S. Meshkova

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

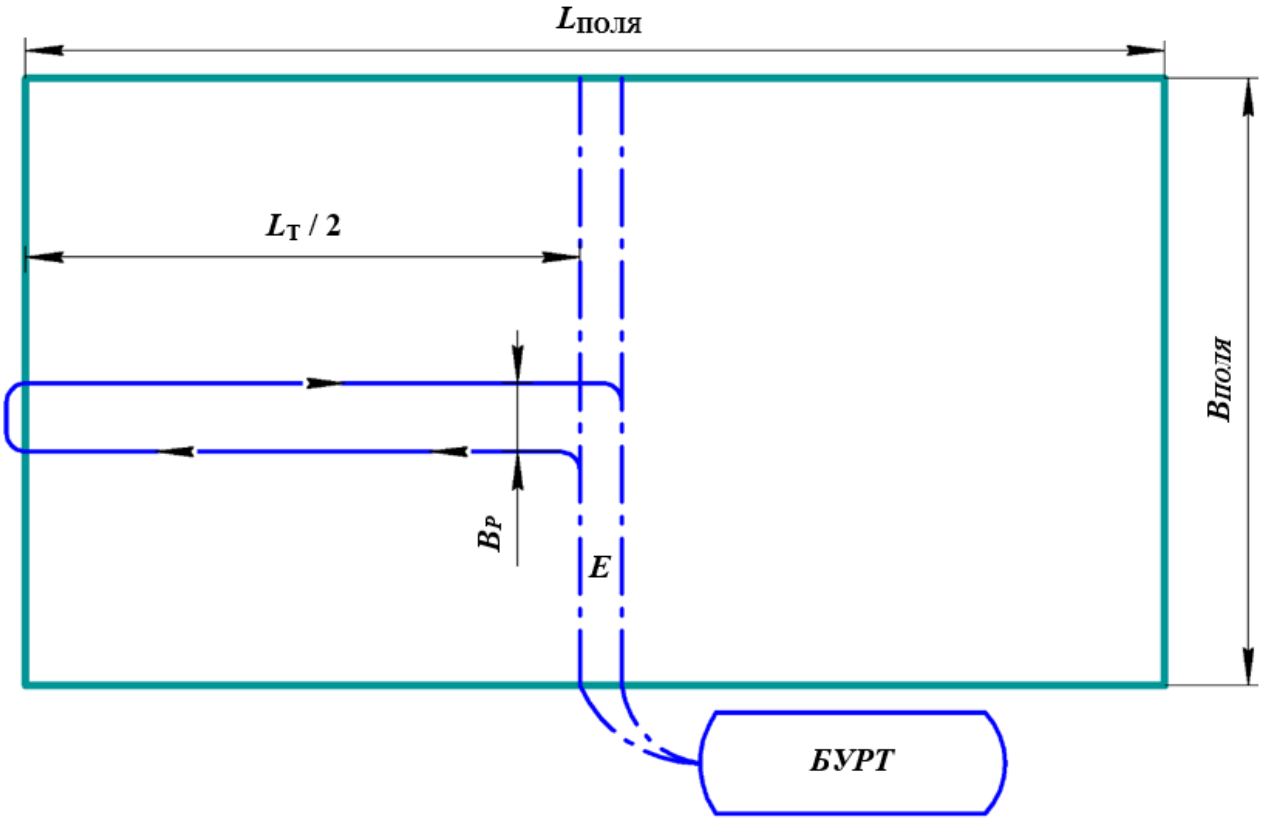
Annotation. The tendency to increase the load capacity of fertilizer spreaders and the mass of tractors aggregated with them has exacerbated the problem of soil over-compaction when applying fertilizers and meliorants. In these conditions, research on reducing soil compaction has become relevant, including by reducing the load capacity of spreaders and the weight of tractors aggregated with them. Further research in this direction will help to develop more environmentally friendly methods of applying fertilizers and meliorants, which will reduce soil over-compaction while maintaining high productivity of the distribution link.

Key words: fertilization, fertilizer spreaders, running systems, soil density, soil hardness, soil re-compaction, compaction area.

Введение. Из исследований [1] известно, что твёрдость и плотность почвы являются одними из основных факторов, влияющих на среднее сопротивление

при работе почвообрабатывающих машин, и усложняющих развитие корневой системы культурных растений. Основываясь на результатах проведённых экспериментов [2, 3, 4], можно предположить, что при внесении удобрений одноосными разбрасывателями малой грузоподъёмности оборудованные колёсами большого диаметра с шинами низкого давления, глубина переуплотнённого слоя почвы будет меньше, за счёт снижения количества проходов по одному следу и более выгодного распределения нагрузки по площади контакта. При внесении удобрений и мелиорантов многоосными разбрасывателями большой грузоподъёмности, глубина переуплотнения будет больше из-за неоднократных проходов движителей по одному следу, что потребует проводить дополнительное разуплотнение почвы по следам прохода разбрасывателя.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 приведён пример схемы движения разбрасывателей при внесении удобрений и мелиорантов по перевалочной технологии.



***L*поля – длина поля; *B*поля – ширина поля; *L*Т – рабочий путь разбрасывателя; *B*Р – рабочая ширина захвата; *E* – поворотно-магистральная полоса.**

Рисунок 1 – **Схема движения разбрасывающих агрегатов по полю**

В общем виде схема движения разбрасывателей при внесении удобрений и мелиорантов по перевалочной технологии будет выглядеть следующим образом: бурты вносимого материала расположены вдоль длинной стороны поля или специально отведённом месте; вдоль короткой стороны поля намечаются разворотно-магистральные полосы, на которых происходит движение разбрасывающих агрегатов по полю к месту внесения, не связанное с распределением удобрений. Разбрасывающий агрегат перемещается к месту внесения на поле, по

разворотно-магистральной полосе, далее поворачивает и начинает рабочий ход агрегата, с разворотом на 180 градусов после опорожнения половины кузова и его последующим возвращением на разворотно-магистральную полосу.

Согласно перевалочной технологии, схема движения разбрасывающих агрегатов будет неизменна, но в зависимости от длины рабочего пути разбрасывателя может измениться количество и расположение разворотно-магистральных полос. Разбрасыватели большой грузоподъёмности имеют большую длину рабочего хода, что уменьшает количество разворотно-магистральных полос. Рассчитаем площадь, уплотняемую разбрасывающими агрегатами, для этого необходимо выяснить длину рабочего пути разбрасывающего агрегата. На длину рабочего пути влияют такие параметры как: доза внесения удобрений, рабочая ширина захвата, вместимость технологической емкости разбрасывателя, коэффициент использования объёма кузова и плотность вносимого материала. Проведём расчёт длины пути рабочего хода по следующей формуле [10]:

$$L_{\text{Т}} = \frac{V_{\text{Т}} \cdot \lambda_V \cdot \gamma_{\text{м}}}{B_{\text{р}} \cdot U_{\text{м}}}, \quad (1)$$

где Vт – объём кузова разбрасывателя, м^3;

λ_V – коэффициент заполнения кузова разбрасывателя;

$\gamma_{\text{М}}$ – объёмная плотность материала, кг/м^3;

$B_{\text{р}}$ – ширина захвата разбрасывателя, м;

$U_{\text{м}}$ – доза внесения удобрений, кг/м^2.

После определения длины пути выясним число разворотно-магистральных полос для конкретного поля. В качестве примера возьмём прямоугольное поле со сторонами 1500 и 800 метров.

$$n_E = \frac{L_{\text{поля}}}{L_{\text{Т}}}, \quad (2)$$

где $L_{\text{поля}}$ – размер длиной стороны поля, м;

$L_{\text{Т}}$ – длина рабочего пути разбрасывателя.

Выясним число рабочих проходов по полю:

$$n_{\text{Р}} = \frac{B_{\text{поля}}}{B_{\text{Р}}}, \quad (3)$$

где $B_{\text{поля}}$ – размер короткой стороны поля, м;

$B_{\text{Р}}$ – рабочая ширина захвата.

Длиной пути поворотов и разворотов пренебрежём. Рассчитав количество рабочих и разворотно-магистральных полос, зная ширину колеи разбрасывающего агрегата можно выяснить площадь уплотняемой поверхности поля:

$$S_{\text{уп}} = (n_{\text{р}} \cdot L_{\text{поля}} + n_E \cdot B_{\text{поля}}) \cdot e_{\text{ра}}, \quad (4)$$

где $e_{\text{ра}}$ – колея разбрасывающего агрегата, м.

Используя вышеприведённые формулы, проведём расчёт для разбрасывателей грузоподъёмностью 14 и 25 тонн соответственно. Рабочую ширину захвата примем 12 метров. Ширину колеи разбрасывающего агрегата примем 2,2 метра. Дозу внесения 15 т/га. Результаты расчётов запишем в таблицу 1.

Из результатов расчётов видно, что при внесении удобрений разбрасывателями меньшей грузоподъёмности при одинаковой дозе, на поле с вышеуказанными размерами уплотнённая площадь увеличивается лишь на 0,07 %. Таким

образом, уплотнённая площадь поля увеличивается лишь на 1760 м^2. При этих условиях будет иметь большое значение глубина уплотнения почвы ходовыми системами разбрасывающих агрегатов.

Таблица 1 – **Результаты расчётов площади уплотнения при внесении удобрений разной грузоподъёмности**

Грузоподъёмность разбрасывателя, т	**Длина рабочего пути, L_T**	**Число поворотно-технологических полос, n_E**	**Число рабочих проходов по полю, n_P**	**Уплотненная площадь разбрасывающим агрегатом $S_{уп}$, м^2**
25	1319	1	67	222860
14	738	2	67	224620

Можно предположить, что для разуплотнения почвы, в зависимости от глубины уплотнённого слоя, потребуются либо культиваторы, либо глубокорыхлители. Исследования [5, 6, 7] показали, что многократные проходы сельскохозяйственной техники по одному и тому же следу, уплотняют почву на большую глубину вне зависимости от значения удельного давления на почву. Таким образом, разворотно-магистральные полосы придётся разуплотнять глубокорыхлителем. Рабочие проходы разбрасывающих агрегатов, как правило, однократны и не повторяются. Однако, на уплотнение поверхностного слоя почвы наибольшее значение оказывает первый проход сельскохозяйственной техники. В таком случае возрастает роль нагрузки, приходящейся на оси трактора и сельхозмашины. На современных разбрасывателях большой грузоподъёмности часто применяют тандемные или тридемные ходовые системы, которые имеют нагрузку на ось схожую с одноосными разбрасывателями малой грузоподъёмности. Но большая повторность проходов колёс по одному и тому же следу увеличивает глубину уплотнения почвы, что также может потребовать проведения более глубокой обработки по рабочим проходам разбрасывателя.

Проведённые исследования [8, 9] доказывают, что применение на одноосных разбрасывателях широкопрофильных шин низкого давления позволяет распределить нагрузку на большую площадь, увеличив значение плотности верхних слоев почвы, но при этом не уплотнять нижние.

Зная значения плотности и твёрдости почвы после проходов разбрасывающих агрегатов большой и малой грузоподъёмности, можно рассчитать затраты топлива на последующее разуплотнение почвы. Эти данные позволяют более точно оценить эффективность работы техники и выбрать оптимальные режимы её эксплуатации.

Расход топлива на культивацию уплотнённой площади поля после внесения одноосным разбрасывателем малой грузоподъёмности будут равны:

$$G_{\text{к}} = S_{\text{уп}} \cdot 10^{-4} \cdot g_{\text{к}}, \quad (5)$$

где $g_{\text{к}}$ – погектарный расход топлива на культивацию с одновременным боронованием [11].

Расход топлива на глубокорыхление уплотнённой площади поля после внесения многоосными разбрасывателями большой грузоподъёмности будут равны:

$$G_{\text{г}} = S_{\text{уп}} \cdot 10^{-4} \cdot g_{\text{г}}, \quad (6)$$

где $g_{\text{г}}$ – погектарный расход топлива на глубокорыхление глубиной 0,27 м.

Расход топлива на глубокорыхление разворотно-магистральных полос после внесения одноосными разбрасывателями малой грузоподъёмности будут равны:

$$G_{\text{пм1}} = S_{\text{уп}} - (S_{\text{уп}} - S_{\text{пм1}}) \cdot 10^{-4} \cdot g_{\text{г}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{пм1}}$ – площадь разворотно-магистральных полос при внесении одноосными разбрасывателями малой грузоподъёмности.

Расход топлива на глубокорыхление разворотно-магистральных полос и рабочих проходов после внесения многоосными разбрасывателями большой грузоподъёмности будут равны:

$$G_{\text{пм2}} = S_{\text{уп}} - (S_{\text{уп}} - S_{\text{пм2}}) \cdot 10^{-4} \cdot g_{\text{г}}, \quad (8)$$

где $S_{\text{пм2}}$ – площадь поворотно-магистральных полос при внесении многоосными разбрасывателями большой грузоподъёмности.

Результаты расчётов затрат топлива для разуплотнения почвы различными методами обработки, культивации и глубокорыхления, позволяющие оценить эффективность разуплотнения почвы с точки зрения энергоэффективности, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – **Результаты расчётов затрат топлива на разуплотнение почвы**

Грузоподъёмность разбрасывателя, т	**Площадь для культивации, м²**	**Площадь для глубокорыхления, м²**	**Затраты топлива на культивацию, л**	**Затраты топлива на глубокорыхление, л**	**Итого затрат, л**
25	-	222860	-	343	343
14	221100	3520	93	5	97

Из таблицы видно, что расход топлива на разуплотнение рабочих полос культиватором с учётом потребности глубокорыхления разворотно-магистральных полос в 3,5 раза меньше, чем при глубокорыхлении уплотнённой почвы после внесения удобрений многоосным разбрасывателем большой грузоподъёмности.

Заключение. Применение одноосных разбрасывателей малой грузоподъёмности выгодней с точки зрения уменьшения затрат на разуплотнение, но меньшая по сравнению с большегрузными разбрасывателями, производительность ограничивает условия их использование небольшими площадями. Увеличить их производительность можно за счёт применения в технологии внесения, прицепа-перегрузчика. Загружаясь из бурта на краю поля, прицеп-перегрузчик будет доставлять удобрение по разворотно-магистральным полосам до разбрасывателей на поле [10]. Исходя из применяемой технологии, его движение ограничивается разворотно-магистральными полосами, таким образом, его применение не увеличивает затраты на разуплотнение. Кроме того, такой подход к организации внесения удобрений и разуплотнению почвы способствует снижению выбросов углекислого газа, уменьшая экологическое загрязнение от сельскохозяйственной деятельности.

Список литературы

1. *Белокуренко, С.А.* Оптимизация конструктивных и эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем на почву / *С.А. Белокуренко, И.О. Гейнрих* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 4 (24). – С. 53 - 58.

2. Влияние числа осей колесных транспортно-тяговых машин на сопротивление качению / *И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.Г. Кушнир* // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 1. – С. 41-46. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-1-41-46.

3. Влияние числа осей ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на изменение плотности почвы / *И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда* [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 149 - 160. – DOI 10.17277/vestnik.2018.01. pp. 149 - 160.

4. *Гедроить, Г.И.* Уплотнение почв ходовыми системами сельскохозяйственных машин / *Г.И. Гедроить* // Агропанорама. – 2010. – № 6 (82). – С. 8 - 12.

5. *Золин, Р.Н.* Влияние параметров колесных движителей строительных машин на уплотнение почвы / *Р.Н. Золин, М.М. Махмутов, Р.Л. Сахапов, С.Е. Капитанов, М.М. Махмутов* // Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал. 2017. № 1 (2).

6. *Мащенский, А.А.* О проблеме уплотнения почвы движителями современных тракторов / *А.А. Мащенский, Ю.А. Мащенский, А.И. Бобровник* // Тракторы, автомобили, мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития: доклады Международной научно-технической конференции, посвящ. 80-летию со дня рождения д-ра техн. наук, проф. Скотникова В.А., Минск, 11-14 февраля 2009 г. – Минск : БГАТУ, 2009. – С. 452 - 457.

7. Определение показателей уровня воздействия колесных движителей тракторных прицепов на почву / *Г.И. Гедроить, С.В. Занемонский, Т.А. Варфоломеева, М.И. Сулейманов* // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях, Минск, 24-25 октября 2019 года. Том Часть 1. – Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2019. – С. 169 - 171.

8. *Погодин, Н.Н.* влияние уплотнения почвы на урожайность сельскохозяйственных культур / *Н.Н. Погодин, В.В. Кучко* // Агропанорама. – 2008. – № 4 (68). – С. 28 - 31.

9. Технология транспортно-распределительного процесса внесения навоза с использованием автономного перегрузчика : монография / *А.П. Дьячков, А.Д. Бровченко* ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2020. – 155 с.

10. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы / М-во сел. хо-ва и продовольствия Рос. Федерации. Ч. 1 / 20 см [Разраб. - В.К. Попов и др.]. – Москва : Роснисагропром, 2000, – 289 с.

Сведения об авторах

Барыкин Константин Вадимович – ассистент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, тел.: 89518694132, e-mail: Taviansky@yandex.ru.

Дьячков Анатолий Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, тел.: 89165204174 e-mail: super.ychitel2012@yandex.ru.

Колесников Николай Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, тел.: 89165204174, e-mail: nikolay2060@yandex.ru.

Мешкова Светлана Сергеевна – старший преподаватель кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, тел.: 89529578595, e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru.

Information about the authors

Barykin Konstantin V. – assistant of the department of operation of transport and technological machines, Voronezh state agrarian university, 394087, Voronezh region, Voronezh, Russia, tel.: 89518694132, e-mail: Taviansky@yandex.ru.

Dyachkov Anatoly P. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of operation of transport and technological machines. Voronezh state agrarian university, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, tel.: 89165204174, e-mail: super.ychitel2012@yandex.ru.

Kolesnikov Nikolai P. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of operation of transport and technological machines. Voronezh state agrarian university, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, tel.: 89165204174, e-mail: nikolay2060@yandex.ru.

Meshkova Svetlana S. – senior lecturer at the department of operation of transport and technological machines. Voronezh state agrarian university, 394087, Voronezh region, Voronezh, Russia, tel.: 89529578595, e-mail: sveta_meshkova_55@mail.ru.

УДК 631.431.73

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЁСНОГО ТРАКТОРНОГО ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА ОТ УСЛОВИЙ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

Н.Н. Бережнов

ФГБОУ ВО Кузбасский ГАУ имени В.Н. Полецкова
Кемерово, Россия

Аннотация. В статье приводится анализ результатов тягово-энергетической оценки тракторного-транспортного агрегата, полученных методом контрольного динамометрирования, в ходе проведения полевых испытаний. Получены статистические оценочные характеристики измеряемых величин и высокозначимые регрессионные зависимости, позволяющие обосновать рациональные параметры и режимы работы агрегата, а также прогнозировать значения его выходных эксплуатационных показателей применительно к условиям конкретной почвенно-климатической зоны.

Ключевые слова: трактор, динамометрирование, агрегат, тяговое сопротивление, буксование, полевые испытания, прицеп, статистический.

DEPENDENCE OF THE ENERGY PARAMETERS OF A WHEELED TRACTOR TRANSPORT UNIT ON THE CONDITIONS OF ITS MOVEMENT

N.N. Berezhnov

FSBEI HE Kuzbass SAU named after V.N. Poletskov
Kemerovo, Russia

Annotation. The article provides an analysis of the results of traction and energy evaluation of a tractor-transport unit obtained by the method of control dynamometry during field tests. Statistical evaluation characteristics of the measured values and highly significant regression dependences were obtained, which allow us to justify the rational parameters and operating modes of the unit, as

well as to predict the values of its output operational indicators in relation to the conditions of a specific soil and climatic zone.

Key words: tractor, dynamometry, unit, traction resistance, slipping, field tests, trailer, statistical.

Введение. Значительный объём технологических перевозок (до 40 %) в сельском хозяйстве выполняется тракторными транспортными агрегатами, а также транспортно-технологическими средствами, которые объединяют функции транспортных и технологических машин. Как правило, на перевозках используются колёсные тракторы, поскольку они более универсальны, чем гусеничные; имеют меньшую стоимость и эксплуатационные расходы; более высокие транспортные скорости [1].

Однако, как показали исследования, производительность и топливно-экономическая эффективность колёсных тракторных поездов часто ограничиваются не мощностью двигателя трактора, а его недостаточными тягово-сцепными свойствами и высокими энергозатратами на передвижение, обусловленными неверно выбранными режимами работы применительно к конкретным условиям выполнения транспортной операции [5-7, 9, 10].

Повышение эффективности использования тракторного поезда за счёт обоснованного выбора тягово-скоростных параметров трактора в зависимости от рабочих нагрузок и условий движения агрегата, можно считать актуальным.

Цель исследования – энергетическая оценка тракторного транспортного агрегата применительно к конкретным природно-производственным условиям его использования, с учётом случайного характера изменения внешних эксплуатационных факторов.

Результаты и обсуждение. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- Провести контрольное динамометрирование тракторного прицепа и определить статистические оценки для основных тягово-энергетических показателей МТА и трактора;

- Выявить влияние скоростных и нагрузочных режимов работы тракторного поезда на изменение сопротивления его движению с использованием основных теоретических положений, сформулированных на основе математической модели функционирования МТА, как системы «Почва – Сельскохозяйственная машина – Движитель – Трансмиссия – Двигатель» («П-М-Дж-Т-Дв») [2, 4].

Полевые испытания агрегата проводили на полях КФХ «Непочатой Н.Н.» Мариинского района Кемеровской области.

Программа экспериментальных исследований была разработана в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ГОСТ 28307-2013, ГОСТ 34631-2019, ГОСТ 7057-2001) и предусматривала проведение контрольного динамометрирования тракторного прицепа в составе МТА для определения влияния рабочих нагрузок и условий движения на сопротивление движению тракторного поезда и динамику его изменения, оценки соответствия буксования движителей установленным требованиям, а также определения статистических характеристик изучаемых показателей [4].

Энергетическую оценку агрегата проводили с использованием контрольно-измерительного и регистрирующего оборудования, производства Новокубанского организованного филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), которое включало в себя измерительную информационную систему СИ-302 с комплектом первичных преобразователей сигнала (датчиков).

Датчики, установленные на агрегат, показаны на рисунке 1.



а



б *в* *г*

а – общий вид на агрегат МТЗ-80+2ПТС-4М, оснащённый датчиками; б – датчик тензорезисторный для измерения тягового усилия К-Р-20Г-20-С1; в – датчики оборотов ведущих колёс трактора ИП-268; г – датчик пройденного пути ИП-266.

Рисунок 1 – **Общий вид датчиков, установленных на агрегат**

В процессе испытаний агрегата проводили регистрацию и измерение следующих эксплуатационных показателей: тяговое сопротивление прицепа (на крюке трактора) (P, кН), рабочая скорость движения (V_p, м/с), буксование ведущих колёс трактора (δ, %).

Для установки контрольно-измерительной аппаратуры и датчиков на МТА, были специально разработаны и изготовлены приспособления, позволяющие надежно фиксировать датчики на время проведения измерения, а также оперативно менять их положение в зависимости от конструктивных особенностей и компоновки конкретного энергосредства, работающего в составе МТА [3].

Условия испытания агрегата были следующими:

• Агрофон – грунтовая дорога, стерня зерновых, поле под посев;

• Предшествующая обработка: грунтовая дорога, стерня зерновых –отсутствует, поле под посев – сплошная культивация (10 см);

• Тип и механический состав почвы – тёмно-серая лесная среднесуглинистая;

• Средняя абсолютная влажность и плотность сложения почвы в горизонте 0…15 см: стерня зерновых – 37,48 % и 1,18 г/см^3, поле под посев – 35,86 % и 1,05 г/см^3 соответственно.

Динамометрирование прицепа осуществлялось при движении агрегата в пределах диапазона рекомендуемых рабочих скоростей (до 20 км/ч) [1]. Измерения производились при движении агрегата в пределах зачётного участка.

Энергетическая оценка транспортного агрегата выполнялась при трёх уровнях полезной загрузки прицепа, в пределах его установленной номинальной грузоподъёмности. Вес прицепа в соответствии с уровнем его загрузки при проведении динамометрирования, приведён в таблице 1.

Таблица 1 – **Значения веса прицепа 2ПТС-4М при испытаниях**

Показатель	**Уровни полезной загрузки прицепа**		
	$G_{\text{пр}\,min}$	$G_{\text{пр ср}}$	$G_{\text{пр}\,max}$
Полезная загрузка прицепа, кН	0	17,8	35,5
Вес прицепа, кН			
- конструкционный	17,2		
- эксплуатационный	17,2	34,95	52,7

Количество опытов и средняя продолжительность реализации опыта в зависимости от типа агрофона в диапазоне изменения полезной загрузки прицепа $G_{\text{пр}\,min}-G_{\text{пр}\,max}$, представлено в таблице 2.

Таблица 2 – **Параметры проведения опытов**

Агрофон	**Размер выборки, *N***	**Реализация опыта**		**Средняя длина зачётного участка, м**
		по времени, с	**по расстоянию, м**	
Грунтовая дорога	33	29,91	70,25	1159,1
Стерня зерновых	38	29,75	76,81	1429,9
Поле под посев	27	30,03	59,77	806,7

Результаты измерений для расчёта таких статистических оценочных характеристик, как математическое ожидание $M(x)$, максимальное x_{max} и минимальное x_{min} значения, среднее квадратическое отклонение $\sigma(x)$ и вариация $\nu(x)$ обрабатывали методом дисперсионного анализа (таблица 3).

Таблица 3 – **Описательная статистика эксплуатационных показателей агрегата, определяемых в ходе динамометрирования**

Показатель	$M(x)$	x_{max}	x_{min}	$\sigma(x)$	$\nu(x)$, %
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Агрофон: грунтовая дорога					
P, кН	2,10	4,21	0,85	1,22	57,95
V_p, м/с	9,45	11,91	7,60	0,92	9,73
δ, %	17,81	22,5	11,9	1,83	10,26
Агрофон: стерня зерновых					
P, кН	2,90	6,41	1,08	1,75	60,45
V_p, м/с	10,29	11,93	5,52	0,95	9,20
δ, %	16,59	22,90	13,90	1,64	9,91

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Агрофон: поле под посев					
P, кН	3,71	9,01	1,26	2,31	62,3
V_p, м/с	8,16	9,62	6,81	0,69	8,41
δ, %	26,60	35,20	20,30	3,44	12,93

Движение по сельскохозяйственным фонам (стерня, обработанная почва), приводит к увеличению затрат на передвижение прицепа в сравнении с полевой дорогой, в среднем: по стерне – на 32,4 %, по полю под посев – на 46,6 %.

При движении по грунтовой дороге и стерневому фону, трактор МТЗ-80 обеспечивает выполнение установленных агротехнических требований (18 %) по буксованию движителей, при изменении эксплуатационного веса прицепа от конструкционного до соответствующего номинальной загрузке. При движении по полю под посев буксование движителей превышало установленные требования в пределах всего диапазона изменения транспортной нагрузки, в среднем изменяясь в пределах 23,3-31,1 %.

Обработка экспериментальных данных (таблица 3) позволила получить графические зависимости (рисунок 2), а также уравнения связи среднего тягового усилия на крюке трактора (тягового сопротивления прицепа) (P, кН) с рабочей скоростью движения (V_p, м/с) и буксованием ведущих колёс трактора (δ, %):

- Грунтовая дорога:

$$P = 2{,}83 + 0{,}262V_p^2, R = 0{,}741; \quad (1)$$

$$\delta = 11{,}82 + 0{,}77P, R = 0{,}582. \quad (2)$$

- Стерня зерновых:

$$P = 1{,}82 + 0{,}27V_p^2, R = 0{,}775; \quad (3)$$

$$\delta = 16{,}64 + 0{,}46P, R = 0{,}672. \quad (4)$$

- Поле под посев:

$$P = 2{,}95 + 0{,}07V_p^2, R = 0{,}589; \quad (5)$$

$$\delta = 21{,}46 + 0{,}42P, R = 0{,}383. \quad (6)$$

Коэффициент сопротивления перекатыванию ходовых систем агрегата, характеризует состояние агрофона и определяется на основании данных, полученных при проведении динамометрирования агрегата (таблица 4).

$$f = \frac{P}{G_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где P – тяговое сопротивление агрегата,

$G_{\text{пр}}$ – вес прицепа.

Средние значения энергетических показателей работы прицепа 2ПТС-4М приведены в таблице 4.

Обработка данных по испытаниям на различных агрофонах позволило получить уравнения связи силы сопротивления движению здание тракторного прицепа (тягового усилия на крюке трактора) ($P_{f\text{пр}} = P$, кН) и сопротивления

движению агрегата (P_a=$P_f + P$, кН) с полезной загрузкой прицепа ($G_{пр}$, кН) с учётом состояния агрофона (f) (рисунок 3).

Таблица 4 – **Средние значения энергетических показателей работы прицепа 2ПТС-4М**

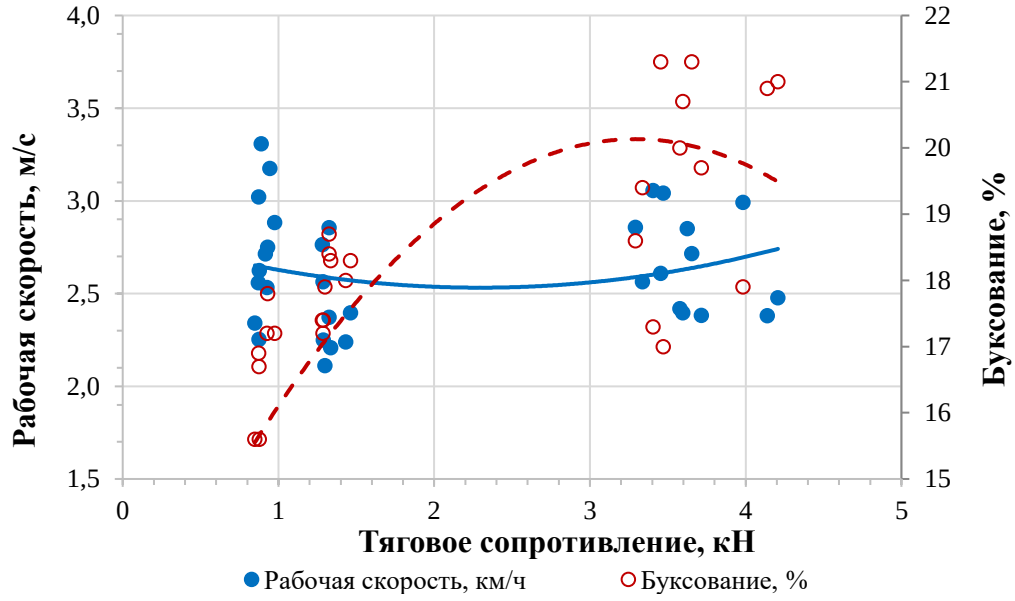
Агрофон	Размер выборки, N	$M(P)$, кН	$\sigma(P)$, кН	$\nu(P)$, %	f
Грунтовая дорога	33	2,10	1,219	57,9	0,055
Стерня зерновых	38	2,90	1,754	60,5	0,075
Поле под посев	27	3,71	2,311	62,3	0,094

- Сопротивление движению прицепа $P_{f пр}$= P:

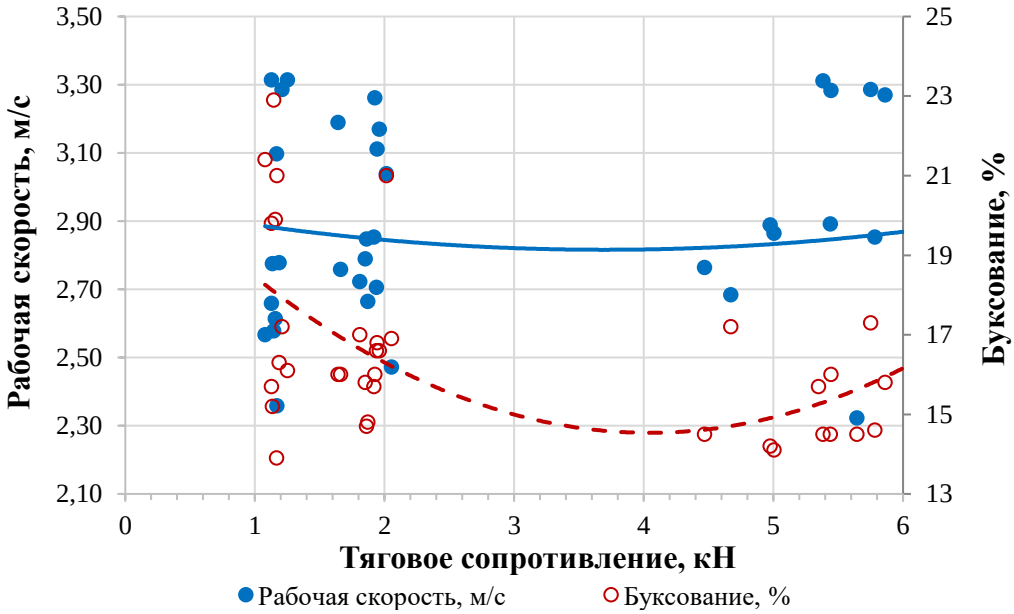
$$P = 4{,}608 + 0{,}349G_{пр} + 1{,}916G_{пр}f, R = 0{,}885; \quad (8)$$

- Сопротивление движению агрегата P_a=$P_f + P$:

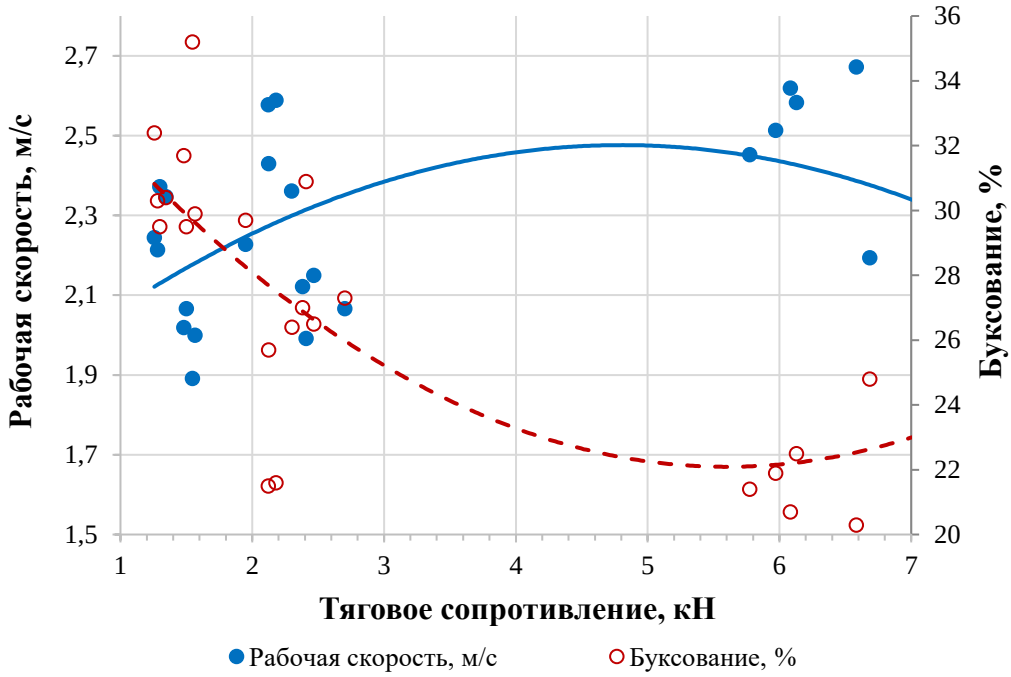
$$P_a = 4{,}781 + 0{,}349G_{пр} + 23{,}59f + 1{,}916G_{пр}f, R = 0{,}817; \quad (9)$$



а



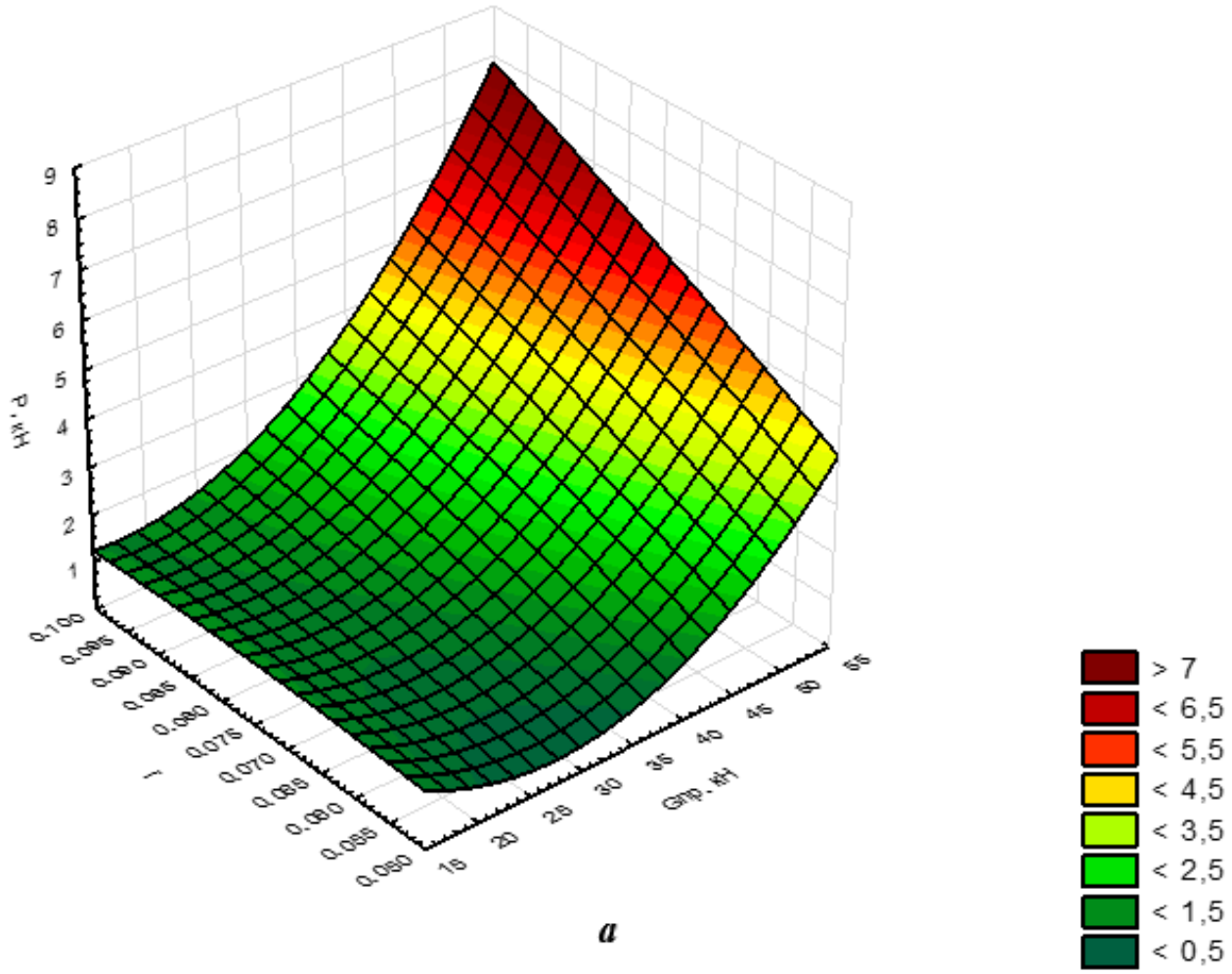
б



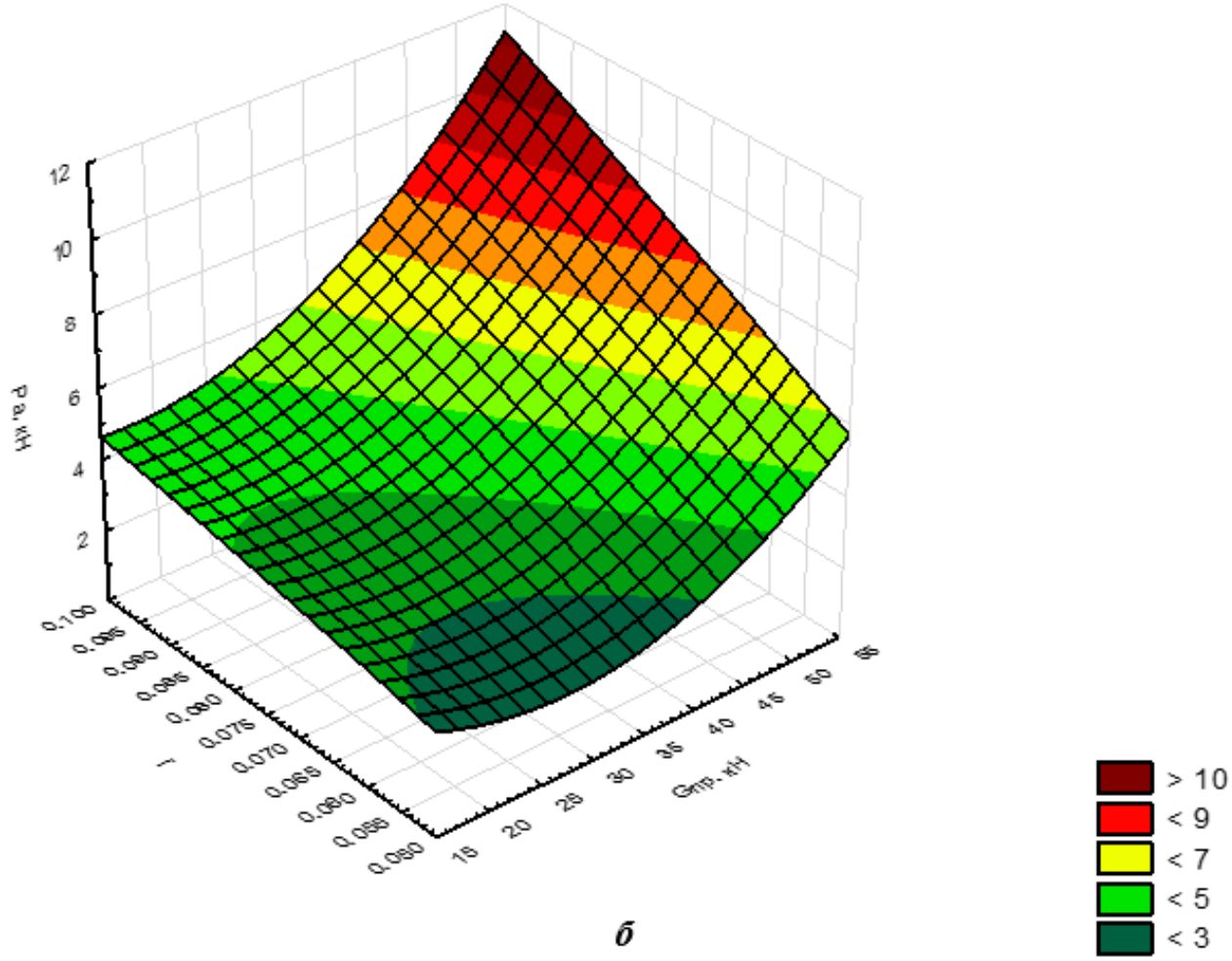
в

***а* – грунтовая дорога; *б* – стерня зерновых; *в* – поле под посев.**

Рисунок 2 – **Зависимость средней рабочей скорости движения и буксования движителей трактора от тягового сопротивления 2ПТС-4М**



а



б

***а* – сила сопротивления движению прицепа (тягового усилия на крюке трактора); *б* – сила сопротивления движению тракторного поезда.**

Рисунок 3 – **Зависимость составляющих силы сопротивления движению тракторного поезда МТЗ-80+2ПТС-4М от полезной загрузки прицепа и состояния агрофона**

Полученные обобщённые данные по энергетическим показателям агрегата позволили, используя разработанную вероятностную модель функционирования МТА, как системы «П-М-Дж-Т-Дв» [2, 4], с расчётной вероятностью прогнозировать значения параметров и выходных эксплуатационных показателей трактора для конкретной почвенно-климатической зоны в условиях неустановившихся внешних воздействий.

Выводы: 1. На основании проведённой энергетической оценки тракторного транспортного агрегата установлено, что движение по сельскохозяйственным фонам (стерня, обработанная почва), в пределах исследуемого диапазона рабочих скоростей 5,52-11,93 км/ч (1,53-3,31 м/с), приводит к увеличению затрат на передвижение прицепа в сравнении с полевой дорогой, в среднем: по стерне – на 32,4 %, по полю под посев – на 46,6 %.

2. Увеличение затрат на передвижение трактора составляет, в среднем: по стерне – на 51,7 %, по полю под посев – на 72,6 %. В целом, сопротивление

движению тракторного поезда возрастает на 37,8 % при движении по стерневому фону и на 55,6 % при движении по обработанной почве.

3. При движении по грунтовой дороге и стерневому фону ($f = 0{,}055 - 0{,}074$), трактор МТЗ-80 обеспечивает выполнение установленных агротехнических требований (18 %) по буксованию движителей, при изменении эксплуатационного веса прицепа от конструкционного до соответствующего номинальной загрузке (17,2-52,7 кН). При движении по обработанной почве ($f = 0{,}093$) буксование движителей превышало установленные требования в пределах всего диапазона изменения транспортной нагрузки, в среднем изменяясь в пределах 23,3-31,1 %.

Список литературы

1. *Бисенов, Г.С.* Использование тракторных поездов на перевозке сельскохозяйственных грузов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. - № 4. – С. 32 - 34.

2. *Бережнов, Н.Н.* Обоснование номинальной мощности энергосредства при агрегатировании с дисковым почвообрабатывающим орудием по результатам динамометрирования агрегата // Вестник АГАУ. Барнаул : АГАУ, 2017. № 5 (151). – С . 163 - 170.

3. *Видикер, А.А*. Адаптация аппаратных средств измерительно-информационного комплекса для проведения контрольного динамометрирования энергонасыщенных МТА / *А.А. Видикер, Н.Н. Бережнов* // Материалы VIII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию НГАУ-НСХИ. [Электронный ресурс]. Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. Новосибирск, 2016. С. 52 - 58. URL: http://www.mech-fac.ru/files/lks/konf_nirm/sbornik_tehservis_2016.pdf (дата обращения: 03.09.2024 г.).

4. *Красовских, В.С.* Повышение эффективности функционирования тяговых агрегатов за счёт оптимизации параметров и эксплуатационных режимов работы в степных и лесостепных районах Западной Сибири: Дисс. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / *В.С. Красовских*. Санкт-Петербург, 1991. 460 с.

5. Кутьков, Г.М. Расчёт мощности двигателя и веса трактора тягово-энергетической концепции / Г.М. Кутьков, В.Н. Сидоров, М.В. Сидоров] // Электронный журнал : наука, техника и образование. [Электронный ресурс 2016. № 2 (6). С. 37 - 46. URL : https://elibrary.ru/download/elibrary_26847518_53598916.PDF (дата обращения: 01.09.2024 г.).

6. Experimental stabilization of tractor and tractor-trailer like vehicles [Electronic resource] / *R.M. DeSantis, R. Hurteau, O. Alboui, B. Lesot* // Proceedings of the IEEE Internatinal Symposium on Intelligent Control, 2002, pp. 188 - 193. URL: https://doi.org/10.1109/ISIC.2002.1157760. (accessed: Sep. 05, 2024).

7. *Leuschen, J.,* Commer J. The Effects of Ground Simulation on Tractor-Trailer Combinations [Electronic resource] // SAE Int. Veh. 6(2):510-521, 2013. URL: https://doi.org/10.4271/2013-01-2454. (accessed: Sep. 05, 2024).

8. Power performance of farm tractor in field operations [Electronic resource] *A. Koniuszy, P. Kostencki, A. Berger, W. Golimowski* // Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability, 2017. 19(1). P. 43-47. URL: http://www.ein.org.pl/sites/default/files/2017-01-06.pdf (accessed: Sep. 02, 2024).

9. *Russini A., Schlosser J.F., de Farias M.S.* Estimation of the traction power of agricultural tractors from dynamometric tests [Electronic resource] Ciência Rural. 2018. объем Vol. 48. No. 4. URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782018000400351&lng=en&tlng=en. (accessed: Sep. 05, 2024).

10. *Surcel, M., Michaelsen, J.* Evaluation of Tractor-Trailer Rolling Resistance Reducing Measures [Electronic resource] // SAE Technical Paper 2010-01-1917, 2010. URL: https://doi.org/10.4271/2010-01-1917. (accessed: Sep. 05, 2024).

Сведения об авторе(ах)

Бережнов Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии Кузбасского государственного аграрного университета имени В.Н. Полецкова. ФГБОУ ВО Кузбасский ГАУ, 650056, Россия, Кемерово, Марковцева, 5, тел.: 89043719014, e-mail: n.berezhnov@mail.ru.

Information about the author(s)

Berezhnov Nikolay N. – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of agricultural engineering of the Kuzbass state agrarian university named after V.N. Poletskov. Federal state budgetary educational institution of higher education kuzbass state agrarian university, 650056, Russia, Kemerovo, Markovtseva, 5, tel.: 89043719014, e-mail: n.berezhnov@mail.ru.

УДК 621.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ С УЧЁТОМ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

[1]П.А. Болоев, [2]Т.В. Бодякина, [1]Т.П. Гергенова, [1]Е.В. Бондарчук, [1]Н.А. Енина

[1]ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова
Улан-Удэ, Россия
[2]ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Большинство процессов в двигателе связано с турбулентным характером движений. Турбулентность оказывает существенное влияние на распространение звука, света и радиоволн, а также на условия работы двигателя. Количество турбулентной энергии в данной точке воздушного потока может изменяться вследствие превращения части энергии осреднённого движения в турбулентную энергию. При расчёте и конструировании центробежных воздухоочистителей автотракторных двигателей не учитывают влияние турбулентности воздушного потока на эффективность пылеотделения на неустановившихся режимах работы. Математическая модель центробежного воздухоочистителя получена из уравнения Рейнольдса. В каждой точке границы, воздушный поток входит под острым углом. Для вычисления давления, относительного к плоскости, используется метод слабой сжимаемости. Численные эксперименты показали, что полученная разностная схема достаточно устойчива и обладает высокой точностью.

Ключевые слова: двигатель, воздухоочиститель, поле, турбулентность, напряжение.

DETERMINING THE EFFICIENCY OF A CENTRIFUGAL ENGINE AIR CLEANER TAKING INTO ACCOUNT AIR FLOW TURBULENCE

[1]P.A. Boloev, [2]T.V. Bodyakina, [1]T.P. Gergenova, [1]E.V. Bondarchuk, [1]N.A. Enina

[1]Dorzhi Banzarov Buryat state university
Ulan-Ude, Russia
[2]FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Most of the processes in the engine are associated with the turbulent nature of the movements. Turbulence has a significant impact on the propagation of sound, light and radio waves, as well as on the operating conditions of the engine. The amount of turbulent energy at a given point in the air flow can change due to the transformation of part of the average motion energy into turbulent energy. When calculating and designing centrifugal air cleaners for automotive and tractor engines, the effect of air flow turbulence on dust separation efficiency in unsteady operating conditions is not taken into account. The mathematical model of a centrifugal air cleaner is derived from the Reynolds equation. At each point of the boundary, the air flow enters at an acute angle. The weak compressibility method is used to calculate the pressure relative to the plane. Numerical experiments have shown that the resulting difference scheme is sufficiently stable and has high accuracy.

***Key words*:** engine, air cleaner, field, turbulence, voltage.

Введение. При выполнении сельскохозяйственных работ машинно-тракторные агрегаты работают, как правило, при большой запылённости воздуха. При накоплении пыли в воздухоочистителе двигателя сопротивление проходу воздуха в цилиндры двигателя возрастает, заряд воздуха уменьшается, снижая мощность двигателя и увеличивая расход топлива на 10-15 %. При росте сопротивления воздухоочистителя от 0 до 7 кПа мощность двигателя снижается на 10 %, удельный расход топлива увеличивается на 16 % [10]. Повышается вероятность появления неисправностей и отказов ДВС [1, 2].

Большинство процессов в двигателе, такие, как перенос водяного пара и пыли, теплообмен, образование осадков, связано с турбулентным характером движений. Турбулентность оказывает существенное влияние на распространение звука, света и радиоволн, а также на условия работы двигателя.

Турбулентное движение вязкой жидкости, в отличие от ламинарного, характеризуется непостоянством поля скоростей, наличием неоднородностей, или так называемых турбулентных вихрей, приводящих к перемешиванию струй. Под турбулентным вихрем понимается элемент турбулентного течения с некоторым характерным размером (масштаб вихря) [3, 6].

Количество турбулентной энергии в данной точке воздушного потока может изменяться вследствие превращения части энергии осредненного движения в турбулентную энергию (или обратного превращения части турбулентной энергии в энергию осредненного движения), работы пульсаций внешних сил, диффузии турбулентной энергии, диссипации турбулентной энергии под действием вязкости [6, 9].

Цель исследования – определение эффективности центробежного воздухоочистителя двигателя с учётом турбулентности воздушного потока.

Роль каждого из этих факторов становится очевидной при анализе уравнения баланса турбулентной энергии.

Материалы и методы исследования. Из гидродинамики известно, что по мере увеличения числа Рейнольдса сначала появляются крупномасштабные пульсации. При очень больших числах Рейнольдса в турбулентном потоке присутствуют, пульсации с масштабами, сравнимыми с характеристическими длинами, определяющими размеры потока в целом, и с масштабами, при которых турбулентная энергия диссипирует в тепло благодаря молекулярной вязкости. По Колмогорову, турбулентное движение в атмосфере можно представить

следующим образом. Поскольку в атмосфере числа Рейнольдса очень велики, осредненное течение неустойчиво и в нём возникают возмущения «Турбулентные вихри первого порядка», характеризующиеся беспорядочным перемещением относительно друг друга отдельных объёмов жидкости с диаметрами порядка характерных размеров потока. Скорость этих относительных перемещений меньше средней скорости потока. Поскольку для вихрей первого порядка числа Рейнольдса ещё очень велики и такие вихри также неустойчивы, возникают «Вихри второго порядка» уже с меньшими характерными размерами и скоростями [4, 8].

При расчёте и конструировании центробежных воздухоочистителей автотракторных двигателей не учитывают влияние турбулентности воздушного потока на эффективность пылеотделения на неустановившихся режимах работы.

Математическая модель центробежного воздухоочистителя получена из уравнения Рейнольдса, описывающее турбулентное течение воздуха в следующем виде:

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x\frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y\frac{\partial U_x}{\partial y} = \frac{\partial T_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial T_{xy}}{\partial y},$$
$$\frac{\partial U_y}{\partial t} + U_x\frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y\frac{\partial U_y}{\partial y} = \frac{\partial T_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial T_{yy}}{\partial y}, \quad (1)$$

где U_x, U_y – составляющие определенной скорости по декартовым осям x, y соответственно;

t – время;

$T_{xx}, T_{yy}, T_{yx}, T_{xy}$ – составляющие тензоры напряжений, отнесённые к плоскости воздуха.

$$T_{xx} = -\rho + 2(v + E)\frac{\partial U_x}{\partial x},$$
$$T_{xy} = T_{yx} = (v + E)(\frac{\partial U_x}{\partial y} + \frac{\partial U_y}{\partial x}), \quad (2)$$
$$T_{yy} = -\rho + 2(v + E)\frac{\partial U_y}{\partial y},$$

где ρ – давление, отнесённое к плоскости;

v, E – кинематические малярная и турбулентная вязкости.

Замыкается эта система уравнением неразрывности:

$$\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} = 0.$$

Зададим начальные и граничные условия. Граничные условия задаём уравнением:

$$\Gamma: x^2 + y^2 = R^2.$$

В каждой точке границы, воздушный поток входит под острым углом α. Обозначим через φ угол, соответствующий выборные точке. Зная два угла α и φ, мы найдём γ, который выражается: $\gamma = 180° - \alpha - \varphi$.

Таким образом, граничные условия будут заданы в виде:

$$U_x = U_0 \cdot cos\,\gamma,\ U_y = -U_0 \cdot sin\,\gamma.$$

Далее, после преобразований, определим:

$$sin\,\varphi = \frac{y}{R},\ cos\,\varphi = \frac{x}{R},\ \text{где } R = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Пусть в начальный момент времени рассматриваемая система находилась в покое, т.е.:

$$U_x|_{t=0} = 0;\ U_y\big|_{t=0} = 0;\ \rho|_{t=0} = 0.$$

Равенство расходов на входе и выходе:

$$R \cdot U_r^{\text{вх}} = r \cdot U_r^{\text{вых}}$$

где U_r – радиальная скорость, осреднённая по декартовым координатам.

$$U_r = \xi_1 \cdot U_x + \xi_2 \cdot U_y,$$

где ξ_1 и ξ_2 – тригонометрические функции.

Приведённая система уравнений с вычислительной точки зрения удобнее традиционный двухпараметрической.

Исследуя поле скоростей частиц с полученном аэродинамическом поле, оцениваем эффективность сепарации (удаление полевых частиц).

Результаты исследования. Для расчёта предложенной системы уравнений принята разностная схема:

$$\begin{gathered}\frac{U_{x_{ij}}^{k+1}-U_{x_{ij}}^{k}}{\tau} + U_{x_{ij}}^{k}\frac{U_{x_{i+1}}^{k+1}-U_{x_{i-1}}^{k+1}}{2h_x} + U_{y_{ij}}^{k}\frac{U_{x_{ij+1}}^{k+1}-U_{x_{ij-1}}^{k+1}}{2h_y} = \frac{T_{x_{i+j}}^{k+1}-T_{x_{i-j}}^{k+1}}{2h_x} + \frac{T_{x_{y+1}}^{k+1}-T_{x_{y-1}}^{k+1}}{2h_y};\\ \frac{U_{y_{ij}}^{k+1}-U_{y_{ij}}^{k}}{\tau} + U_{x_{ij}}^{k}\frac{U_{y+1}^{k+1}-U_{y-1}^{k+1}}{2h_x} + U_{y_{ij}}^{k}\frac{U_{y+1}^{k+1}-U_{y-1}^{k+1}}{2h_y} = \frac{T_{y+1}^{k+1}-T_{y-1}^{k+1}}{2h_x} + \frac{T_{y+1}^{k+1}-T_{y-1}^{k+1}}{2h_y}.\end{gathered} \quad (3)$$

(Здесь можно $x_{ij} = x_1, x_{i+1} = x_2, x_{i-1} = x_3$ и т.д. преобразовать подобным образом).

Составляющей тензоры направлений:

$$\begin{gathered}T_{x_{ij}}^{k+1} = -\rho_{ij}^{k+1} + (v + E_{ij}^{k})\frac{U_{x_{i+1}}^{k+1}-U_{x_{i-1}}^{k+1}}{2h_x},\\ T_{xy}^{k+1} = T_{yx}^{k+1} = \left(v + E_{ij}^{k}\right)\left(\frac{U_{x_{i+1}}^{k+1}-U_{x_{i-1}}^{k+1}}{2h_y} + \frac{U_{x_{i+1}}^{k+1}-U_{x_{i-1}}^{k+1}}{2h_x}\right),\\ T_{yy}^{k+1} = -\rho_{ij}^{k+1} + (v + E_{ij}^{k})\frac{U_{x_{y+1}}^{k+1}-U_{x_{y-1}}^{k+1}}{2h_y}.\end{gathered} \quad (4)$$

Для вычисления давления, относительного к плоскости, используется метод слабой сжимаемости:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -c^2 \cdot div\,\vec{U} = -c^2\left(\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y}\right),$$

который реализуется в виде явной разностной схемы

$$\frac{\rho_{ij}^{k+1}-\rho_{ij}^{k}}{\tau} = -c^2\left(\frac{U_{x_{i+1}}^{k}-U_{x_{i-1}}^{k}}{2h_x} + \frac{U_{x_{i+1}}^{k}-U_{x_{i-1}}^{k}}{2h_y}\right),$$

где c^2 – положительная константа.

Для расчёта турбулентной вязкости используем E уравнение:

$$\frac{\partial E}{\partial t} + U_x\frac{\partial E}{\partial x} + U_y\frac{\partial E}{\partial y} = div[(\alpha E + v)\cdot grad\ E] + E \cdot$$

$$f\left(\frac{E}{v}\right)\sqrt{\left(\frac{\partial U_x}{\partial y} + \frac{\partial U_y}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\left(\frac{\partial U_x}{\partial y} + \frac{\partial U_y}{\partial x}\right)^2\right) - \frac{\gamma}{r_{min}^2}(v + \beta E)E},$$

где α, γ, β – константы.

Реализуем это уравнение в виде явной разностной схемы:

$$\frac{E_{x_{ij}}^{k+1}-E_{x_{ij}}^{k}}{\tau}+U_{x_{ij}}^{k}D_xE_{x_{ij}}^{k}+U_{y_{ij}}^{k}D_yE_{y_{ij}}^{k}=A_{ij}^{k}+E_{ij}^{k}f\left(\frac{E_{ij}^{k}}{v}\right)B_{ij}^{k}-\frac{\gamma}{r_{min}^{2}}(v++\beta E_{y_{ij}}^{k})E_{y_{ij}}^{k},$$

где $A_{ij}^{k}=\frac{(\alpha\cdot E_{i+1}^{k}+v)D_xE_{i+1}^{k}-(\alpha\cdot E_{i-1}^{k}+v)D_xE_{i-1}^{k}}{2h_x}+\frac{(\alpha\cdot E_{i+1}^{k}+v)D_xE_{i+1}^{k}-(\alpha\cdot E_{i-1}^{k}+v)D_xE_{i-1}^{k}}{2h_y}$,

$$B_y^k=\sqrt{(\frac{U_{x+1}^{k}-U_{x-1}^{k}}{2h_y}+\frac{U_{y+1}^{k}-U_{y-1}^{k}}{2h_x}+2((\left(\frac{U_{x+1}^{k}-U_{x-1}^{k}}{2h_x}\right)^2+\left(\frac{U_{y+1}^{k}-U_{y-1}^{k}}{2h_y}\right)^2},$$

D_x, D_y – значки противоточных производных, которые задаются выражениями:

$$D_xF_{ij}=\begin{cases}\frac{F_{i+1j}-F_{ij}}{h_x}, U_{x_{ij}}\le 0\\ \frac{F_{ij}-F_{i-1j}}{h_x}, U_{x_{ij}}>0\end{cases},$$

D_y – аналогично.

После подстановки (*Y*) в (3) относительно $U_{x_{ij}}^{k+1}$ и $U_{y_{ij}}^{k+1}$ получается линейная система уравнений, которое удобно проектировать с помощью метода переменных направлений и скалярных прогонок по осям *x* и *y* соответственно.

Заключение. Численные эксперименты показали, что полученная разностная схема достаточно устойчива и обладает высокой точностью.

Список литературы

1. *Белоусов, И.В.* Факторы, влияющие на эксплуатацию автотракторной техники в Сибирских условиях / *И.В. Белоусов, М.К. Бураев* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодёжный, 25-26 апреля 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 157 - 161.

2. *Бодякина, Т.В*. Бортовая диагностика системы впрыска дизельных двигателей / *Т.В. Бодякина, Е.В. Елтошкина, П.А. Болоев* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 49. – С. 8 - 16. – DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16.

3. *Глухих, В.Д.* Особенности воздушной системы охлаждения ДВС / *В.Д. Глухих, С.Н. Шуханов* // Перспективные научные исследования высшей школы : Материалы Всероссийской студенческой научной конференции, Рязань, 25 мая 2023 года. Том Часть I. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 13 - 14.

4. *Ильин, П.И.* Зависимость рабочих характеристик асинхронных двигателей осевых вентиляторов от частоты их вращения / *П.И. Ильин* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20-22 апреля 2021 года. Том 1 Часть 2. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 232 - 235.

5. *Ильин, П.И.* Анализ работы асинхронных двигателей в системе вентиляции птичников / *П.И. Ильин* // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России : Материалы Международной научной конференции, Красноярск, 19 ноября 2020 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – С. 92 - 96.

6. Математическая модель индивидуальной системы смазки подшипника турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания / *И.Г. Галиев, К.А. Хафизов, Р.Р.Шайхутдинов, А.Р. Галимов* // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4 (274). – С. 39 - 43. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-39-43.

7. *Мударисов, С.Г.* Моделирование движения воздушного потока в пневмосистемах сельскохозяйственных машин / *С.Г. Мударисов, И.Д. Бадретдинов, А.В. Шарафутдинов* // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009»), Уфа, 03-05 марта 2009 года. Том Часть 1. – Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2009. – С. 116 - 119.

8. *Поляков, Г.Н.* Совершенствование технических средств для возделывания яровых зерновых культур с разработкой сеялки для посева в гряды / *Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, А.В. Косарева* // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2 (38). – С. 33 - 41. – DOI 10.47737/2307-2873_2022_38_33.

9. *Хольшев, Н.В.* Экспериментальное определение распределения скорости воздушного потока перед радиатором системы охлаждения автомобиля / *Н.В. Хольшев, Д.Н. Коновалов, Ю.Е. Глазков* // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 81 - 90. – DOI 10.25198/2077-7175-2021-3-81.

10. *Шкрабак, Р.В.* Автотракторные двигатели: состояние и пути совершенствования по параметрам эффективности техносферной безопасности / *Р.В. Шкрабак, В.С. Шкрабак* // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 173 - 179.

Сведения об авторах

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры инновационных технологий и наукоемких отраслей. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, республика Бурятия, Улан-Удэ, тел.: 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru). ORCID: 0000-0002-3940-1296.

Бодякина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и ММ ИЭУиПИ. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодёжный, тел.: 89148781789, e-mail: bodt1981@yandex.ru). ORCID: 0000-0002-4328-5232.

Гергенова Татьяна Петровна – старший преподаватель кафедры инновационных технологий и наукоемких отраслей. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, республика Бурятия, Улан-Удэ, e-mail: lemex74@mail.ru).

Бондарчук Елизавета Викторовна – магистрант физико-технического факультета. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, республика Бурятия, Улан-Удэ, e-mail: elizaveta.bondarchuk.98@mail.ru).

Енина Наталья Александровна – магистрант физико-технического факультета, Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, тел.: 89500801880, e-mail: natali.enina.01@mail.ru).

Information about authors

Boloev Pyotr A. – doctor of technical sciences, professor of the department of innovative technologies and science-intensive industries. Buryat state university named after Dorzhi Banzarov (670000, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, tel.: 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru).

Bodyakina Tatyana V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and MM IUE&PI. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89148781789, e-mail: bodt1981@yandex.ru).

Gergenova Tatiana P. – senior lecturer at the department of innovative technologies and science-intensive industries. Buryat state university named after Dorzhi Banzarov (670000, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, tel. 89500801880, e-mail: lemex74@mail.ru.

Bondarchuk Elizaveta V. – master of the faculty of physics and technology. Buryat state university named after Dorzhi Banzarov (670000, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, e-mail elizaveta.bondarchuk.98@mail.ru).
Enina Natalya A. – master of the faculty of physics and technology, Buryat state university named after Dorzhi Banzarov (tel. 89500801880, e-mail: natali.enina.01@mail.ru).

УДК 631.361.8

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИХ К СКАРМЛИВАНИЮ

[1]Д.Н. Голубев, [2]С.Н. Шуханов, [2]Г.Н. Поляков, [3]А.С. Доржиев

[1]ФГБОУ ВО Иркутский государственный ниверситет
Иркутск, Россия
[2]ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия
[3]ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА имени В.Р. Филиппова
Улан-Удэ, Россия

Аннотация. В статье продемонстрирована важность использования корнеклубнеплодов в качестве составляющего элемента полного рациона кормления сельскохозяйственных животных. Подчеркнута необходимость создания инновационных технологий и технических средств подготовки кормов к скармливанию, позволяющих добиться максимальной отдачи каждой кормовой единицы. Показано, что ключевым техническим средством осуществления обработки кормов являются измельчители корнеклубнеплодов. Для улучшения проведения исследований в этой области знаний приведена структуризация технических устройств. Проведённый обзор и анализ литературных источников, патентный поиск современных аппаратов позволил выявить их положительные и отрицательные стороны. На этой основе определены перспективные направления их совершенствования, способствующих повышению эффективности функционирования животноводческой отрасли сельского хозяйства.

Ключевые слова: кормление животных, рацион, технические средства, измельчители корнеклубнеплодов.

TECHNICAL MEANS OF MECHANIZATION OF ROOT CROPS GRINDING FOR PREPARATION FOR FEEDING

[1]D.N. Golubev, [2]S.N. Shukhanov, [2]G.N. Polyakov, [3]A.S. Dorzhiev

[1]FSBEI HE Irkutsk state university
Irkutsk, Russia
[2]FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia
[3]FSBEI HE Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova
Ulan-Ude, Russia

Annotation. The article demonstrates the importance of using root crops as a component of a complete diet for feeding farm animals. The necessity of creation of innovative technologies and technical means of preparation of feed for feeding, allowing to achieve maximum return of each feed unit, is emphasized. It is shown that the key technical means of implementation of feed processing are crushers of root crops. To improve the conduct of research in this area of knowledge, the structuring of technical devices is given. The conducted review and analysis of literary sources, patent search of modern devices allowed to identify their positive and negative sides. On this basis, promising directions of their improvement, contributing to increase of efficiency of functioning of livestock branch of agriculture, are defined.

Key words: feeding of animals, ration, technical means, crushers of root crops.

Введение. Эффективность животноводства в значительной степени коррелирует с полноценным рационом. Беря во внимание, что значительную часть кормов сельскохозяйственных животных в осенне-зимний период представляют сено, в том числе солома, которые не обеспечивают полную потребность крупного рогатого скота для удержания удоев, а также физиологического состояния в целом. Крайне актуально в рацион животных разнообразить корнеклубнеплодами, в частности, такими как свёкла сахарная и кормовая, включая картофель, кроме того, морковь оказывающие благотворное воздействие на физиологическое состояние животного, а также на бурное развитие и рост молодняка всех видов сельскохозяйственных животных, мясную, в том числе молочную продуктивность скота [6, 10]. С этой целью корнеклубнеплоды перед скармливанием измельчают, чтобы корм интенсивнее и лучше усваивался животными.

Материалы и методы. Осуществлён патентный поиск современных технических устройств измельчения обрабатываемого материала. На основе литературного обзора изучено состояние вопроса по рассматриваемой теме.

Результаты и обсуждение. Подготовка корнеклубнеплодов к скармливанию включает такие ключевые операции как их очистка, так и измельчение. Вопросам очистки посвящены работы ряда учёных [2, 8, 9, 14]. Разработки измельчителей отражены в следующих трудах исследователей [3, 5, 7, 11]. В том числе немало исследований проведено в Иркутском государственном университете [1, 12, 15, 16].

В зависимости от физико-механических свойств измельчаемого материала, в том числе его величины частиц, а также твёрдости подбирают соответствующий вид измельчения, который коррелирует с эффективностью рабочего органа.

Технические средства измельчения корнеклубнеплодов структурируются следующим образом.

1. По принципу действия:
- Возвратно-поступательные;
- Вращательные (центробежные).
2. По воздействию на механизм резания:
- Гидравлические;
- Механические.
3. По направлению вращения ножей:
- Встречное;

- Однонаправленное.

4. По расположению плоскости вращения ножей:
- Горизонтальная;
- Вертикальная;

Под углом.

5. По способу подачи к режущим ножам:
- С дозирующим устройством;
- С ориентирующим устройством;
- С накопителем;
- С вибратором-встряхивателем.

6. По подвижности ножей:
- С неподвижными ножами;
- С подвижными ножами (вращающиеся ножи);
- С возвратно-поступающими ножами.

7. По способу расположения ножей:
- Зигзагообразное;
- Параллельное;
- Перпендикулярное;
- Под углом.

8. По форме ножа:
- Сабельные;
- Прямые;
- Криволинейны;
- Профильные.

9. По способу измельчения:
- С противорезом;
- С устройством изменения размеров ломтиков;
- С окном заданного размера.

Для анализа конструктивных особенностей таких аппаратов рассмотрим современные образцы.

На рисунке 1 дана иллюстрация измельчителя плодов и овощей, общий вид, на рисунке 2 – схема режущего аппарата и пуансона [4].

Устройство содержит станину 1, закреплённый на ней корпус 2 с крышкой 3 и загрузочной воронкой 4, расположенный сбоку неё вибратор-встряхиватель 5, закрепленный под загрузочной воронкой дозатор 6 барабанного типа, вращающийся от червячной пары 7, перекидной клапан 8, направляющий канал 9, внутри корпуса 1 установлен вал-червяк 10, червячное колесо 11, соединённое с коленчатым валом 12, вращающимся во втулках 13, шток 14 с пуансоном 15, оснащённый выступами 16, режущий аппарат 17 с ножами 18, под режущим аппаратом 17 расположено выпускное окно 19 и установлена выгрузная ёмкость 20.

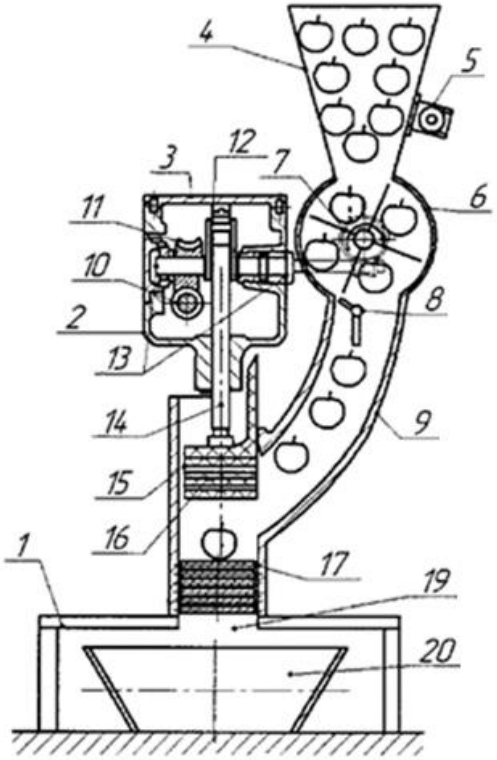


Рисунок 1 – **Измельчитель, общий вид**

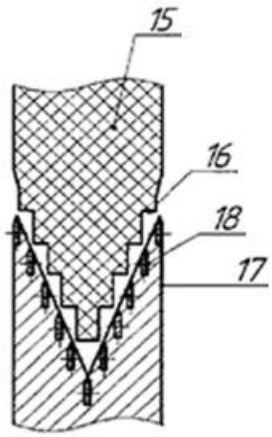


Рисунок 2 – **Схема режущего аппаратаи пуансона**

Устройство работает следующим образом. Обрабатываемый материал через загрузочную воронку 4, дозатор 6 барабанного типа и направляющий канал 8 непрерывно поступал в зону резания. Посредством передачи крутящего момента приводом (на рисунке не показан) через вал-червяк 10 и червячное колесо на коленчатый вал 12 шток 14 с пуансоном 15 перемещался вертикально вниз навстречу режущему аппарату 17 с обрабатываемым материалом, который измельчался на ломтики заданной толщины, удаляемые через выпускное окно 19 в выгрузную ёмкость 20.

Применение самоориентации плодоовощного сырья при подаче его из направляющего канала с последующей фиксацией в центре режущего аппарата обеспечивает минимизацию энергетических затрат за счёт контакта обрабатываемого сырья при резании не более чем с двумя ножами в одной горизонтальной плоскости, а также позволяет получить однородный гранулометрический состав готовой продукции.

Использование в качестве привода дозатора барабанного типа крутящий момент коленчатого вала штока измельчителя позволяет снизить потребляемую мощность устройства. Применение червячной пары для передачи вращения барабанному дозатору обеспечивает высокую синхронизацию процесса резания и дозированной подачи сырья в рабочую камеру.

Вертикальное расположение режущего аппарата с ножами, установленными зигзагообразно, а также подача сырья непосредственно на ножи обеспечивает отсутствие энергозатрат привода, связанных с принудительным

перемещением сырья по рабочим поверхностям измельчителя и минимизирует силы трения.

Устройство может быть реализовано в пищевой промышленности и сельскохозяйственном производстве.

Таким образом, заявленный измельчитель плодов и овощей, содержащий корпус с крышкой, вал-червяк, червячное колесо, соединённое с коленчатым валом, вращающимся на втулках, шток с пуансоном, загрузочную воронку с вибратором-встряхивателем и дозатором барабанного типа, привод которого осуществляется червяной парой от коленчатого вала привода штока измельчителя, обеспечивает технический результат – возможность проведения непрерывного процесса резания плодоовощного сырья на ломтики с пониженными энергозатратами.

Отрицательной стороной этого технического средства является недостаточно высокая производительность.

Техническое средство измельчителя корнеклубнеплодов плодов выполнено на основе патента РФ 2289906 [13]. Авторы М.А. Тищенко, В.И. Клименко и И.И. Тищенко. Они представили измельчитель комбинированного типа (рисунок 3).

Устройство представляет собой установленный на раме 1, оснащённый полозьями 2 со значением угла 26-30° к горизонтальной линии бункер 3. Конструкция полутрубчатого днища 4 имеет два продольных шнека 5, 6, кроме того, оборудованные в нижней части до выгрузного окна витками одной навивки 7, в том числе в зоне выгрузного окна – выталкивающими лопатками 8, а также в самой верхней части – отбойными полувитками 9 с обратной навивкой. На конструкциях витков шнеков смонтированы сменяемые режущие элементы 10, а в пространстве между шнеками размещены противорежущие пластины 11. В верхней половине собственно бункера под двумя шнеками установлено выгрузное окно 12, которое перекрывается с помощью заслонки 13, оснащённой электрическим приводом. Бункер смонтирован к раме посредством датчиков 14 тензометрического взвешивающего технического устройства. Ниже выгрузного окна расположен транспортер 15 для выгрузки. Продольная ось последнего расположена параллельно продольной оси бункера, что заметно сокращает длину транспортера. Приводное устройство шнеков включает в себя реверсивный многоскоростной электропривод со специальным частотным преобразователем, а также электродвигатель 16 посредством коробки перемены передач 17 снабжённым реверсивным выходным валом, включая контрпривод, в том числе зубчатые передачи 18, которые формируют направление вращения шнеков в разные стороны. Реверсивный многоскоростной электропривод позволяет осуществлять не только различную частоту вращения шнеков в корреляции с технологией, в том числе вида перерабатываемых кормов, но также возможность кратковременного варьирования направления вращения шнеков при заклинивании, попавших в бункер ненужных посторонних предметов.

Функционирование измельчителя-смесителя в порционном режиме происходит в следующем порядке. Прежде чем загрузить кормовые компонентов в

конструкцию бункера предварительно заслонку выгрузного окна переводят в положение «Закрыто», а затем включают в работу шнеки в режиме повышенных частот вращения. Далее осуществляют загрузку стебельных кормов (сено, в том числе солома, а также сенаж) в рассыпном или же допускается в прессованном состоянии. При достижении полного измельчения стебельчатых кормов частоту вращения шнеков уменьшают, а затем в бункер поочерёдно строго по массе подаются другие кормовые компоненты. После выполнения загрузки все компоненты в продолжение от четырёх до восьми минут подвергаются перемешиванию, в последующем открывается выгрузное окно, и полученная кормосмесь посредством транспортёра подаётся в кормораздающие или же мобильные транспортные средства.

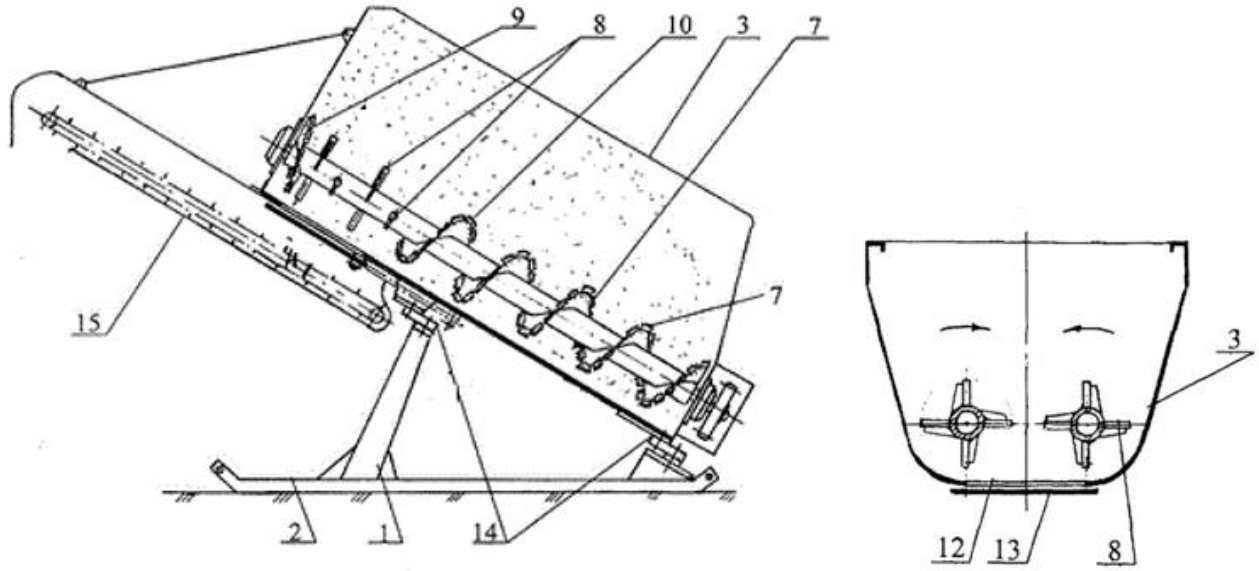


Рисунок 3 – **Техническое средство измельчителя корнеклубнеплодов**

Отрицательная сторона данного аппарата – это техническая сложность конструкции, в том числе высокая металлоёмкость, включая низкая производительность, а также недостаточное качество смешивания при функционировании на сыпучих материалах по причине просыпания их вниз в пространство между ножами, закреплённых на витках.

Злободневную проблему представляет собой повышение качества измельчения. В связи с тем, что на животноводческих фермах в структуре доля потребления энергии на корма составляет в пределах до 50 % затрат энергии разработка энергосберегающих технологий, а также технических средств является актуальной задачей.

Современные технические средства должны отвечать высоким требованиям прогрессивных технологий различных форм хозяйствования, в том числе организации труда.

В настоящее время сформированы два ключевых направления в разработке, а также создании измельчителей кормов:

• Совершенствование рабочих органов, включая рабочий процесс существующих измельчителей в сторону минимизации энергопотребления, а также

улучшения качества обработанного материала на базе классических технологий приготовления кормов;

• Создание современных машин, с инновационными рабочими органами, опирающихся на перспективные энергосберегающие технологии в кормоприготовлении.

Заключение. Обзор технических особенностей, рассмотренных измельчителей корнеклубнеплодов даёт основание сделать вывод: выполненный анализ конструкций измельчителей корнеклубнеплодов учитывая их конструктивные особенности открывает горизонты, возможности для создания современных машин, в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями.

Список литературы

1. *Арданов, Ч.С.Е.* Модернизация сухого способа очистки корнеклубнеплодов / *Арданов Ч.С.Е., Шуханов С.Н., Болоев П.А.* // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. С. 13 - 14.

2. *Захаров, А.М.* Разработка барабанно-роликового очистителя корнеклубнеплодов / *А.М. Захаров* // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 6 (84). Часть 1. С. 44 - 47.

3. *Курдюмов, В.И.* Измельчитель корнеклубнеплодов / *В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, М.Н. Лемаева* // Сельский механизатор. 2014. № 6. С. 30.

4. *Лебедь, Н.И.* Измельчитель плодов и овощей / *Н.И. Лебедь, А.В. Малолетов, М.Б. Аверина* // Патент на полезную модель RU 181402 U1, 12.07.2018. Заявка № 2018114363 от 18.04.2018.

5. *Ряднов, А.И.* Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов / *А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай* // Вестник НГИЭИ. 2021. № 3 (118). С. 40 - 51. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-3-40-51.

6. *Ряднов, А.И.* Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении / *А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 356 - 366. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-37.

7. *Ряднов, А.И.* Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов / *А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай* // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 4 (45). С. 45 - 50. DOI: 10.22314/2658-4859-2021-68-4-45-50.

8. *Сабиев, У.К.* Обоснование рациональных параметров безводного очистителя корнеклубнеплодов / У.*К. Сабиев, В.В. Лисянов, П.А. Гайдай* // Техника и оборудование для села. 2014. № 6. С. 14 - 16.

9. *Сабиев, У.К.* Обоснование конструктивно-режимных параметров безводного очистителя корнеклубнеплодов / *У.К. Сабиев, И.Р. Хузин* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 9 (215). С. 114 - 119. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-114-119.

10. *Садов, В.В.* Интенсификация процесса смешивания комбикормов в вертикальном шнековом смесителе / *В.В. Садов, С.А. Сорокин* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (222). С. 86 - 92. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-222-4-86-92.

11. *Савиных, П.А.* Обоснование угла установки наклонной стенки загрузочного бункера измельчителя корнеплодов / *П.А. Савиных, А.В. Алешкин, С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов* // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 7 - 10.

12. *Свинцова, О.Н.* Совершенствование технического устройства для мойки корнеклубнеплодов / *О.Н. Свинцова, С.Н. Шуханов, В.Н. Хабардин* // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91. № 1. С. 39 - 44.

13. *Тищенко, М.А.* Стационарный измельчитель-смеситель комбинированного типа / *М.А. Тищенко, В.И. Клименко, И.И. Тищенко* // Заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (ВНИПТИМЭСХ). Патент РФ 2289906. МПК A 01 F 29/00. Заявл. 2005120885/12, 04.07.2005; Опубл.: 27.12.2006. Бюл. № 36.

14. *Шамонин, В.И.* Обоснование режимов работы машины для мойки картофеля и корнеплодов / *В.И. Шамонин, А.В. Сергеев, Г.А. Логинов* // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 52. С. 231 - 237.

15. *Шуханов, С.Н.* Обзор современных конструкций измельчителей корнеклубнеплодов как основа для создания более совершенных машин / *С.Н. Шуханов, В.Д. Коваливнич, А.С. Доржиев* // Аграрная наука, 2016. - № 1. – с. 31 - 32.

16. *Шуханов, С.Н.* Модернизация аппарата для измельчения корнеклубнеплодов / *С.Н. Шуханов, А.С. Доржиев* // Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88. № 2. С. 68 - 72. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-2-68-72.

Сведения об авторах

Голубев Дмитрий Николаевич – старший преподаватель кафедры «Технологии, предпринимательства и методов их преподавания», Иркутский государственный университет (664003, Россия, Иркутская область, Иркутск, Карла Маркса, 1, тел.: 8 (395) 252-15-55, e-mail: gdn679@mail.ru.

Шуханов Станислав Николаевич – профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, п. Молодёжный, 1/1, тел.: 8 (395) 223-74-31, e-mail: Shuhanov56@mail.ru.

Поляков Геннадий Николаевич – доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, п. Молодёжный, 1/1, тел.: 8(3952)237431, e-mail: sxm1953@mail.ru.

Доржиев Арсалан Сергеевич – ассистент кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670034, республика Бурятия, Улан-Удэ, Пушкина, 8, тел.: 8 (301) 244-21-33, e-mail: ar.s.d@mail.ru.

Information about the authors

Golubev Dmitry N. – senior lecturer, department of technology and entrepreneurship and methods of teaching them, Irkutsk state university (664003, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Karl Marx, 1, tel.: 8 (395) 252-15-55, e-mail: gdn679@mail.ru.

Shukhanov Stanislav N. – professor, department of technical support for the agro-industrial complex, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Molodezhny, 1/1, tel.: 8 (3952) 237431, e-mail: Shuhanov56@mail.ru.

Polyakov Gennady N. – associate professor, department of technical support for the agro-industrial complex, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Molodezhny, 1/1, tel.: 8 (395) 223-74-31, e-mail: sxm1953@mail.ru.

Dorzhiev Arsalan S. – assistant of the department «Electrification and automation of agriculture», Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670034, republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin, 8, tel.: 8 (301) 244-21-33, e-mail: ar.s.d@mail.ru.

УДК 631.95

ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СООТВЕТСТВИИ С НОВЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ СТАНДАРТОМ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИН В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Т.Л. Горбунова, В.Н. Хабардин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Известно, что с 1 июля 2023 г. в нашей стране введен новый ГОСТ 20793-2023 взамен ГОСТ 20793-2009. Название стандарта не изменилось: «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание». Содержание же его претерпело некоторые изменения и дополнения, причём по всем разделам, в том числе и по требованиям охраны окружающей среды при техническом обслуживании тракторов и машин, которые впервые были изложены в ГОСТ 20793-2009. Насколько изменились эти требования в сравнении с предшествующим ГОСТом? Этому вопросу и посвящена настоящая статья. На основе сравнительного анализа установлено, что в целом, изменение требований охраны окружающей среды, как и других разделов, направлено на улучшение качества выполнения операций технического обслуживания и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: тракторы, сельскохозяйственные машины, техническое обслуживание, диагностирование, масла моторные, системы смазочные, требования безопасности, нормативные документы.

ENVIRONMENTAL PROTECTION REQUIREMENTS IN ACCORDANCE WITH THE NEW STATE STANDARD FOR MACHINERY MAINTENANCE IN AGRICULTURE

T.L. Gorbunova, V.N. Khabardin

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. It is known that from July 1, 2023, a new GOST 20793-2023 was introduced in our country to replace GOST 20793-2009. The name of the standard has not changed: «Tractors and agricultural machines. Maintenance». Its content has undergone some changes and additions, in all sections, including environmental protection requirements for the maintenance of tractors and machines, which were first set out in GOST 20793-2009. How have these requirements changed in comparison with the previous GOST? This article is devoted to this issue. Based on a comparative analysis, it was established that in general, changes in environmental protection requirements, as well as other sections, are aimed at improving the quality of maintenance operations and environmental protection.

Key words: tractors, agricultural machines, maintenance, diagnostics, motor oils, lubrication systems, safety requirements, regulatory documents.

Введение. В практике эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) усиливается роль технического обслуживания (ТО) как основного элемента технической эксплуатации – процесса обеспечения и поддержания

работоспособности или исправности машин [9, 19]. Одновременно возрастает и объём работ по ТО машин. Поэтому в новом стандарте (ГОСТ 20793-2023) по правилам ТО также (в сравнении с аналогичным предшествующим ГОСТ 20793-2009 [7]) приведены требования охраны окружающей среды (ООС) при ТО тракторов и самоходных машин. Представим и проанализируем их.

Материалы и методы. Поскольку эти требования в ГОСТ 20793-2023 изложены достаточно кратко, то ниже они приводятся без изменений и с той же нумерацией, но с поясняющим словом «Требование». К ним можно отнести из раздела 5 «Требования к проведению технического обслуживания тракторов и машин» пункт 5.13.

Результаты и обсуждение. *Требование 5.13* Проведение разборочно-сборочных, смазочно-заправочных и других работ должно исключать попадание влаги, пыли и грязи в составные части тракторов, машин, а сливаемых топливно-смазочных материалов на почву [8].

Это требование касается обеспечения надежности обслуживаемых машин и экологической культуры, направленной на сохранение природной среды. Поэтому его можно отнести к требованиям ООС – в дополнение к разделу 6.6 «Требования охраны окружающей среды при техническом обслуживании тракторов и машин».

Раздел 6.6 «Требования охраны окружающей среды при техническом обслуживании тракторов и машин». Раздел состоит из шести пунктов, каждый из которых сформулирован в одном предложении, со ссылками на другие стандарты.

Требование 6.6.1 Перед снятием с тракторов и машин их агрегатов масло и технологическую жидкость, находящуюся в них, сливают в специальные закрытые ёмкости по ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.2.019 [8].

Из данного ГОСТа исключили ГОСТ 18523 «Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в капитальный ремонт и выпуск из капитального ремонта», ГОСТ 18524 «Тракторы сельскохозяйственные. Сдача тракторов в капитальный ремонт».

Данное требование направлено на предотвращение попадания жидкости, находящейся в агрегатах машин, на оператора и в почву. Однако при выполнении ТО не требуется снятие с трактора каких-либо агрегатов, согласно руководствам по эксплуатации как отечественных [16, 17, 18], так и иностранных [13, 14, 15] тракторов.

В новом стандарте, также как и в предыдущем документе, не учтены требования к операции по заливке нефтепродуктов в корпуса машин, которую выполняют сразу же после их слива, а также доливку, осуществляемую при ежесменном ТО (ЕТО).

В рассматриваемом требовании сказано, что жидкость сливают в специальные закрытые ёмкости по ГОСТ 12.2.002, ГОСТ 12.2.019 [1, 2]. При этом нет ссылок на требования к закрытой ёмкости в соответствии с указанными стандартами. Причём, ГОСТ 12.2.002-80 [4] и ГОСТ 14.09-2005 [5] относятся к системе стандартов безопасности труда. Наиболее близким по содержанию к требованию

6.6.1 в этом стандарте является материал, касающийся определения пожароопасности, но закрытые ёмкости при этом не упоминаются. Кроме того, приведены нормативные ссылки на стандарты, один из которых касается безопасности производственного оборудования (ГОСТ 12.2.003-91[5]), что можно считать и оборудования для ТО машин.

В результате проведённого анализа п. 6.6.1 можно сделать вывод, что требование в соответствии с [5] относится к оборудованию для ТО. Следовательно, требование, прежде всего, касается эксплуатации оборудования в природной среде. Если теперь перейти на оборудование для ТО машин, то к нему в первую очередь можно отнести средства ТО для полевых условий, например, передвижные агрегаты ТО.

В завершение анализа требования 6.6.1 можно отметить следующее. Если считать, что при ТО тракторов их агрегаты не снимают, а жидкость сливают, например, отстой топлива или масло из картеров машин, то применение таких устройств позволит улучшить уровень охраны окружающей среды.

Требование 6.6.2 На тракторах и машинах, прошедших техническое обслуживание, подтекания электролита, топлива, масел, охлаждающей и тормозной жидкости не допускаются [8].

В новом ГОСТе введено требование на техническое состояние машин после технического обслуживания.

Введённое требование 6.6.2 пересекается с 5.13, которое исключает попадание влаги, пыли и грязи в составные части тракторов, машин, а сливаемых ТСМ на почву.

Требование 6.6.3 Вредные газы, пары, выделяющиеся при ТО тракторов, машин, удаляемые местными системами отсоса от тракторов, машин и технологического оборудования, подвергают очистке, с тем, чтобы концентрация вредных газов, паров, выводимых в атмосферу, не превышала допустимого предела санитарных норм, указанных в ГОСТ 12.1.005 и в санитарных правилах и нормах, контролируемых органами государственного надзора и органами по сертификации услуг по техническому сервису тракторов и машин [8].

В этом требовании отсутствуют ссылки на ГОСТ 17.2.2.02 и ГОСТ 17.2.2.05.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005 [3]. В тексте требования 6.6.3 словосочетание «Технические выбросы, а также ядовитые газы и пары, которые выделяются при ТО машин», заменены на словосочетание «Вредные газы», что соответствует стандарту.

Словосочетание «Технические выбросы» в научно-технической литературе и стандартах нет, а к вредным веществам отнесены ядовитые газы. В приведённых литературных источниках этот термин тоже не используется.

Следующий аспект анализа требований по п. 6.6.3 – концентрация вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. В соответствии с ГОСТ 12.1.005 [3] представлены предельно-допустимые концентрации вредных веществ, которые могут быть в воздухе рабочих зон стационарного объекта ТО.

Кроме вредных веществ, требование 6.6.3 в соответствии с ГОСТ 17.2.2.02-98 предусматривает нормы дымности дизелей, которые установлены для мест с неограниченным и ограниченным воздухообменом.

Требование, касающееся местных отсосов от технологического оборудования, можно считать, что оно относится как к технологическому оборудованию, так и к рабочему месту, а также к помещению, в котором находится это оборудование. При этом вариант отсоса вредных веществ может быть выбран с учётом интенсивности выделения этих веществ, места расположения технологического оборудования, объёма производственного помещения и других аналогичных параметров.

По требованию 6.6.4 и 6.6.5 дана ссылка только на ГОСТ 12.1.005 [3] и требования санитарных правил и норм [11].

Требование 6.6.4 Отходы производства хранят в специальной таре в местах, предназначенных для этой цели, согласно санитарным правилам и нормам [8].

Требование 6.6.5 Хранение и удаление при ТО и ремонте материалов и веществ из машин и технологического оборудования с опасными и вредными выделениями осуществляют способами в соответствии с ГОСТ 12.1.005 [3] и требованиями санитарных правил и норм [11, 12], исключающими попадание таких материалов и веществ в почву, водоёмы, канализацию, водопроводную систему, травмирование, интоксикацию, загрязнение воздуха, возгорание, взрыв и другие неблагоприятные последствия, а также в соответствии с требованиями нормативных документов государств, проголосовавших за принятие настоящего стандарта.

Здесь «Перевозка материалов и веществ с опасными и вредными выделениями» заменена на «Хранение и удаление при ТО и ремонте материалов и веществ из машин и технологического оборудования с опасными и вредными выделениями».

Сопоставляя эти требования, можно сказать, что требование 6.6.4 дублирует требование 6.6.5 в части хранения отходов производства. Кроме того, требование 6.6.4, по существу, отражает два способа реализации требования 6.6.5: а) Отходы производства хранят в специальной таре; б) Отходы производства хранят в местах, предназначенных для этой цели.

В связи с этим требования 6.6.4 и 6.6.5 следовало бы объединить, поскольку они отражают соответственно хранение и транспортирование, которые связаны между собой технологически.

Транспортирование промышленных отходов вне предприятия осуществляется всеми видами транспорта. Перевозки отходов от основного предприятия к вспомогательным производствам и на полигоны складирования осуществляются специально оборудованным транспортом основного производителя или специализированных транспортных фирм. Конструкция и условия эксплуатации специализированного транспорта должны исключать возможность аварийных ситуаций, потерь и загрязнений окружающей среды по пути следования и при перевалке отходов с одного вида транспорта на другой [19].

В соответствии с ГОСТ 20793-2023 требования охраны окружающей среды сводятся к следующим положениям. Все отработанные нефтепродукты подлежат обязательному сбору в целях охраны окружающей среды от загрязнения. Не допускается слив отработанных нефтепродуктов на землю, в водоемы и канализационные системы. Отработанные нефтепродукты подлежат сдаче на пункты сбора отработанных нефтепродуктов для подготовки к последующей переработке или утилизации.

В части хранения и транспортирования отработанных нефтепродуктов ГОСТ 20793-2023 предусматривает следующие требования. Нефтепродукты каждой марки следует хранить в отдельных стационарных или передвижных металлических резервуарах, исключающих попадание в них атмосферных осадков и пыли. Нефтепродукты в таре следует хранить на стеллажах, поддонах или в штабелях в крытых складских помещениях, под навесом или на стационарной площадке, защищённой от действия прямых солнечных лучей и атмосферных осадков. Тару с нефтепродуктами устанавливают пробками вверх. На ёмкости и тару наклеивают бумажную этикетку либо делают надпись, содержащую, кроме общих сведений, надпись «Огнеопасно» [6].

Требование 6.6.6 Производственные (рабочие, монтажные) площадки, на которых выполняют работы ТО, ремонта тракторов, машин, должны соответствовать требованиям санитарных правил и норм согласно [12]. Это требование не изменилось.

Применительно к объектам ТО машин под термином «Площадка» можно подразумевать пункт ТО, например, в помещении мастерской или гаража, а также собственно площадку для ТО машин на местах их использования – в поле. Если считать, что требование 6.6.6 касается обеих площадок, то есть одна из них – в стационарных условиях (в помещении), а другая – в полевых. В подразделе 1.2 санитарных правил и норм [10, 12], из которого следует, что санитарные правила распространяются на показатели микроклимата на рабочих местах всех видов производственных помещений. При этом производственная площадка для ТО машин в поле представлена вне помещения. Вместе с тем по ГОСТ 20793-2023 [8] на местах работы машин (в поле) допускается проведение простых видов ТО, к которым относятся ТО-1 и ТО-2. Данное положение традиционно соблюдается на практике в напряжённый весенне-летний период полевых работ.

Результаты изменений требований ООС сведены в таблицу, которая разделена на два столбца: первый показывает требования ООС по ГОСТ 20793-2009, второй – изменения и дополнения в ГОСТ 20793-2023.

Таким образом, требования ООС представлены и проанализированы в тексте – в пунктах в 6.6.1, 6.6.2, 6.6.3, 6.6.4, 6.6.5, 6.6.6, по нумерации соответствующих ГОСТ 20793-2009 и ГОСТ 20793-2023, а их изменения даны в таблице.

Таблица – **Изменение требований ООС по ГОСТ 20793-2023 в сравнении с ГОСТ 20793-2009**

Пункты требований	Требования ООС по ГОСТ 20793-2009	Изменения к требованиям ООС по ГОСТ 20793-2023
1	2	3
6.6.1	Перед снятием с трактора или машины агрегатов жидкость, находящуюся в них, сливают в специальные закрытые ёмкости по ГОСТ 12.2.002, ГОСТ 12.2.019, ГОСТ 18523, ГОСТ 18524.	Термин «Жидкость» заменили на «Масло и технологическую жидкость». Исключены ссылки на ГОСТ 18523 и ГОСТ 18524.
6.6.2	-	На тракторах и машинах, прошедших техническое обслуживание, подтекания электролита, топлива, масел, охлаждающей и тормозной жидкости не допускаются.
6.6.3	Технические выбросы, удаляемые местными отсосами от технологического оборудования, ядовитые газы, пары, которые выделяются при техническом обслуживании тракторов и машин, подвергают очистке перед выбросом их в атмосферу, с тем чтобы концентрация вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, не превышала допустимого предела санитарных норм, указанных в ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 17.2.2.02. ГОСТ 17.2.2.05.	Словосочетание «Технические выбросы» заменено на «Вредные газы». ГОСТы 17.2.2.02. 17.2.2.05 исключены из текста.
6.6.4	Отходы производства хранят в специальной таре, в местах, предназначенных для этой цели, согласно [2].	Совпадает.
6.6.5	Хранение и перевозку материалов и веществ с опасными и вредными выделениями осуществляют способами, исключающими их попадание в почвы, водоемы, канализацию, водопроводную систему, травмирование, интоксикацию, загрязнение, возгорание, взрыв или другие неблагоприятные последствия по ГОСТ 12.1.005 [2].	Отмечено, что на хранение и удаление при ТО и ремонте материалов и веществ из машин и технологического оборудования с опасными и вредными выделениями осуществляют способами в соответствии с ГОСТ 12.1.005 и требованиями санитарных правил и норм [2], исключающими попадание таких материалов и веществ в почву, водоемы, канализацию, водопроводную систему, травмирование, интоксикацию, загрязнение воздуха, возгорание, взрыв и другие неблагоприятные последствия, а также в соответствии с требованиями нормативных документов государств, проголосовавших за

Окончание таблицы 1

1	2	3
		принятие настоящего стандарта.
6.6.6	Производственные (рабочие, монтажные) площадки, на которых выполняют работы по ТО тракторов и машин, должны соответствовать требо-ваниям санитарных правил и норм согласно [3].	В это требование, кроме ТО, включен ремонт.

Таким образом, требования ООС представлены и проанализированы в тексте – в пунктах в 6.6.1, 6.6.2, 6.6.3, 6.6.4, 6.6.5, 6.6.6, по нумерации соответствующих ГОСТ 20793-2009 и ГОСТ 20793-2023, а их изменения даны в таблице.

Выводы: 1. В ходе совершенствования ГОСТ 20793-2009 по разделу «Требования охраны окружающей среды» из его содержания исключены следующие стандарты: ГОСТ 18523, ГОСТ 18524, ГОСТ 17.2.2.02 и ГОСТ 17.2.2.05. Одновременно с этим в ГОСТ 20793-2023 внесены уточнённые термины и дано дополнение относительно площадок для ремонта машин.

2. В целом, изменение требований охраны окружающей среды, как и других разделов, направлено на улучшение качества выполнения операций технического обслуживания и охраны окружающей среды.

Список литературы

1. ГОСТ 12.3.002. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности (взамен ГОСТ 12.3.002-75). – Москва : Стандартинформ, 2016. – 18 с.

2. ГОСТ 12.2.019. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 18 с.

3. ГОСТ 12.1.005. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Москва : Стандартинформ, 2001. – 58 с.

4. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 12.0.002-74; введ. 1982-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

5. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. введ. 1991. – М. : Стандартинформ, 1991. – 29 с.

6. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Введ. 1980-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 11 с.

7. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-86; введ. 2011-05-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

8. ГОСТ 20793-2023. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-09; введ. 2023-07-01. – М. : Стандартинформ, 2023. – 39 с.

9. *Горбунова, Т.Л.* Оперативный контроль потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в АПК: дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / *Т.Л. Горбунова* – Новосибирск, 2022. – 157 с.

10. *Поздняков, Н.А.* Разработка устройства для слива масла из картера ДВС / *Н.А. Поздняков, П.И. Ильин* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции : в IV томах, Иркутск, 17-18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 128 - 134.

11. *Рожков, Д.М.* Оценка вероятности реализации на головной нефтеперекачивающей станции аварийных ситуаций, протекающих по различным сценариям / *Д.М. Рожков, П.И. Ильин, С.Н. Шуханов* // Наука в центральной России. – 2023. – № 5 (65). – С. 119 - 126. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-5-119-126.

12. СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Санитарно-эпидемиологические правила: от 20 мая 2003 г. Меганорм : [сайт], – https://docs.cntd.ru/document/901865870.

13. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: от 20 мая 2004 г. Меганорм : [сайт], – https://sled35.ru/upload/doc/1322.pdf.

14. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; от 1996г. Меганорм : [сайт], https://docs.cntd.ru/document/901704046.

15. *Сергеев, А.Л.* Технология очистки внутренних поверхностей резервуаров от остатков нефтепродуктов / *А.Л. Сергеев, А.И. Аносова, П.И. Ильин* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции : в IV томах, Иркутск, 17-18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 192 - 198.

16. Трактор CLAAS. AXION 840-820-810 CMATIC-CEBIS. Инструкция по эксплуатации SERVICE&PARTS AXION 800. – CMatic – Cebis, 2009. – 476 с.

17. Трактор John Deere (8130, 8230, 8330, 8430, 8530). Руководство по эксплуатации. – Мангейм : John Deere Waterloo Works, 2013. – 384 с.

18. Трактор MAJOR 80: руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию тракторов [Электронный ресурс]. – Брно: АО «ZETOR TRACTORS», 2014. – 114 с. – Режим доступа: http://www.zetor-ug.com/uploads/2/5/4/6/25469172/major.pdf.

19. Трактор Агромаш-90ТГ: руководство по эксплуатации А90.00.001 РЭ. – Барнаул : ОАО «Алтайский моторный завод», 2012. – 220 с.

20. Трактор ДТ-75М «Казахстан»: техническое описание и инструкция по эксплуатации 85А.00004ТО. – Алма-Ата : Кайнар, 1982. – 256 с.

21. Тракторы «Беларусь» МТЗ-100, МТЗ-102, МТЗ-80А, МТЗ-82А: техническое описание и инструкция по эксплуатации / Э.А. Бомберов [и др.]. – Мн. : Ураджай, 1987. – 352 с.

22. *Хабардин, В.Н.* Потери топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании машин: монография / *В.Н. Хабардин, Т.Л. Горбунова.* – Москва: ООО «Русайнс», 2024. – 150 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61784451.

Сведения об авторах

Горбунова Татьяна Леонидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общеинженерные дисциплины инженерного факультета ИрГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89149409674, g.tatyana68@mail.ru).

Хабардин Василий Николаевич – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru).

Information about the authors

Gorbunova Tatyana L. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines, faculty of engineering, IrSAU (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89149409674, g.tatyana68@mail.ru).

Khabardin Vasily N. – honored inventor of the russian federation, doctor of technical sciences, professor of the department of operation of machine and tractor fleet, life safety and professional training of the faculty of engineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru).

УДК 629.113

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПОДВЕСКИ СИЛОВОГО АГРЕГАТА АВТОМОБИЛЯ

И.Д. Деньгин, С.Н. Кривцов, Д.С. Наседкин

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия

Аннотация. При проектировании упругодемфированных опор большое внимание уделяется их динамическим характеристикам – жёсткость и демфированию. Эти характеристики оказывают влияние на вибрационное состояние двигателя. В данной статье рассмотрены методики определения коэффициента демпфирования и жёсткости опор двигателя внутреннего сгорания. Представленные результаты определения демпфирующих свойств подвески реального силового агрегата. А также дана оценка влияния демпфирующих свойств подсевки силового агрегата на показания бокового ускорения блока двигателя.

Ключевые слова: Диагностика двигателя, боковое ускорение, жёсткость, коэффициент демпфирования.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE DAMPING PROPERTIES OF THE SUSPENSION OF THE POWER UNIT OF A CAR

I.D. Dengin, S.N. Krivtsov, D.S. Nasedkin

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

Annotation. When designing elastically damped supports, much attention is paid to their dynamic characteristics – rigidity and damping. These characteristics affect the vibration state of the engine. This article discusses methods for determining the damping coefficient and stiffness of internal combustion engine mounts. The results of determining the damping properties of the suspension of a real power unit are presented. An assessment of the influence of the damping properties of the power unit mount on the lateral acceleration readings of the engine block is also given.

Key words: Engine diagnostics, lateral acceleration, stiffness, damping coefficient.

Введение. Двигатели внутреннего сгорания по-прежнему являются основным источником энергии для автомобилей и спецтехники. В процессе эксплуатации происходят изменения технических характеристик двигателя, которые влияют на эксплуатационные характеристики всех узлов автомобиля: потеря мощности, увеличение вибрационных нагрузок, неравномерность работы двигателя и т.д. Это неизбежно сказывается на комфортности управления автомобилем. Поэтому вполне естественно, что многие исследователи заинтересованы в определении вибрации кузова и силовых агрегатов автомобиля [7]. Повышенная вибрация и неустойчивость работы силового агрегата могут быть вызваны не только изменением демпфирующих характеристик подвески двигателя, но и нарушением технических характеристик из-за снижения мощности цилиндров (например, пропуски зажигания, снижение компрессии). Ввиду чего была разработана математическая модель процесса формирования бокового ускорения блока, учитывающая характеристики подвески силового агрегата. [5] Ключевым элементом подвески силового агрегата является опора, предназначенная для снижения вибраций и шумов, возникающих в процессе работы двигателя, а также для защиты кузова автомобиля от негативных воздействий. Опоры двигателя обладают двумя основными параметрами – жёсткость и коэффициент демпфирования, которые в свою очередь зависят от технического состояния самих опор. В дальнейшем эти значения применяются в разработанной авторами математической модели процесса формирования бокового ускорения блока цилиндров [3] и методе диагностирования [2, 4].

Теоретические предпосылки. Для определения коэффициента демпфирования была взята общеизвестная методика определения коэффициента демпфирования шины, разработанная в НАМИ [7]. И произведена её адаптация для определения коэффициента демпфирования опор двигателя.

Коэффициент демпфирования получают путём обработки записей искусственно возбуждаемых свободных затуханий опоры двигателя (рисунок 1).

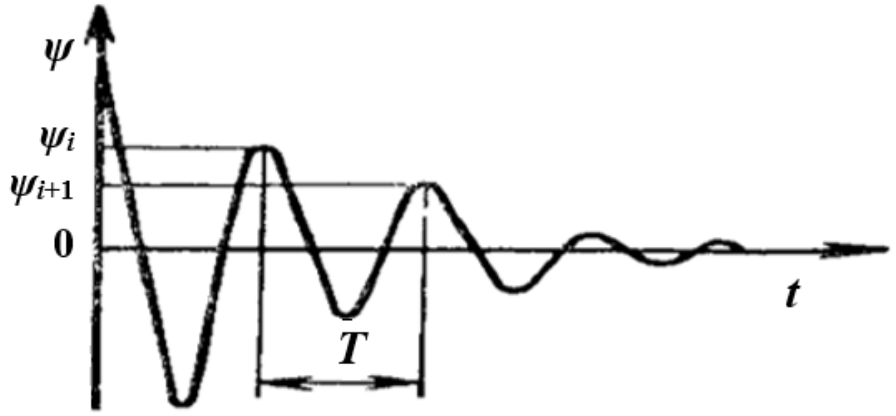


Рисунок 1 – **График свободных колебаний опоры двигателя**

Определение коэффициента демпфирования происходит на специально разработанной установке (рисунок 2). Балка 2 с закреплённым на ней грузом 3 имеющим массу 3 кг, шарнирно закреплены на стойке 1. При испытаниях балка поднимается вверх на высоту 50 см от точки приложения к опоре двигателя и

затем падает, вызывая свободные колебания системы. Свободные колебания регистрируются тензометрическим датчиком 4, собранным в одном корпусе с площадкой для установки опоры двигателя.

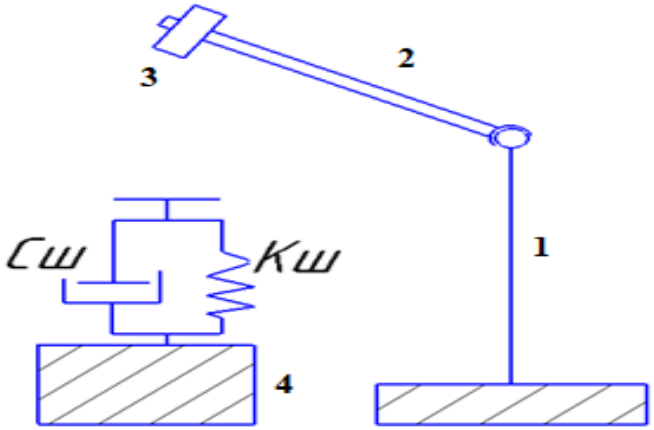


Рисунок 2 – **Схема установки для создания возмущающего воздействия на опору двигателя**

Коэффициент демпфирования находили из выражения;

$$k_{\text{ш}} = \frac{2J_c \ln\frac{\Psi_i}{\Psi_{i+1}}}{L_0^2 T}, \quad (1)$$

где J_c – момент инерции относительно оси качания;
L_0^2 – расстояние от оси качания до оси опоры;
T – условный период колебания;
ψ_i и ψ_{i+1} – амплитуды угловых колебаний оси опоры относительно оси качания стенда.

Период T и логарифмический декремент $ln\frac{\psi_i}{\psi_{i+1}}$ определяют по записям колебаний опоры, а момент инерции системы подсчитывают как сумму моментов инерции балки, опоры двигателя и груза относительно оси качания.

Для определения жёсткости опор двигателя был применён закон Гука:

$$F = \Delta x k \Rightarrow k = \frac{F}{\Delta x}, \quad (2)$$

где F – сила сжатия опоры двигателя;
Δx – абсолютное сжатие опоры двигателя;
k – жёсткость опоры двигателя.

Материалы и методы. Определение коэффициента демпфирования производилось на специально разработанной установке (рисунок 3а), принцип работы которой был описан в первой части статьи. В собранной установке был использован тензометрический датчик для обеспечения высокой точности измерения и проведена его тарировка в составе собранного стенда (рисунок 3б).

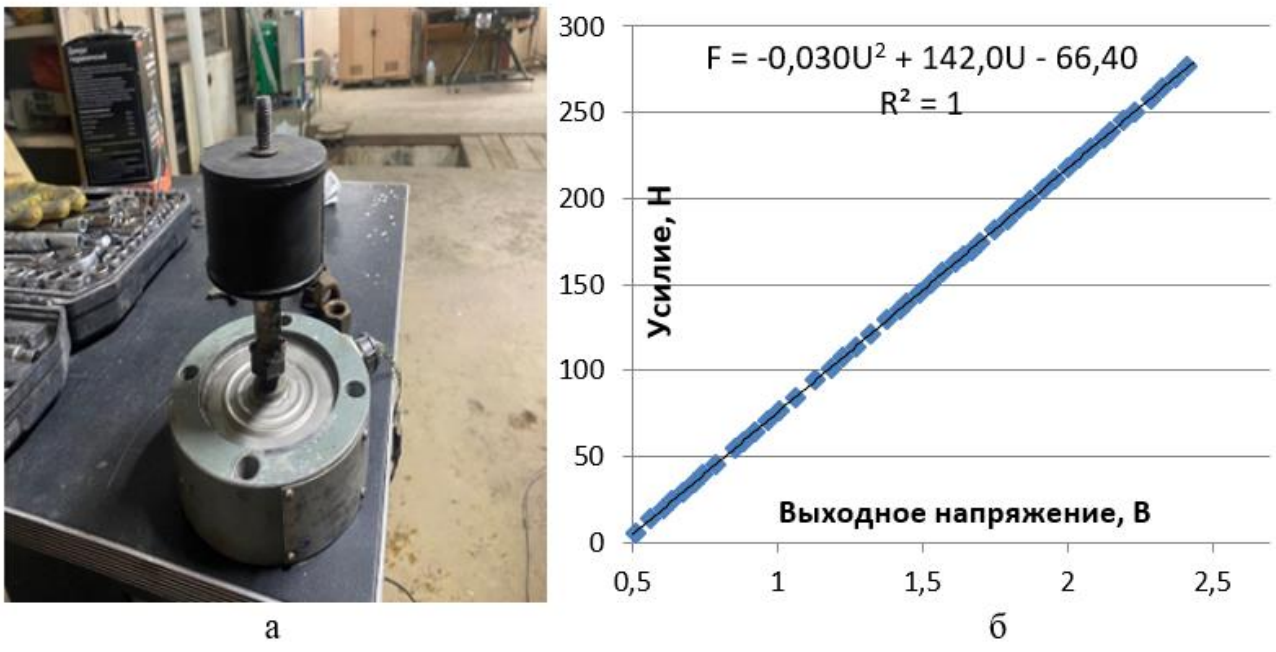


Рисунок 3 – **а) Внешний вид стенда с установленной опорой, б) График тарировки тензометрического датчика**

Жёсткость опоры двигателя была получена при помощи пресса, установленного в лаборатории диагностики автомобильного транспорта ИрНИТУ (рисунок 4а). Демонтированная опора двигателя 1, установлена на пресс 2, оборудованный манометром 3. Контроль изменения абсолютного сжатия опоры производился при помощи высокоточного цифрового штангенциркуля (рисунок 4б).



Рисунок 4 – **а) Внешний вид пресса с установленной опорой, б) Внешний штангенциркуля**

Результаты и обсуждения. По результатам воздействия на опору двигателя при помощи стенда был получен график свободных колебаний опоры двигателя (рисунок 5). Обработка графика согласно предложенной в данной статье методике позволила определить коэффициент демпфирования для исследуемой

опоры 3,2 Нс/м. Полученное значение соответствует новой исследуемой опоре двигателя.

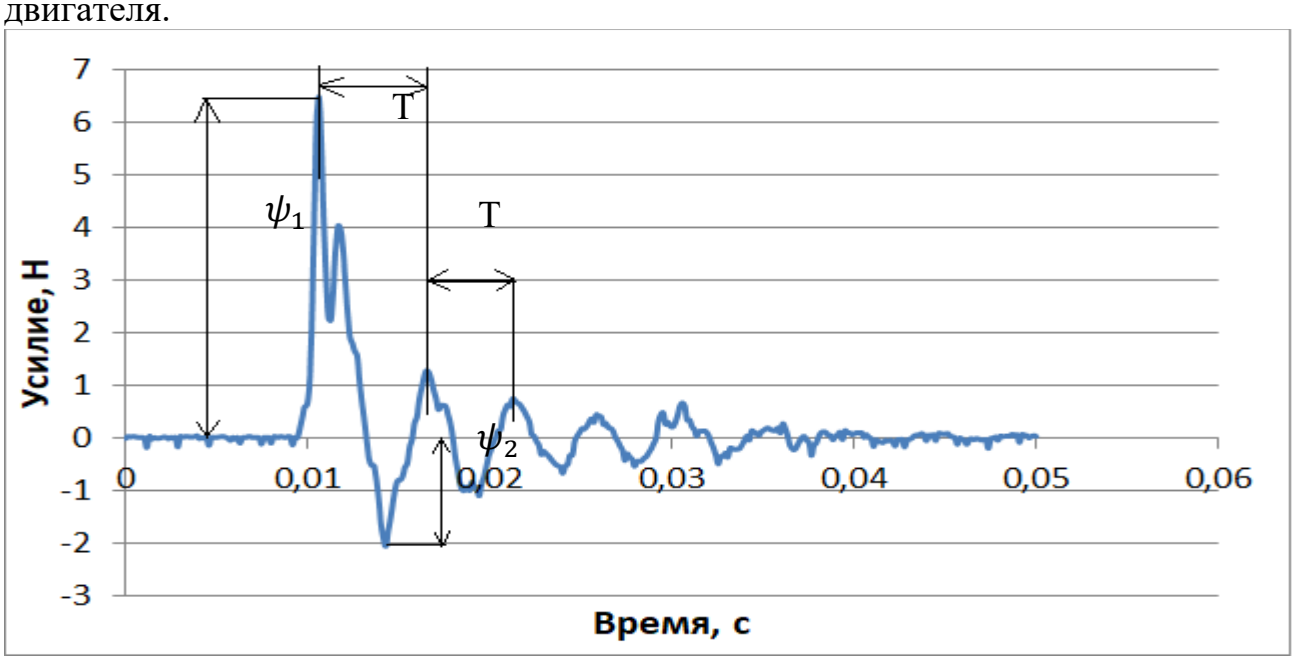


Рисунок 5 – **График свободных колебаний исследуемой опоры двигателя**

Жёсткость исследуемой опоры (рисунок 6) была получена по результатам последовательного нагружения и разгружения опоры прессом с шагом в 1000 Н с измерением деформации. Полученная зависимость позволила определить жёсткость исследуемой опоры 175Н/м.

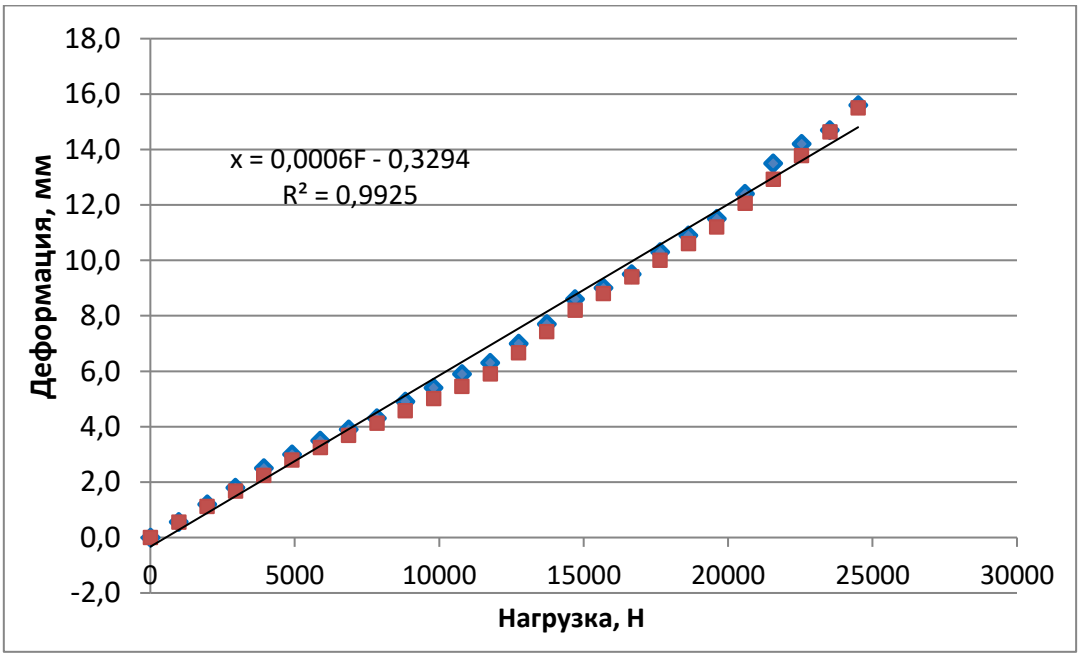


Рисунок 6 – **График нагружения и разгружения исследуемой опоры двигателя**

Выводы: 1. Разработанная методика позволяет определить ключевые свойства опор двигателя, такие как жёсткость и коэффициент демпфирования.

2. Для исследуемой опоры были получены значения жёсткости 175 Н/м и коэффициента демпфирования 3,2 Нс/м. В дальнейшем исследование будет

направлено на установление зависимостей данных параметров от температурных режимов в т.ч. окружающей среды.

Список литературы

1. *Елтошкина, Е.В.* Задача конструирования виброзащитной системы твёрдого тела / *Е.В. Елтошкина, П.И. Ильин, Н.О. Шелкунова* // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81 - 1. – С. 102 - 109.

2. *Кривцов, С.Н.* Результаты экспериментального исследования метода диагностики двигателя на основе анализа бокового ускорения блока двигателя / *С.Н. Кривцов, И.Д. Деньгин* // В сборнике: Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации. Материалы 116-й Международной научно-технической конференции. Улан-Удэ, 2023. С. 93 - 98.

3. *Кривцов, С.Н.* Математическая модель процесса формирования бокового ускорения блока цилиндров, вызванного реактивным моментом / *С.Н. Кривцов, И.Д. Деньгин* // Грузовик. 2024. № 9. С. 3 - 9.

4. *Кривцов, С.Н.* Результаты экспериментального исследования по определению влияния момента зажигания и впрыска, а также работоспособности цилиндров автомобильного двигателя на величину боковых ускорений блока цилиндров / *С.Н. Кривцов, И.Д. Деньгин, В.А. Данилов, А.Г. Шипицын, З.И. Ваганов* // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2024. № 13. – С. 157 - 164.

5. *Сафронов, П.В.* Методика расчёта динамического поведения четырехцилиндрового двигателя на упругих опорах при работе на холостом ходу / Вестник МАДИ (ГТУ) выпуск № 3, Москва 2008. С 26 - 32.

6. *Свирбутович, О.А.* Исследование зависимости смещения тела и амплитуды управления колебаниями объекта виброзащиты колесных транспортных средств / *О.А. Свирбутович, Е.В. Елтошкина, П.И. Ильин* // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 2 (133). – С. 230 - 239. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-2-230-239.

7. *Цимбалин, В.Б.* Испытания автомобилей / *В.Б. Цимбалин, В.Н. Кравец, С.М. Кудрявцев, И.Н. Успенский, В.И. Песков* // Испытания автомобилей. М. : «Машиностроение», 1978. – 199 с.

8. Evaluation of the limit properties of a solid body system / , , [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 632. – Irkutsk : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012023. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012023.

Сведения об авторах

Деньгин Игорь Димитриевич – аспирант кафедры Автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, Лермонтова, 83, тел.: 89501012714 Igor38irk@yandex.ru.

Кривцов Сергей Николаевич – доктор технических наук, доцент кафедры Автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, Лермонтова, 83, krivcov_sergei@mail.ru.

Наседкин Даниил Сергеевич – магистрант гр. ТЭАМ-23 ФГБОУ ИРНИТУ.тел.: +79500874515, E-mail: explslim@gmail.com.

Information about the authors

Dengin Igor D. – postgraduate student of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university, Russia, Irkutsk, Lermontov, 83, tel.: 89501012714 Igor38irk@yandex.ru.

Krivtsov Sergey N. – doctor of technical sciences, associate professor of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university, Russia, Irkutsk, Lermontov, 83, krivcov_sergei@mail.ru.

Nasedkin Daniil S. – magistrant TEAM-23 INRTU. +79500874515 E-mail: explslim@gmail.com.

УДК 631.3.004:631.173.6

К ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА С УЧЁТОМ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

П.И. Ильин, А.И. Аносова, Ц.В. Цэдашиев, Г.М. Бураева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье освещены вопросы, связанные с рассмотрением процесса производственно-технической эксплуатации (ПТЭ) машинно-тракторного парка (МТП), исследованием и уточнением структуры ремонтно-обслуживающих воздействий на машины при существующей организации их ремонта. Недостатки в организации технического обслуживания и ремонта техники приводят к повышению расходов на её содержание и себестоимости производимой продукции. В связи с тем, что исследуемые в данной работе параметры являются суммарным эффектом действия многих факторов, то при анализе и обобщении статистического материала использованы методы математической статистики и теории вероятностей. Приводится методика оценки эффективности функционирования системы производственно-технической эксплуатации машинно-тракторного парка с использованием в качестве критерия чистого дисконтированного дохода (ЧДД), учитывающего помимо затрат и результаты деятельности машин. Полученная модель позволяет разработать структуру ремонтно-обслуживающего цикла применительно к условиям эксплуатации и на этой основе получить рациональные значения периодичности обслуживания машин в зависимости от загрузки системы сервиса в течение рассматриваемого периода.

Ключевые слова: Производственно-техническая эксплуатация, математическая модель, машинно-тракторный агрегат, трудоёмкость обслуживания, периодичность обслуживания, ремонтно-обслуживающие воздействия.

TO THE ASSESSMENT OF PRODUCTION AND TECHNICAL OPERATION MACHINE AND TRACTOR FLEET WITH ACCOUNT OF THE UNDERTAKING PREVENTIVE ACTION

P.I. Ilyin, A.I. Anosova, Ts.V. Tsedashiev, G.M. Buraeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article covers issues related to the consideration of the process of industrial and technical operation (ITO) of the machine and tractor fleet (MTF), research and clarification of the structure of repair and maintenance impacts on machines with the existing organization of their repair. Deficiencies in the organization of technical maintenance and repair of equipment lead to an increase in the cost of its maintenance and the cost of manufactured products. Due to the fact that the parameters studied in this work are the cumulative effect of many factors, the methods of mathematical statistics and probability theory were used in the analysis and generalization of statistical material. The methodology for assessing the efficiency of the system of industrial and technical operation of the machine and tractor fleet is presented using the net present value (NPV) as a criterion, which takes into account, in addition to costs, the results of the machines' activities. The obtained model

allows us to develop the structure of the repair and maintenance cycle in relation to operating conditions and, on this basis, to obtain rational values for the frequency of machine maintenance depending on the load of the service system during the period under consideration.

Key words: Industrial and technical operation, mathematical model, machine-tractor unit, labor intensity of maintenance, frequency of maintenance, repair and maintenance impacts.

Введение. Рациональная периодичность обслуживания влияет не только на стоимость обслуживания, но и на эффект от использования машин, то есть на эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов и на получаемый доход от их использования [1, 10].

Цель. Разработка модели функционирования системы производственно-технической эксплуатации машинно-тракторного парка с учётом проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий.

Методика решения и обсуждение результатов. Период времени *t* использования МТА на полевых механизированных работах задаётся агротехническими сроками начала t_k и окончания t_k^* технологических процессов, а также условиями их проведения на каждом из *k* участков. Каждый *j*-й МТА в группе машин выполняет *i*-е операции.

Объём работы (усл.эт.га) МТА на *i*-ой операции выразится следующей формулой:

$$g_k = \left[\sum G_{ijk}^n(S) \cdot m_{ijk}^n \cdot \left(P_{ijk}^n - \Pi_{bijk}^{nb}\right)\right], \quad (1)$$

при $k = 1, CK$; $n = 1, N$; $i = i, I$; $j = 1, J$; $b = 1, B$; $t = 1, T$,

где *n* – порядковый номер смены;

j – порядковый номер машины, выполняющей *i*-й вид операции;

k – порядковый номер участка;

b – вид и порядковый номер профилактического мероприятия;

$G_{ijk}^n(S)$ – часовая эксплуатационная производительность как функция от наработки *S* машины *j*-го номера, выполняющей *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, га/ч;

m_{ijk}^n – количество машин *j*-го номера, выполняющих *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену;

P_{ijk}^n – фонд времени работы машины *j*-го номера, выполняющей *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, ч;

Π_{bijk}^{nb} – продолжительность проведения планового профилактического мероприятия *b*-го вида машины *j*-го номера, выполняющей *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, ч.

За одну смену работы МТА можно получить следующий результат:

$$R = g_k R_{\text{ож}}, \quad (2)$$

где $R_{ож}$ – ожидаемые результаты работы МТА на *k*-м участке, усл.эт.га.

При этом затраты за смену можно определить по формуле:

$$C^{\text{м}} = g_k \, C_k^{\text{м}}, \quad (3)$$

где $C_k^{\text{м}}$ – затраты на единицу продукции МТА, выполняющего работы на *k*-м участке, руб.

Для МТА, выполняющего работы на *k*-м участке, сумма себестоимостей сменной работы может быть определена по следующей формуле:

$$Cg = \sum\sum \Sigma\left(m_{ijk}^{n} \cdot C_{ijk}^{n}\right) \cdot \left(P_{ijg}^{n} - \Pi_{ijk}^{nb}\right), \quad (4)$$

где C_{ijk}^{n} – себестоимость моточаса МТА *j*-го номера, выполняющего *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену.

Составляющие себестоимости моточаса МТА:

$$C_{ijk}^{n} = C_{ijk}^{nA} + C_{ijk}^{nP} + C_{ijk}^{nTO} + C_{ijk}^{nЗам} + C_{ijk}^{nOT} + C_{ijk}^{nЭ} + C_{ijk}^{nM} + C_{ijk}^{nTp}, \quad (5)$$

где C_{ijk}^{nA}, C_{ijk}^{nP}, C_{ijk}^{nTO}, $C_{ijk}^{nЗам}$, C_{ijk}^{nOT}, $C_{ijk}^{nЭ}$, C_{ijk}^{nM}, C_{ijk}^{nTp} соответственно – амортизационные отчисления; затраты на ремонт и ТО; затраты на замену быстроизнашивающихся деталей; затраты на оплату труда операторов-машинистов; затраты на энергоносители; затраты на смазочные материалы; затраты на переезд машины *j*-го номера с поля на поле, выполняющей *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену.

Тогда формула (4) примет вид:

$$C_g = \sum\sum \left(m_{ijk}^{n} \cdot C_{ijk}^{nA} + C_{ijk}^{nP} + C_{ijk}^{nTO} + C_{ijk}^{nЗам} + C_{ijk}^{nOT} + C_{ijk}^{nЭ} + C_{ijk}^{nM} + C_{ijk}^{nTp}\right) \cdot \left(P_{ijg}^{n} - \Pi_{ijk}^{nb}\right). \quad (6)$$

Прибыль (в руб.) от работы МТА на *k*-х участках в *n*-ю смену может быть получен следующим образом [11]:

$$D_k = [(R - C^{м}) - Cg] \cdot \alpha_k \quad (7)$$

и

$$D_k = \sum_{k=1}^{K}\left\{min\left[\sum_{j=1}^{J}(G_{ijk}^{n}(S)m_{ijk}^{n}(P_{ijk}^{n} - П_{ijk}^{nb}))\right] \cdot (R_{ожс} - C_{k}^{м}) - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(C_{ijk}^{n}m_{ijk}^{n}(P_{ijk}^{n} - П_{ijk}^{nb}))\right\}\frac{1}{(1+E)^{n}}, \quad (8)$$

где α_k – коэффициент дисконтирования;

E – норма дисконта.

Минимальная суммарная производительность *j*-го МТА, выполняющего *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, должна быть больше или равна заданному сменному объёму механизированных работ:

$$G_{см}^{n} \leq \min \sum G_{ijk}^{n} \cdot (S) \cdot m_{ijk}^{n} \cdot \left(P_{ijk}^{n} - \Pi_{ijk}^{nb}\right). \quad (9)$$

Суммарная продолжительность ремонтно-обслуживающих воздействий МТА *j*-х номеров не должна превышать назначенной (нормативной) продолжительности этих мероприятий [5], то есть:

$$t_{TOP}^{н} \geq \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} П_{ijk}^{nb}. \quad (10)$$

Таким образом, рассматривая одновременно процессы производственной и технической эксплуатации машин, можно определить величину наработки между ремонтно-обслуживающими воздействиями, которая будет определяться максимальным значением ЧДД. Система уравнений, представляющая собой математическую модель ПТЭ МТП примет вид:

$$\begin{cases} \sum_{n=1}^{N\Sigma} D_k \to max \\ D_k = \sum_{k=1}^{K} \begin{Bmatrix} min\left[\sum_{j=1}^{J}\left(G_{ijk}^{n}(S)m_{ijk}^{n}\left(P_{ijk}^{n} - П_{ijk}^{nb}\right)\right)\right]\cdot \\ (R_{ожс} - C_k^{м}) - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(C_{ijk}^{n}m_{ijk}^{n}(P_{ijk}^{n} - П_{ijk}^{nb})) \end{Bmatrix}^{\frac{1}{(1+E)^n}} \\ G_{см}^{n} \le min\left[\sum G_{ijk}^{n}(S)m_{ijk}^{n}(P_{ijk}^{n}П_{ijk}^{nb})g_k\right] \\ прik = 1,K; n = 1,N; i = i,I; j = 1,J; b = 1,B. \end{cases} \quad (11)$$

$$t_{TOP}^{н} \ge \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} П_{ijk}^{nb}.$$

Полученная модель позволяет разработать структуру ремонтно-обслуживающего цикла применительно к условиям эксплуатации и на этой основе получить рациональные значения периодичности обслуживания МТА в зависимости от загрузки системы сервиса в течение рассматриваемого периода [7].

Модель позволяет учесть особенности функционирования двух взаимосвязанных подсистем, что делает её эффективным инструментом управления ПТЭ МТП.

Исходя из того, что около 80 % трудоёмкости и расхода средств приходится на период использования и только 20 % отнесены к остановкам МТА на ТО и ремонт [1, 12], более гибким является подход к планированию рациональной периодичности технического и ремонтного обслуживания с учётом эксплуатационной производительности МТА [9]. Рациональная периодичность обслуживания влияет не только на стоимость обслуживания, но и на эффект от использования машин, т.е. на эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов и на получаемый доход от их использования [11].

Известно, что с повышением наработки машины её эксплуатационная производительность снижается, так как увеличивается время обслуживающих мероприятий вследствие необратимых процессов старения и утраты качества. Недополученная от этого прибыль определяется по формуле:

$$П_{ijk}^{n} = \Delta П_{ijk}^{n} \cdot n_t \cdot Ц, \quad (12)$$

где $П_{ijk}^{n}$ – недополученная прибыль МТА *j*-го номера, выполняющего *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, руб.;

$\Delta П_{ijk}^{n}$ – утраченная, в результате снижения качества машины, часть потенциальной эксплуатационной производительности МТА *j*-го номера, выполняющего *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену, т/ч;

n_t – количество обслуживаний МТА в межремонтном $T_{мр}$ периоде;

Ц – цена единицы продукции, производимой МТА, руб.

При этом:

$$n_t = \frac{T_{мр}}{t_{ijk}^{nb}}, \quad (13)$$

где t_{ijk}^{nb} – продолжительность *b*-х ремонтно-обслуживающих воздействий МТА *j*-го номера, выполняющего *i*-й вид операции на *k*-м участке в *n*-ю смену в межремонтном $T_{мр}$ периоде, ч;

Коэффициент продолжительности периода между обслуживаниями определяется по формуле:

$$K_{ijk}^{nb} = \frac{1}{t_{ijk}^{nb}}. \quad (14)$$

В соответствие с Комплексной системой ТО и ремонта машин в сельском хозяйстве [5] и Концепции развития технического сервиса в сельском хозяйстве Российской Федерации [6] для различных машин приняты следующие виды ремонтно-обслуживающих воздействий: ежесменное техническое обслуживание (ЕТО), периодические ТО (ТО-1, ТО-2, ТО-3), сезонные ТО (СТО), ТО при хранении, текущий ремонт (ТР) и капитальный ремонт (КР).

Структуры ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ) по видам машин неодинаковы и назначаются заводами изготовителями, т.е. обусловлены уровнем развития сельхозмашиностроения и меняются вместе с ним [8]. При этом следует отметить, что назначение ремонтных циклов, их структура и продолжительность зависят от особенностей и условий машиноиспользования, определяющих уровень ПТЭ МТП. Наиболее существенно реагируют на изменение уровня эксплуатации машины, имеющие по 10 и более лет службы в хозяйствах [2]. Для таких машин корректировка нормативных наработок между техническими и ремонтным обслуживаниями для зональных условий может проводиться по формуле:

$$t_{TOP}^{к} = t_{TOP}^{н} \cdot У_{птэ}, \quad (15)$$

где $t_{TOP}^{к}$ – скорректированная наработка между РОВ, мото-ч;
$t_{TO}^{н}$ – нормативная наработка между РОВ, мото-ч;
$У_{птэ}$ – уровень ПТЭ в зоне эксплуатации машин.

Откорректированные нормативные наработки (таблица 1) между техническими обслуживаниями и ремонтами для Байкальского региона эксплуатации МТП в процентах от длительности цикла составят: для тракторов ТО-1 – 2,08, ТО-2 – 8,33, ТО-3 – 16,67, $ТР_{п}$ – 33,33 с коэффициентами цикличности соответственно 36, 6, 5, 2.

Таблица 1 – **Структура ремонтно-обслуживающих воздействий по тракторам**

Вид обслуживания	Нормативная периодичность обслуживания	Скорректированная периодичность обслуживания	В % от длительности цикла	Количество РОВ (коэффициент цикличности)	Код РОВ
ТО – 1	125	87,5	2,08	36	36-6-5-3-1
ТО – 2	500	350	8,33	6	
ТО – 3	1000	700	16,67	5	
ТР	2000	1400	33,33	3	
КР	6000	4200	100	1	

При ситуационном подходе к определению периодичности обслуживания в данной работе предложен вариант назначения (вместо номерных ТО) обслуживания с диагностированием текущего состояния машины [3]. В этом случае код РОВ выразится следующим образом: для тракторов – 11-2-1, т.е. это означает 11 профилактических осмотров с диагностированием состояния, 2 текущих ремонта и 1 капитальный ремонт.

По результатам профилактических осмотров назначается (или не назначается) тот или иной вид ТО. Таким образом, сокращается часть операций ТО и суммарная трудоёмкость обслуживания.

Таблица 2 – **Структура ремонтно-обслуживающих воздействий по зерноуборочным комбайнам**

Вид обслуживания	Нормативная периодичность обслуживания	Скорректированная периодичность обслуживания
ЕТО	Ежесменно перед работой	-
ТО – 1	60	42
ТО – 2	240	168
ТР	По окончанию сезона уборки по результатам диагностирования	-
КР	На шестом году использования	-

Вывод: Определение периодичности агросервисного обслуживания МТА, находящихся в эксплуатации, проведённое с использованием изложенной методики, рассматривается как задача управления случайным процессом производственно-технической эксплуатации. Полученная модель позволяет разработать структуру ремонтно-обслуживающего цикла применительно к условиям эксплуатации и на этой основе получить рациональные значения периодичности обслуживания машин в зависимости от загрузки системы сервиса в течение рассматриваемого периода.

Список литературы

1. *Бураев, М.К.* Влияние уровня производственно-технической эксплуатации на ресурсные параметры машин / *М.К. Бураев, А.С. Шеметов, Ц.В. Цэдашиев* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 32. – С. 5 - 11.

2. *Бураев, М.К.* Вторичный рынок машин в системе агротехсервиса / *М.К. Бураев* // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2008. – № 3. – С. 41 - 44.

3. *Бураев, М.К.* К методике оценки надежности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4 (83). – С. 46 - 53. – DOI 10.53980/24131997_2021_4_46.

4. *Бураев, М.К.* Технический сервис машин на основе логистики процесса замены узлов и агрегатов / *М.К. Бураев, Г.М. Бураева, А.С. Тронц* // Вестник ВСГУТУ. – 2020. – № 4 (79). – С. 66 - 74.

5. ГОСТ 18322 - 78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 11 с.

6. *Журавлёв С.Ю.* Современная концепция организации технического сервиса машин в АПК // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). – С. 119 - 125.

7. Проблемы агротехсервиса в условиях Иркутской области / *А.И. Аносова, М.К. Бураев, А.В. Шистеев* [и др.] // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы X международной научно-практической конференции, Молодежный, 27-28 мая 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 65 - 66.

8. *Шистеев, А.В.* Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / *А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 120 - 123.

9. *Шистеев, А.В.* Формализация уровня работоспособности транспортно-

технологических машин в АПК / *А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2020. – № 3 (78). – С. 57 - 63.

10. *Щетинин, Н.В.* Проблемы оценки эффективности использования сельскохозяйственной техники / *Н.В. Щетинин* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 5.– С. 4 - 5.

11. Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / *Ю.А. Конкин, К.З. Бисултанов, М.Ю. Конкин* и др.; Под ред. Ю.А. Конкина. – М. : КолосС, 2006. – 368 с.

12. To clarify the standards of spare parts for technical service of autotractors in zone conditions / M. Buraev, A. Shisteev, A. Zhabin [et al.] // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 05001. – DOI 10.1051/e3sconf/202017505001.

Сведения об авторах

Ильин Петр Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение» инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

Аносова Анна Иннокентьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общеинженерных дисциплин инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89836938151, e-mail: a.anosova@yandex.ru).

Цэдашиев Цырендаши Владимирович – старший преподаватель кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Бураева Галина Михайловна – старший преподаватель кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Information about the authors

Ilyin Petr I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and professional training. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

Anosova Anna I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of «Technical service and general engineering disciplines». Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89836938151, e-mail: a.anosova@yandex.ru.

Tsedashiev Tsyrendashi V. – senior lecturer, department of operation of the machine and tractor park, life safety and vocational training of engineering faculty. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Buraeva Galina M. – senior lecturer of the department «Technical service and general technical disciplines» of the engineering faculty, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel.: 8(3952)237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

УДК 614. 841

ПРИКЛАДНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ НА БАЗЕ ШАССИ ЗИЛ-131

Ю.А. Кольмайер, Д.М. Рожков

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия

Аннотация. В статье произведено теоретическое обоснование целесообразности разработки пожарного аварийно-спасательного и эффективности применения автомобиля на базе шасси ЗИЛ-131 с целью обеспечения аварийно-спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях на Кузбассе. Решающее влияние на процесс развития пожара, размеры причиняемого им ущерба, а также на вероятность гибели людей от опасных факторов пожара оказывает фактор времени. Главная идея концепции – сокращение времени «Свободного» развития пожара (или времени до начала оперативного вмешательства – для других происшествий). Изначально предполагалось, что достичь этого можно за счёт повышения скорости и маневренности пожарных автомобилей (ПА), что предопределило выбор для реализации на практике концепции ПА лёгкого типа (с полной массой до 7,5 т) новой генерации.

Ключевые слова: шасси ЗИЛ-131, надстройка пожарного автомобиля, аварийно-спасательные работы, ДТП.

APPLIED AND THEORETICAL RESEARCH ON THE DESIGN OF AN EMERGENCY RESCUE VEHICLE BASED ON THE ZIL-131 CHASSIS

Yu.A. Kohlmeyer, D.M. Rozhkov

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

Annotation. The article provides a theoretical justification for the feasibility of developing a fire rescue and the effectiveness of using a car based on the ZIL-131 chassis in order to provide emergency rescue operations in case of road accidents in Kuzbass. The time factor has a decisive influence on the process of fire development, the extent of damage caused by it, as well as the probability of death of people from dangerous fire factors. The main idea of the concept is to reduce the time of «Free» fire development (or the time before the start of operational intervention – for other incidents). Initially, it was assumed that this could be achieved by increasing the speed and maneuverability of fire trucks (FT), which determined the choice for practical implementation of the FT concept of a light type (with a gross weight of up to 7.5 tons) of a new generation.

Key words: ZIL-131 chassis, superstructure of a fire truck, emergency rescue operations, road accidents.

Введение. В связи с ростом количества автовладельцев и автотранспорта, резким ростом грузовых перевозок по автомобильным дорогам наблюдается рост числа погибших и пострадавших при транспортных происшествиях. Поэтому исследование причин возникновения дорожно-транспортных

происшествий, а также решение вопросов эффективного реагирования и ликвидации последствий ДТП с целью снижения уровня травматизма и смертности при ДТП не теряет своей актуальности [1].

Материалы и методы. Пожарно-спасательные автомобили обеспечивают тактические действий подразделений пожарной охраны по ликвидации пожаров, их последствий и проведения различного рода аварийно-спасательных работ, в том числе при дорожно-транспортных происшествиях.

Основными производителями для шасси отечественных пожарных автомобилей являются ГАЗ, ЗИЛ, Урал, КамАЗ. Проектирование современного пожарного автомобиля производиться с учётом региональных условий эксплуатации, целей и задач им решаемым, а также современных научных достижений и текучих реалий [2, 9].

Одним и удачных решений, актуальных и в настоящее время, является шасси ЗИЛ-131, в которое много лет назад заложены уникальное характеристики, позволяющее создавать необходимые модификации пожарно-спасательных автомобилей. Его технические характеристики позволяют с высокой надёжностью работать всем системам в самых сложных дорожных и погодных условиях. Такие показатели удовлетворяют требованиям, предъявляемым для пожарно-спасательных автомобилей различного назначения, и широко используются в подразделениях пожарной охраны различных ведомств, в том числе МЧС России [3].

Целью настоящей работы является прикладные и теоретические исследования по проектированию аварийно-спасательного автомобиля на базе шасси зил-131 для проведения поисковых и аварийно-спасательных работ на месте дорожно-транспортных происшествий и ликвидации её последствий в различных дорожных и погодных условиях.

Объекты и методы исследования является аварийно-спасательный автомобиль ЗИЛ-131.

Результаты и их обсуждение. При ликвидации ЧС важнейшее значение имеет фактор времени, так как от времени начала работ зачастую зависит жизнь пострадавших. Поэтому своевременность АСДНР в первую очередь зависит от средств доставки.

По заказу МЧС России был разработан, испытан и запущен в серийное производство ряд аварийно-спасательных машин, которые находятся на оснащении МЧС России.

Аварийно-спасательные автомобили – это комплекс универсальных и многофункциональных наземных аварийно-спасательных транспортных средств, предназначенных для сокращения сроков прибытия спасателей в зоны ЧС, в том числе в труднодоступные места с преодолением водных преград, снежных заносов, а также в условия тяжёлого бездорожья, обеспечивая мест ЧС различными средствами [4]:

- Медицинскими;
- Противопожарными;
- Аварийно-спасательными;

- Средствами индивидуальной защиты;
- Приборами радиационной и химической разведки;
- Средствами спасения на воде и т.п.

Применение АСМ обеспечивается решением следующих основных задач:

- Доставка к месту аварии групп спасателей, специального оборудования и инструмента;
- Поиск и извлечение пострадавших из-под завалов строительных конструкций, повреждённых ТС и т.д.;
- Оказание пострадавшим первой медицинской помощи;
- Организация радиосвязи и оповещения на месте ЧС;
- Эвакуация пострадавших из зоны ЧС, а при необходимости и доставка их в лечебные учреждения;
- Локализация очагов пожара;
- Получение и подача энергии для проведения спасательных работ;
- Ограждение районов аварии.

Аварийно-спасательный автомобиль ЗИЛ-131 согласно ГОСТ Р 22.9.24-2014 [5] классифицируется как многофункциональное, вездеходное, на колёсном ходу транспортное средство среднего класса. Разработанный аварийно-спасательный автомобиль предназначен для технического обеспечения широкого диапазона поисковых, аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ, которые выполняются преимущественно на объектах повышенного риска, на магистрально-транспортных коммуникациях.

Высокая проходимость шасси этого автомобиля, его многофункциональности, он будет эффективен в отдалённых районах, куда сложно проехать и где возможно потребуется различное аварийно-спасательное, пожарное, поисковое оборудование и инструмент.

При размещении специальных агрегатов и пожарно-технического оборудования различают продольную и поперечную компопонку ПА.

Продольная компоновка предопределяется типом кабины для боевого расчёта: раздельная, полусалонная, салонная. В свою очередь, тип кабины зависит от расположения двигателя относительно оси передних колёс.

Предпочтительным является расположение двигателя за осью передних колёс, что позволяет выбирать кабину салонного типа и использовать вагонную компоновку ПА. За счёт такой компоновочной схемы возможно:

- Повысить коэффициент использования площади шасси;
- Снизить центр масс;
- Повысить устойчивость машины;
- Снизить высоту подножки салона, обеспечить удобство посадки и высадки;
- Расположить сидения бойцов продольно, обеспечить их контакт с командиром;
- Полнее удовлетворить требования эргономики;
- Обеспечить пассивную безопасность;
- Улучшить обзор дороги.

К недостаткам данной схемы размещения пожарного насоса следует отнести сложность его обслуживания и потенциальную возможность травмирования личного состава.

Поперечная компоновка пожарно-спасательного автомобиля определяется в первую очередь размером и формой поперечного сечения.

Вторым определяющим факторов поперечной компоновки является расположение боковых отсеков кузова. Эти отсеки могут изготавливаться и крепиться одним из следующих 4-х способов:

- Особое значение с точки зрения устойчивости пожарно-спасательного автомобиля при движении имеет внутренняя компоновка;

- Поперечная компоновка пожарно-спасательного автомобиля определяется безопасность боевого расчёта, эргономикой, распределением пожарно-технического вооружения и спасательного оборудования.

Компоновка пожарно-спасательного автомобиля на базе ЗИЛ-131 определяется численностью боевого расчёта (посадочной формулой) и типом предлагаемой пожарной надстройки с аварийно-спасательным оборудованием и ПТВ. При этом пожарная надстройка может вписываться на остаток рамы или требовать удлинения рамы.

Разработка компоновочной схемы пожарного автомобиля начинается с определения его собственной (снаряжённой) массы без учёта массы вывозимого оборудования (надстройки). Расчитанные полная масса, общее число осей и колёсная база проектируемого аварийно-спасательного автомобиля с предлагаемой компоновочной схемы на базе шасси ЗИЛ-131 полностью соответствует требуемым: полноприводное повышенной проходимости шасси 6х6, капотная компоновка, кабина за двигателем.

Способность аварийно-спасательного автомобиля в кратчайший срок прибывать к месту проведения работ определяется в основном тягово-скоростными свойствами. Эти свойства характеризуют диапазон скоростей движения и предельные ускорения аварийно-спасательного автомобиля, возможные на тяговом режиме по техническим характеристикам двигателя внутреннего сгорания и сцеплению ведущих колёс с дорогой в различных эксплуатационных и погодных условиях.

Тягово-скоростные свойства ПА предварительно можно оценить по удельной мощности, представляющей отношение эффективной мощности двигателя к полной массе автомобиля. Для проведения тягового расчёта определяется типоразмер пневматических шин, относительную радиальную деформацию их профиля, механический КПД трансмиссии, коэффициент обтекаемости машины, коэффициент сопротивления движению и предварительно определить динамический и кинематический радиусы колеса, а также площадь Миделя.

По результатам расчёта предложены шины *Nortek* М-93 12.00-20 129 F производства ОАО ПО «Алтайский шинный завод», которые предназначенны для грузовых автомобилей повышенной проходимости отечественного производства. Коэффициент полезного действия механической трансмиссии (КПД) характеризует потери мощности в механизмах трансмиссии при её передаче от

первичного вала коробки передач до ведущих колёс автомобиля и составил для механической трансмиссии 0,895.

Аэродинамические свойства аварийно-спасательного автомобиля на базе шасси ЗИЛ-131 характеризуются фактором обтекаемости, представляющим собой произведение коэффициента обтекаемости и площади лобового сопротивления (Миделя), и составляет площадь Миделя 5,96 м^2, а фактор обтекаемости 3,58 [7].

Максимальную эффективную мощность двигателя принимаем из технических характеристик автомобиля ЗИЛ-131 и составляет 110 кВт при 3200 об·мин$^{-1}$.

Внешняя скоростная характеристика производиться, как правило, по формуле С.Р. Лейдермана. Параметры внешней скорости характеристики двигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Параметры внешней скоростной характеристики двигателя**

***n*, об·мин$^{-1}$**	**1000**	**1400**	**1800**	**2200**	**2600**	**3000**	**3400**
N_E, кВт	85,4	122,1	153,8	176	184,5	175	0,875
M_E, Н·м	815,75	833	815,75	764	677,75	557	0

Результаты расчётов заносим в таблицу. По полученным значениям строим графики, соответствующие внешней скоростной характеристики двигателя, рисунок 1.

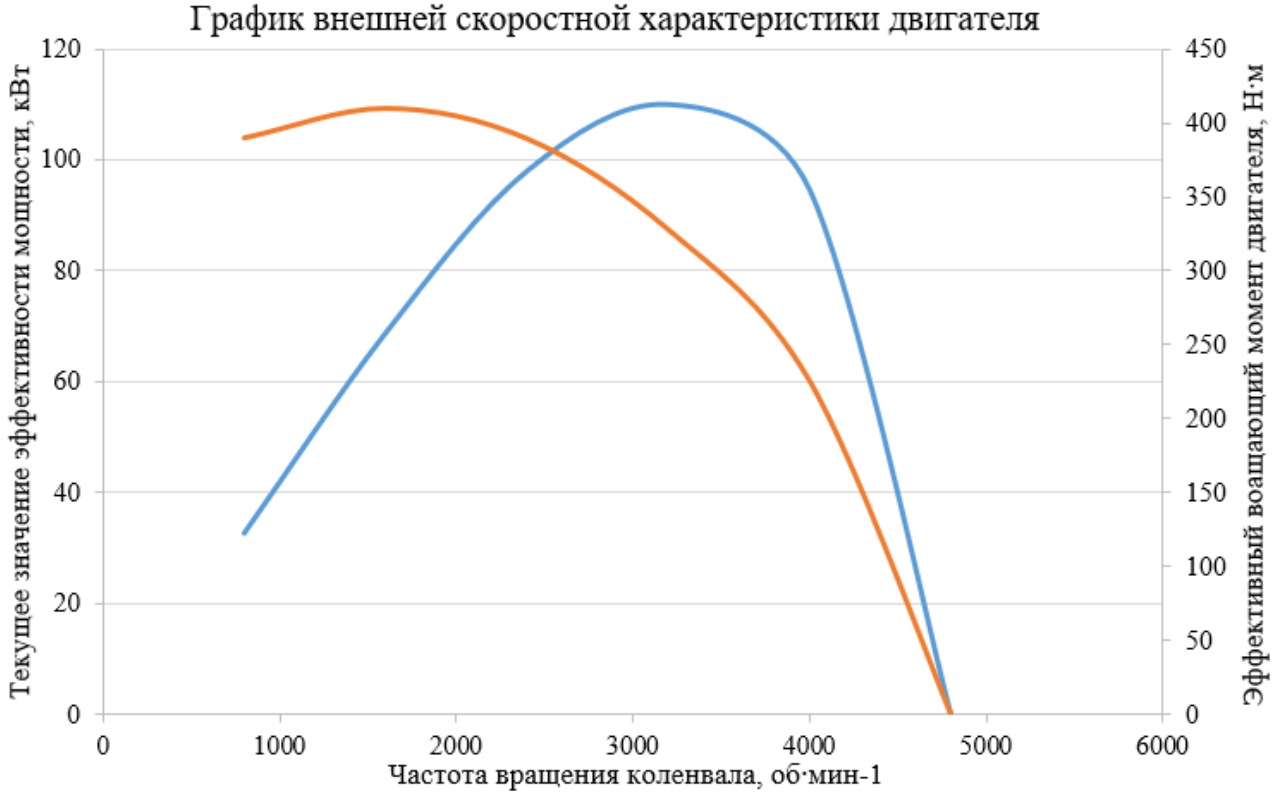


Рисунок 1 – **Внешняя скоростная характеристика двигателя**

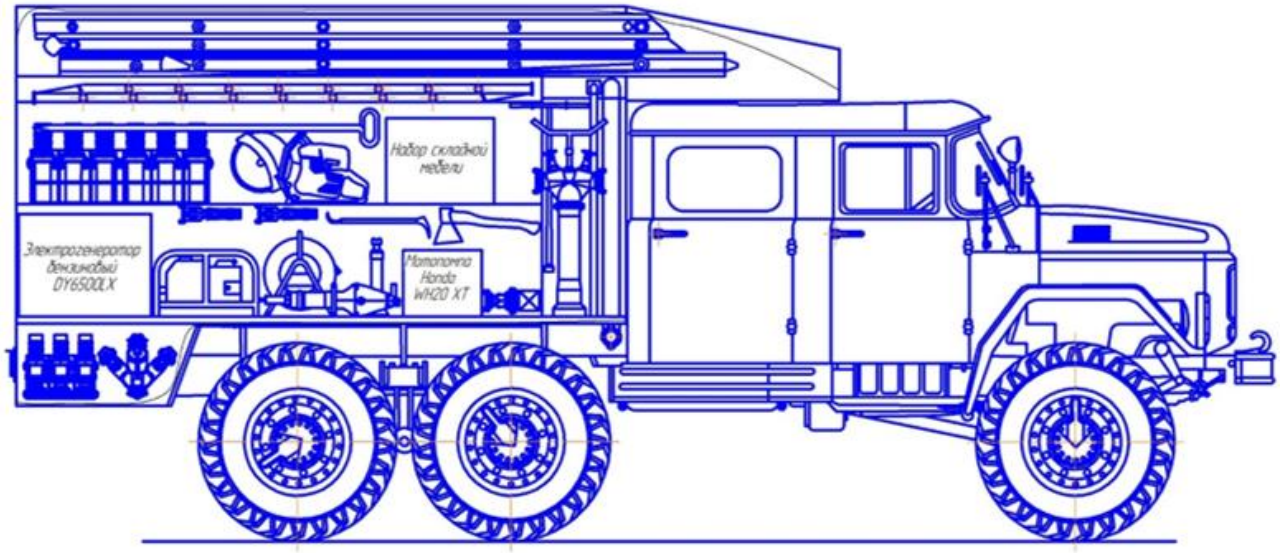


Рисунок 2 – **Надстройка, проектируемого пожарно-спасательного автомобиля**

Заключение. В результате расчётных изысканий по перечню и размещению пожарно-технического вооружения и оборудования проектируемого аварийно-спасательного автомобиля и оптимизации геометрических и конструкционных решений надстройки масса составила 4074 кг, при этом полная масса не должна превышать 10825 кг [8].

Список литературы

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году : Информационно-аналитический обзор / *К.С. Баканов, П.В. Ляхов, А.С. Айсанов* [и др.]. – Москва : ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. – 154 с.

2. Этапы и направления создания и производства пожарных автомобилей в современной России / *В.И. Логинов, Д.Г. Мичудо, Н.В. Навценя* [и др.] // Пожарная безопасность. – 2021. – № 2 (103). – С. 51 - 59.

3. *Мартынова, Е.А.* Анализ функциональных возможностей современных пожарных автомобилей / *Е.А. Мартынова, Н.Н. Кривенко* // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1 - 2 (5). – С. 68 - 70.

4. *Дворянчиков, А.К.* Современные аварийно-спасательные и пожарные автомобили / *А.К. Дворянчиков, М.Н. Чалаташвили* // Пищевые инновации в биотехнологии : Сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Кемерово, 16 мая 2018 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 2. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 307 - 308.

5. ГОСТ Р 22.9.24-2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Машины аварийно-спасательные. Классификация. Общие технические требования. Утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 октября 2014 г. № 1416-ст.

6. *Кольмайер, Ю.А.* разработка надстройки пожарного автомобиля на базе шасси ЗИЛ-131 для обеспечения аварийно-спасательных и поисковых работ / *Ю.А. Кольмайер, Д.М. Рожков* // Техносферная безопасность в XXI веке : Научные труды XII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Иркутск, 01-03 декабря 2022 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 232 - 236.

7. *Кольмайер, Ю.А.* Анализ зависимости времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на место ДТП от модернизации пожарно-спасательного автомобиля в Г.

Прокопьевск Кемеровской области / *Ю.А. Кольмайер, Д.М. Рожков* // Техносферная безопасность в XXI веке : Научные труды XII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Иркутск, 01-03 декабря 2022 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 228 - 232.

8. *Сергеев, А.Л.* Технология очистки внутренних поверхностей резервуаров от остатков нефтепродуктов / *А.Л. Сергеев, А.И. Аносова, П.И. Ильин* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции : в IV томах, Иркутск, 17-18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 192 - 198.

9. *Рожков, Д.М.* Оценка вероятности реализации на головной нефтеперекачивающей станции аварийных ситуаций, протекающих по различным сценариям / *Д.М. Рожков, П.И. Ильин, С.Н. Шуханов* // Наука в центральной России. – 2023. – № 5 (65). – С. 119 - 126. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-5-119-126.

Сведения об авторах

Кольмайер Юрий Александрович – командир отделения 2 ПСЧ 6 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Кемеровской области - Кузбассу, 652470, Россия, Кемеровская область, Анжеро-Судженск, М. Горького, 25, тел.: 89133385966, e-mail: kalmar13@mail.ru.

Рожков Дмитрий Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Иркутского национального исследовательского технического университета, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», 664074, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, тел.: 89027658725, e-mail: rogkov77@yanddex.ru.

Information about the authors

Kolmayer Yuri A. – squad commander of the 2nd PSCh 6th PSO FPS GPS of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Kemerovo Region - Kuzbass, 652470, Russia, Kemerovo Region, Anzhero-Sudzhensk, M. Gorky, 25, tel.: 89133385966, e-mail: kalmar13@mail.ru.

Rozhkov Dmitry M. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of industrial ecology and life safety of Irkutsk national research technical university, Irkutsk National research technical university, 664074, Irkutsk region, Irkutsk, 83, Lermontov., tel.: 89027658725, e-mail: rogkov77@yanddex.ru.

УДК 664.34:665.347.8

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРАХ

А.И. Королев, К.В. Барыкин

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. Трансмиссия является наиболее важным компонентом, определяющим эффективность работы различных компонентов трактора, и в последнее время активно проводятся исследования эффективности и автоматизации трансмиссии. Целью данного

исследования является обзор и оценка применяемых видов трансмиссии, и разработка перспективной автоматизированной механической коробки передач (AMT) для сельскохозяйственных тракторов на примере трактора К-7М, основным отличием, которой будет являться высокая эффективностью и удобство за счёт применения электрических приводов.

Ключевые слова: трактор, трансмиссия, автоматическая коробка передач, искусственный интеллект, трактор «Кировец».

THE USE OF AUTOMATIC TRANSMISSIONS ON AGRICULTURAL TRACTORS

A.I. Korolev, K.V. Barykin

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. The transmission is the most important component determining the performance of various tractor components, and recently, research on the efficiency and automation of the transmission has been actively conducted. The purpose of this study is to review and evaluate the types of transmission used, and to develop a promising automated manual transmission (AMT) for agricultural tractors using the example of the K-7M tractor, the main difference of which will be high efficiency and convenience due to the use of electric drives.

Key words: tractor, transmission, automatic transmission, AI, tractor «Kirovets».

Введение. Тракторы – это рабочие машины, которые используются в различных областях, таких как сельское хозяйство, строительство и лесное хозяйство, и ожидается, что спрос и частота их использования будут постоянно увеличиваться. В частности, сельскохозяйственные тракторы – это машины, выполняющие сельскохозяйственные работы путём присоединения различных сельскохозяйственных орудий, таких как плуги, ротаторы, пресс-подборщики.

Материалы и методы. Трансмиссия является наиболее важным компонентом, определяющим эффективность работы различных компонентов трактора, и в последнее время активно проводятся исследования эффективности и автоматизации трансмиссии. Трансмиссии трактора обычно состоят из передач переднего и заднего хода (*F* / *R*), шестерни переключения диапазонов и ведущей шестерни [3].

Кроме того, применяются различные типы трансмиссии в зависимости от требуемого размера и мощности. В частности, в трансмиссиях более мощных тракторов обычно используются более эффективные и удобные технологии автоматической трансмиссии, такие как бесступенчатая трансмиссия (CVT) или гидромеханическая трансмиссия (HMT). Для удобства на некоторых тракторах мощностью менее 45 кВт используется гидростатическая трансмиссия (ГСТ), представляющая собой автоматическую коробку передач [5, 9].

Тракторная работа имеет особенность повторяющегося действия между граничными точками сельскохозяйственных угодий, так как выполняет сельскохозяйственные операции на ограниченной территории. Поэтому часто происходят переключения передач для изменения направления движения вперед / назад. При частом переключении такие операции, как рычаги переключения передач и

педаль сцепления, причиняют неудобства фермерам и снижают эффективность работы.

Результаты и их обсуждение. В качестве альтернативы в области сельскохозяйственных тракторов инженеры разработали и предложили систему автоматического переключения передач, способную осуществлять полуавтоматическое переключение передач с переключением под нагрузкой. Они изучили стратегию переключения передач, учитывающую рабочую точку двигателя в соответствии с тяговой нагрузкой, создаваемой вспашкой, что может стать хорошим решением для повышения удобства пользователя. Однако эти гидравлические системы менее эффективны по сравнению с электрическими системами, и из-за использования гидравлического масла возникают опасные отходы. Поэтому перед инженерами встала задача разработать трансмиссию, сочетающую высокий КПД механической коробки передач и удобство АКПП.

С развитием технологий, используемых в сельском хозяйстве, автоматические трансмиссии, такие как *DirectDrive, Vario* или *VT Drive*, становятся всё более популярными, избавляя фермеров от бремени постоянного переключения передач. Среди этих современных решений можно выделить два типа трансмиссий: *Powershift* и *CVT*, обеспечивающие высокий комфорт [1, 3].

Powershift (например, *DirectDrive* в *John Deere*) представляет собой автоматическую коробку передач с двойным сцеплением. Как следует из названия, он состоит из двух сцеплений, одно из которых отвечает за чётные передачи, а другое – за нечётные. Такая трансмиссия при слаженной работе обеспечивает непрерывную езду без рывков и перебоев в распределении крутящего момента на колёса. Переменные муфты, работающие попеременно, позволяют снизить расход топлива и оптимизировать работу двигателя в неблагоприятных условиях [2, 7, 8].

CVT (бесступенчатая трансмиссия, такая как *Vario* в *Fendt*) — это бесступенчатая трансмиссия. Он имеет неограниченное количество передаточных чисел, генерируемых без отключения привода. Такое решение обеспечивает правильное распределение крутящего момента даже при самой интенсивной работе двигателя. В основе коробки – планетарный редуктор, собирающий мощность от гидромоторов и от коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. К преимуществам использования этой системы трансмиссии относятся вышеупомянутый неограниченный диапазон передач и плавность хода.

На тракторах большей мощности трансмиссии стали чрезвычайно сложными (24-ступенчатая коробка передач) и, следовательно, очень дорогими. Трансмиссия *CVT* менее сложна и позволяет трансмиссии легко адаптировать мощность двигателя по мере необходимости.

Без предустановленных передач обороты двигателя могут изменяться в зависимости от требуемой мощности, в то время как скорость движения вперед может оставаться постоянной. Это облегчает вождение и позволяет экономить топливо [10].

Трансмиссия *CVT* также обеспечивает функцию «Автоостановки». Когда привод возвращается в нейтральное положение, трансмиссия фактически

блокируется. Не будет никакого вращения или движения до тех пор, пока рычаг управления не будет перемещён и система не вернется в режим положительного движения вперед или назад. Таким образом, *CVT* может продемонстрировать некоторые хорошие функции безопасности.

Несмотря на то, что трансмиссия *CVT* хорошо зарекомендовала себя на сельскохозяйственном рынке, ей ещё предстоит по-настоящему завоевать популярность в секторе ухода за землей. Сейчас доступны модели мощностью 40 и 50 лошадиных сил, что будет заманчиво для некоторых клиентов. В будущем мы, вероятно, увидим больше доступных моделей *CVT* [2].

АО «Петербургский тракторный завод» в 2022 г. представил в своей экспозиции в рамках выставки «АГРОСАЛОН-2022» сразу два серийных Кировца из новейшей продуктовой линейки: тракторы К-742М и К-525Пр. Трактор «Кировец» К-7М – это мощный трактор для крупных современных агрохозяйств, который позволяет производить обработку полей и посев на больших площадях с максимальной эффективностью. Также это универсальный фермерский трактор, который демонстрирует поразительную производительность не только в поле, но и на транспортных работах. Но не стоит думать, что модернизацию получат только данные версии – фактически новая автоматическая КПП доступна для всего модельного ряда сельхозтехники серий К-7М мощностью 300, 350, 390 и 420 л.с. и К-5 мощностью 250 л.с. Это первое применение на российском тракторе автоматической трансмиссии собственной разработки и полномасштабного серийного производства.

Трактор имеет возможность работать как в ручном режиме, так и на автоматической трансмиссии.

Включить / отключить режим «Автомат» возможно нажатием всего одной кнопки *AUTO* на панели управления справа от механизатора (смена режима). Активация режима «Автомат» сопровождается появлением специального индикатора на приборной панели, там же активируется зона отображения целевой скорости. Выставить можно любую скорость из диапазона скоростей доступного для выбранного режима. Дополнительно есть возможность регулировать скорость переключателем 7 в диапазоне ±2 км/ч от заданной скорости, с шагом изменения значения 0,2 км/ч.

Скорость движения для автоматического режима выставляется рукояткой газа и ручным акселератором, затем нажимается педаль слива, и трактор сам включает первую передачу и начинает ехать. Агрегат без проблем меняет передачи, поддерживая оптимальную заданную скорость.

Путём нажатия на педаль акселератора или перемещения ручки ручного управления подачи топлива изменяется значение заданной скорости. Таким образом, можно задать требуемую скорость движения – и трактор сам будет её соблюдать в наиболее оптимальном режиме работы двигателя. Также есть возможность корректировать скорость переключателем направления движения на джойстике в диапазоне ± 2 км/ч от заданной скорости с шагом 0,2 км/ч.

Для того чтобы произвести разворот на краю поля, при котором необходимо сбросить скорость, не нужно изменять параметры заданной скорости и

выключать автоматический режим. Необходимо всего лишь кратковременно дотронуться до педали тормоза. В этот момент автоматический режим переключения передач перейдёт в режим ожидания, а управление над контролем за переключением передач и оборотами двигателя перейдёт в обычный ручной режим. По окончании разворота достаточно однократно нажать на переключатель направления движения на джойстике – и автоматический режим переключения передач снова активируется. То есть каждый раз настраивать заданную скорость путём перемещения ручки ручного управления подачи топлива не придётся. Выход из режима автоматического переключения передач в полуавтоматический и обратно возможен в любой момент.

Если во время движения трактора в ручном режиме управления активировать автоматический режим работы коробки передач, то он просто подхватит управление и плавно подстроит скорость до заданной без каких-либо рывков и остановок. Кроме того, из ручного в автоматический режим возможно переключаться на ходу.

При последующем включении питания система управления запускает режим, в котором завершилась предыдущая сессия.

Новая коробка с полностью автоматическим режимом управления и переключением передач в четырёх диапазонах использует технологию электронной оценки нагрузки на двигатель. Трактор самостоятельно выбирает режим работы на конкретном поле, что позволяет оператору не отвлекаться на ручное переключение скоростей. Такой подход также предотвращает износ основных узлов и деталей, увеличивает эффективность работы.

В тракторах с механической коробкой передач вообще нет блока управления трансмиссией (БУТ), но конструкция БУТ необходима для применения АККП на тракторе.

Система управления КПП предназначена для:

1) Переключения муфт выбора режимов движения. Возможны 4 режима движения вперед, 2 режима движения назад и исходный режим без движения, в дальнейшем именуемый «Нейтралью» режимов;

2) Переключения передач. Имеются 4 передачи на каждом из режимов, таким образом комбинацией режимов движения и передач оператору доступны 16 скоростей движения вперед и 8 скоростей движения назад;

3) Включения / отключения привода грузового моста;

4) Управления сигналом разрешения запуска двигателя. Запуск двигателя возможен только при положении муфт КП в «Нейтрали» режимов и по команде аварийного запуска двигателя;

5) Включения / отключения стояночного тормоза в автоматическом режиме;

6) Хранения данных о текущем состоянии и параметрах настроек КПП;

7) Хранения данных о наработке, моточасах и ошибках рабочих элементов КПП и системы управления КПП [1].

Система управления коробкой передач состоит из следующих рабочих элементов: переключения режимов движения; управления механизмом

переключения передач; управления приводом грузового моста; управления стояночным тормозом; блока управления рабочими элементами; дисплея, предназначенного для визуализации состояния КП и панели управления, используемого для выбора режимов движения, переключения передач, включения и отключения привода грузового моста, выдачи разрешения на аварийный запуск двигателя.

Рабочие элементы переключения режимов движения, управления механизмом переключения передач, управления приводом грузового моста расположены непосредственно на коробке передач. Расположение цилиндров и клапанов управления коробкой передач показано на рисунке 1.

К рабочим элементам переключения режимов движения относятся пневмоцилиндры Ц1, Ц2 и Ц3, датчики положения на цилиндрах Ц1, Ц2 и Ц3, клапаны управления Р0 - Р6.

К рабочим элементам управления механизмом переключения передач относятся цилиндр Ц5, датчики положения на цилиндре Ц5 и клапаны управления Р9, Р10, Р12, Р13.

К рабочим элементам управления приводом грузового моста относятся цилиндр Ц4, датчики положения на цилиндре Ц4 и клапаны управления Р7, Р8. Клапаны управления располагаются на блоках клапанов 1 и 2 [4, 6].

Кроме того, теперь также можно пользоваться дополнительным возможностями терминала и самой системы автономного управления трактором *Cognitive Agro Pilot* с искусственным интеллектом.

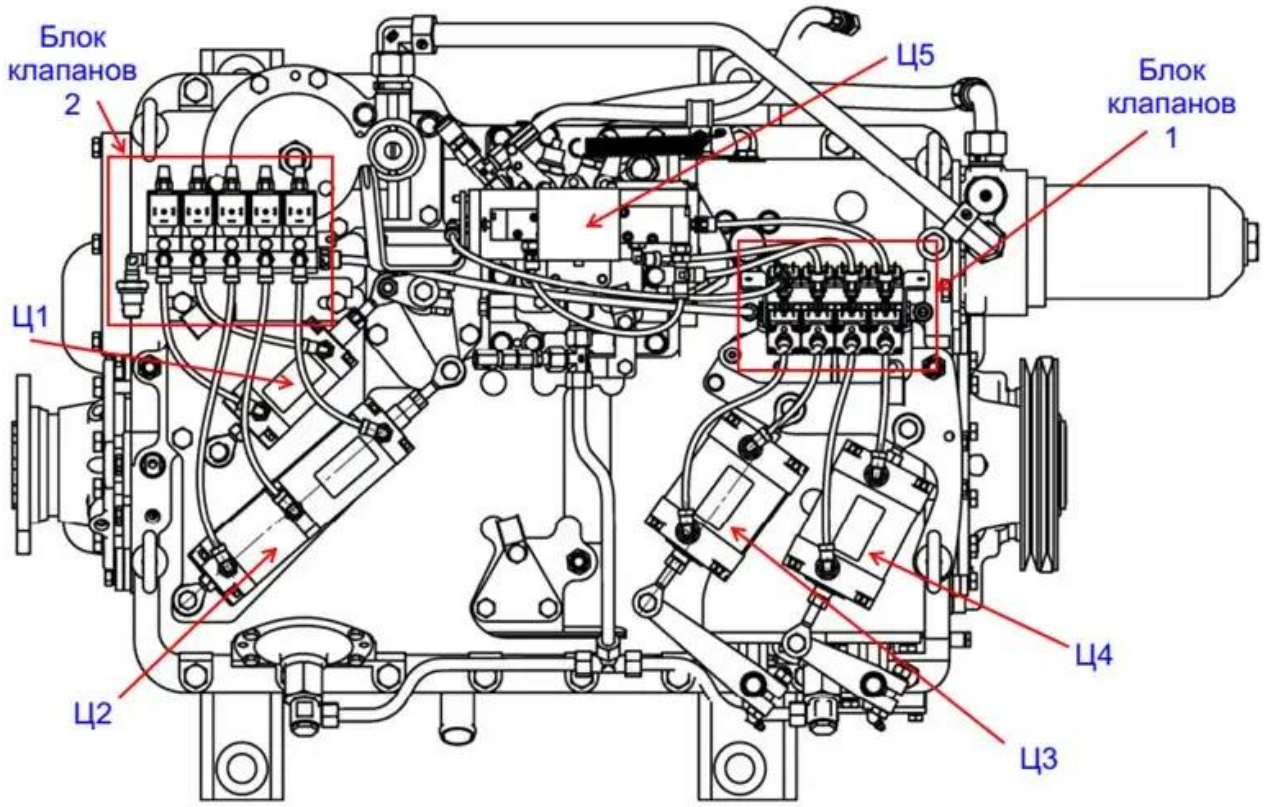


Рисунок 1 – **Расположение цилиндров (Ц) и клапанов управления коробкой передач**

Ещё одним важным фактом для механизатора станет и то, что выбор и переключение режимов движения осуществляется только на «Нейтрали» передач. Доступны шесть режимов движения и «Нейтраль» режимов.

Важно и то, что теперь на правой стойке в кабине трактора нет отдельного дисплея для контроля за работой новой КПП, как это было ранее. Теперь для лучшей эргономики и удобства все параметры выводятся непосредственно на общую приборную панель и основной дисплей за рулевой колонкой. Как говорят сами механизаторы, такой подход более функциональный.

Если говорить о преимуществах, то, в первую очередь АККП, это удобство управления. Теперь оператор может использовать свое время более рационально, например, для того, чтобы лучше следить за технологическим процессом, за тем, как работает почвообрабатывающее или посевное орудие.

Во-вторых, это более высокая эффективность. Для того чтобы управлять трактором в ручном режиме, как правило, требуются определённые знания, навыки и понимание. Алгоритм же, который заложен в новую автоматическую коробку передач, позволяет системе всегда подстраиваться таким образом, чтобы двигатель работал в наиболее оптимальном режиме. В итоге мы получаем нужную производительность, повышаем экономичность, защищаем трактор от возможных ошибок механизатора и перегрузок в поле.

Заключение. Простая механическая коробка передач прослужит долгие годы и всегда будет самым дешевым вариантом. Переход на интеллектуальную автоматическую трансмиссию обеспечит работу практически без сцепления, плавное переключение передач и более плавное вождение.

Список литературы

1. *Голдина, И.И.* Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов с автоматической и механической коробкой перемены передач (КПП) / *И.И. Голдина* // Инновационное научно-техническое развитие агропромышленного комплекса РФ : Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвящённый дню инженера-механика, Екатеринбург, 10 октября 2023 года. – Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 83 - 85.

2. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию тракторов «КИРОВЕЦ» серии «К-7» 7-00.00.010ИЭ [Электронный документ] URL https://agrotehnika-dv.ru/upload/iblock/469/Instruktsiya-po-ekspluatatsii-traktorov-KIROVETS-K_744R.pdf.

3. *Курасов В.С., Трубилин Е.И., Тлишев А.И.* Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве : Учебное пособие. Краснодар : Кубанский ГАУ, 2011. - 132 с.: ил.

4. *Курасов В.С., Трубилин Е.И., Тлишев А.И.* Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве : Учебное пособие. Краснодар : Кубанский ГАУ, 2011. - 132 с.: ил.

5. Конструкция тракторов и автомобилей / *О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский*. – Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2013. – 288 с. – ISBN 978-5-8114-1442-0.

6. *Королев, А.И.* Коробка передач. Аналоги трансмиссий, преимущества и недостатки / *А.И. Королев, Д.Г. Тертерашвили, А.С. Распопов* // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК : материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 27 марта 2020 года. Том Часть I. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 242 - 248.

7. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства / *А.П. Тарасенко, В.Н. Солнцев, В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.А. Сундеев, А.П. Дьячков, С.Н. Пиляев* – М. : КолосС, 2004. – 552 с.

8. Повышение эффективности технической эксплуатации автотранспортных средств по результатам исследования их эксплуатационных показателей / *Е.В. Кондрашова, В.Г. Козлов, К.А. Яковлев* [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – С. 80 - 86.

9. Система управления КП «КОМАНДПОСТ» версия 4А тракторов типа К-5. Инструкция по монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия 525-37.72.000 ИМ.

10. Турищев, Д.В. Назначение и классификация автомобильной трансмиссии / *Д.В. Турищев, Д.Г. Тертерашвили, А.И. Королев* // Молодёжный вектор развития аграрной науки : Материалы 70-й научной студенческой конференции, Воронеж, 01 февраля 2019 года / Воронежский государственный аграрный университет. Том Часть I. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – С. 36 - 40.

Сведения об авторах

Королев Александр Иванович – к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 394087, Воронежская обл., Воронеж, Ломоносова, 117, тел.: 89081355682, e-mail: sasha.korol70@yandex.ru.

Барыкин Константин Вадимович – ассистент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, тел.: 89518694132, e-mail: Taviansky@yandex.ru.

Information about the authors

Korolev Alexander I. – PhD, associate professor, Voronezh state agrarian university named after Emperor Peter I, 394087, Voronezh region, Voronezh, Lomonosov, 117, tel.: 89081355682, e-mail: sasha.korol70@yandex.ru.

Barykin Konstantin V. – assistant of the department of operation of transport and technological machines, Voronezh state agrarian university, 394087, Voronezh region, Voronezh, Russia, tel.: 89518694132, e-mail: Taviansky@yandex.ru

УДК 62-752.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРОЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

В.И. Кочергин, С.П. Глушков

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет путей сообщения
Новосибирск, Россия

Аннотация. В статье содержатся предложения по совершенствованию вибрационной защиты сельскохозяйственных машин, агрегатов и оборудования, что является актуальной задачей в условиях интенсификации агропромышленного производства. Наиболее полно проблема защиты от вибраций может быть решена путём применения виброизолирующих механизмов, обеспечивающих защиту колебательной системы от выхода в резонансный режим, например, на основе реализации суммарных силовых характеристик упругих элементов с участками квазинулевой жёсткости. Представлены варианты усовершенствованных виброизоляционных устройств, обеспечивающих эффективное гашение колебаний в резонансных

режимах.

Ключевые слова: сельскохозяйственное оборудование, вибрация, виброзащитное устройство, динамический гаситель колебаний, резонанс, пространственный виброизолятор.

IMPROVEMENT OF VIBRATION PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AND EQUIPMENT

V.I. Kochergin, S.P. Glushkov

FSBEI HE Siberian state university of railway engineering
Novosibirsk, Russia

Annotation. The article contains proposals for improving the vibration protection of agricultural machinery, units and equipment, which is an urgent task in the context of intensification of agro-industrial production. Most fully, the problem of vibration protection can be solved by using vibration isolating mechanisms that protect the vibration system from entering the resonance mode, for example, based on the implementation of the total force characteristics of elastic elements with quasi-zero stiffness sections. There are presented versions of improved vibration isolation devices providing effective vibration damping in resonance modes.

Key words: agricultural equipment, vibration, vibration protection device, dynamic vibration damper, resonance, spatial vibration isolator.

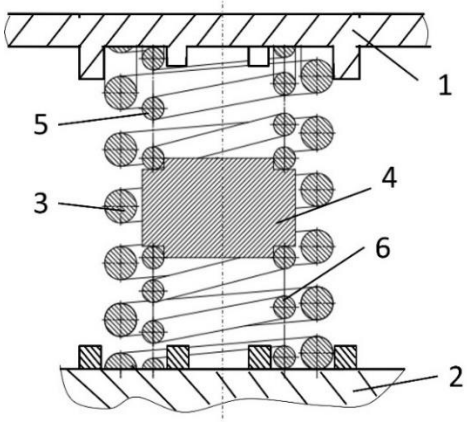
Введение. Процессы интенсификации агропромышленного производства сопровождаются увеличением мощности и производительности сельскохозяйственных машин и оборудования при одновременном стремлении производителей к уменьшению их массы, что приводит к возрастанию вибрационной нагрузки на основание машин, конструктивные элементы зданий и сооружений и обслуживающий персонал. Вибрация является физическим фактором, оказывающим негативное воздействие на надёжность машин и здоровье человека. Следовательно, совершенствование систем виброзащиты сельскохозяйственных машин и агрегатов, равно как и иного энергетического оборудования, на основе оптимизации существующих конструкций и разработки принципиально новых методов и средств представляет собой актуальную научно-техническую задачу [4, 8, 9]. Значительную долю в составе причин отказов энергетического оборудования различного рода составляют усталостные разрушения, связанные с вибрацией, причем до 80 % аварий, приведших к человеческим жертвам, происходит в результате воздействия недопустимых колебаний [1]. Особое внимание в последнее время уделяется вопросам организации защиты от вибраций и шума операторов сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов [2, 7].

Материалы и методы. В качестве основных недостатков существующих виброзащитных устройств можно указать сложность кинематических схем, потребность в ряде случаев в электронных системах управления и невозможность подстройки под изменяющиеся частотные характеристики возмущающих воздействий. Кроме того, объективно существует следующее противоречие: упругим элементам виброзащитного механизма для обеспечения эффективности защиты от вибраций должна быть присуща как можно меньшая жёсткость подвески и одновременно жёсткость должна быть минимизирована в целях

ограничения подвижности относительно основания защищаемых объектов.

Результаты и обсуждение. Успешная работа виброизолирующих механизмов упругих подвесок может быть обеспечена в том случае, если силы упругого взаимодействия, вибрирующего и защищаемого объектов и моменты этих сил уравновешены в любой момент времени по отношению ко всем остальным силам и моментам этих сил. Таким требованиям отвечают виброизолирующие устройства с так называемой квазинулевой жёсткостью, то есть, с одновременным воздействием силовых характеристик основного упругого элемента и специального устройства, приводящего к условно нулевой суммарной характеристике жёсткости виброизолятора. Подобные специальные устройства могут способствовать идеальной виброизоляции машин и механизмов в определённом диапазоне частот одноосных колебаний [3, 5, 10, 11].

В качестве варианта практической реализации виброзащиты на основе использования динамических компенсаторов с участками квазинулевой жёсткости предлагается конструктивное решение динамического гасителя колебаний, в котором внутри основного упругого элемента соосно установлена подпружиненная инерционная масса (рисунок 1). Данное виброзащитное устройство работает следующим образом: основной несущий упругий элемент при работе защищаемого сельскохозяйственного оборудования воспринимает воздействующие на него колебательные нагрузки, при этом установленная на дополнительных пружинах параллельно с осью воздействия вибрационных нагрузок инерционная масса также начинает колебаться благодаря верхней и нижней дополнительным пружинам. В результате все упругие элементы колеблются совместно, но колебания инерционной массы находятся в противофазе по отношению к колебаниям защищаемого оборудования, то есть, действующие в динамическом гасителе колебаний усилия являются равными по величине, но противоположными по направлению Таким образом, периодические колебания, синхронно передаваемые на основание (фундамент) оборудования нижней дополнительной пружиной инерционной массы, в основном рабочем диапазоне вынужденных частот колебаний гасятся частично или даже полностью (при условии оптимального подбора массы груза и соотношения характеристик жёсткости всех упругих элементов).

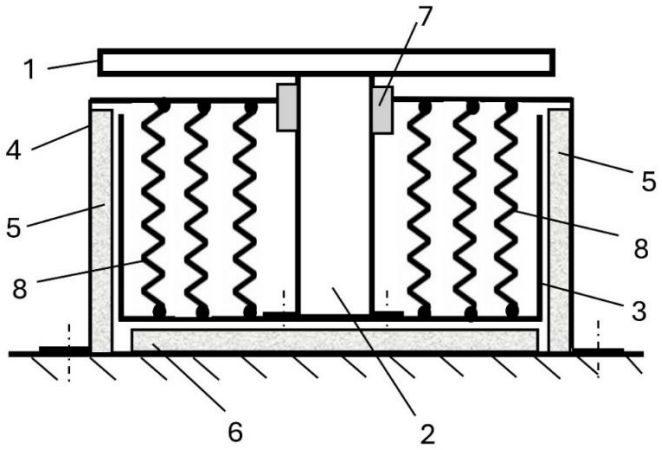


1 – остов сельскохозяйственного оборудования; 2 – основание (фундамент); 3 – основной несущий упругий элемент; 4 – инерционная масса; 5 и 6 – соответственно верхняя и нижняя дополнительные пружины инерционной массы.

Рисунок 1 – **Конструкция динамического гасителя колебаний**

Также для виброзащиты рабочих мест операторов машинно-тракторных агрегатов и виброизоляции стационарных сельскохозяйственных машин предлагается усовершенствованная конструкция пространственного виброизолятора (рисунок 2).

Предлагаемое виброизолирующее устройство работает следующим образом: вибрации основания виброизолируемого оборудования вызывают перемещения цилиндра и гильзы устройства и, в итоге, растяжение комплекта работающих на растяжение пружин малой жёсткости. Применение большого количества пружин, обладающих малой жёсткостью по отдельности, но большой суммарной жёсткостью всей упругой подвески в целом, способствует снижению накопления энергии вибраций и быстрому переходу от дорезонансного к зарезонансному режиму при работе с различными амплитудно-частотными характеристиками работы оборудования без возникновения резонансных явлений.



1 – основание виброизолируемого объекта; 2 – цилиндр; 3 – гильзы; 4 – каркас, 5 – боковые вибродемпфирующие прокладки; 6 – нижняя вибродемпфирующая прокладка; 7 – центрирующее кольцо с антифрикционным покрытием; 8 – комплект работающих на растяжение пружин малой жёсткости.

Рисунок 2 – **Пространственное виброизолирующее устройство**

В результате обеспечивается уменьшение возникающих при вибрации машины или оборудования по сравнению с использованием пружин, работающих на сжатие, боковых перемещений, которые воспринимаются центрирующим кольцом с антифрикционным покрытием и боковыми вибродемпфирующими прокладками, выполненными из упругих материалов. Кроме того, при превышении предельных расчётных значений амплитуды вертикальных колебаний вступает в работу выполненная из упругого материала нижняя вибродемпфирующая прокладка.

Заключение. Предлагаемые варианты совершенствования защиты от вибраций благодаря относительной простоте конструкции позволяют обеспечить эксплуатационную надёжность виброзащитного оборудования и повысить эффективность виброизоляции сельскохозяйственных машин и оборудования различного назначения.

Список литературы

1. *Глушков, С.П.* Новые подходы к обеспечению виброзащиты машин / *С.П. Глушков,*

В.И. Кочергин // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2022. – № 1 (4). – С. 41 - 47.

2. *Зеземко, Н.И.* Исследование вибрации кабины трактора «Беларус» / *Н.И. Зеземко, А.Ф. Безручко* // Агропанорама. – 2020. – № 4. – С. 27 - 30.

3. *Зотов, А.Н.* Виброзащитные и ударозащитные системы пассивного типа на базе упругих элементов с участками квазинулевой жесткости / *А.Н. Зотов* // Известия вузов. Машиностроение. – 2006. – № 7. – С. 10 - 18.

4. *Ковалёв, В.В.* Исследование системы виброизоляции сельскохозяйственных силовых установок с гидравлическими виброопорами / *В.В. Ковалёв* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 12 (206). – С. 111 - 116.

5. *Корытов, М.С.* Использование тарельчатых пружин для создания виброзащитного механизма с участком квазинулевой жесткости / *М.С. Корытов, В.С. Щербаков, И.Е. Почекуева* // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2020. – № 3. – С. 377 - 387.

6. *Кочергин, В.И.* Совершенствование виброзащиты подвижного состава железнодорожного транспорта / *В.И. Кочергин, С.П. Глушков* // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 38 - 40.

7. *Линник, Д.А.* Влияние конструктивного исполнения системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора на развитие профессиональных заболеваний / *Д.А. Линник* // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2019. – № 11. – С. 15 - 23.

8. *Миндрин, В.И.* Виды и причины вибрации энергетических машин / *В.И. Миндрин, Г.В. Пачурин, М.Н. Ребрушкин* // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 5. – С. 32 - 36.

9. *Рогов, И.Е.* Активное подавление вибраций в сельскохозяйственных машинах / *И.Е. Рогов, Л.Н. Ананченко* // Инновационные технологии в науке и образовании: сб. науч. тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: ДГТУ-ПРИНТ, 2020. – С. 243 - 247.

10. *Свирбутович, О.А.* Исследование зависимости смещения тела и амплитуды управления колебаниями объекта виброзащиты колесных транспортных средств / *О.А. Свирбутович, Е.В. Елтошкина, П.И. Ильин* // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 2 (133). – С. 230 - 239. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-2-230-239.

11. *Eltoshkina, E.V.* Evaluation of the limit properties of a solid body system / *E.V. Eltoshkina, P.I. Ilyin, N.I. Ovchinnikova, O.A. Svirbutovich, D.M. Rozhkov* // IOP Conference series: materials science and engineering : 2019 International conference on innovations in automotive and aerospace engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 632. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012023. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012023.

12. *Kochergin, V.I.* Improvement of machine protection against vibration / *V.I. Kochergin, S.P Glushkov* // Transportation Research Procedia. XII International conference on transport infrastructure. – 2022. – Vol. 61 (5). – P. 674 - 680.

Сведения об авторах

Кочергин Виктор Иванович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин». Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)» (630049, Россия, Новосибирск, Д. Ковальчук, 191, тел.: 83833280265, e-mail: vkplus2011@yandex.ru).

Глушков Сергей Павлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин». Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)» (630049, Россия, Новосибирск, Д. Ковальчук, 191, тел.: 83833280265, e-mail: rcpl.glushkov@yandex.ru).

Information about authors

Kochergin Victor I. – doctor of technical sciences, associate professor, head of the department «Technology of transport mechanical engineering and operation of cars». Siberian transport university, Russia, 191, D. Kovalchuk, Novosibirsk, 630049, tel.: 83833280265, e-mail: vkplus2011@yandex.ru).

Glushkov Sergey P. – doctor of technical sciences, professor, professor of the department «Technology of transport mechanical engineering and operation of cars». Siberian transport university, Russia, 191, D. Kovalchuk, Novosibirsk, 630049, tel.: 83833280265, e-mail: rcpl.glushkov@yandex.ru).

УДК 629.06

ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С.П. Матяш, А.Е. Малинина

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

Аннотация. Современное авто – это всегда сочетание пассивных систем безопасности с активными системами.

Под пассивными системами безопасности в авто понимаются такие системы, которые включаются в работу, когда транспортное средство уже попало в ДТП. Либо предполагается, что они отработают при столкновении. К пассивным системам безопасности автомобиля принято относить следующие:

Кузов. Сам кузов должен выполняться прочным, чтобы выстоять при столкновении. При этом речь идёт не только о качестве материалов, но и о качестве проектирования кузова. Даже в самых тяжёлых ДТП он должен «Складываться» таким образом, чтобы не навредить находящимся внутри кузова людям.

В работе рассмотрены основные современные системы пассивной безопасности транспортных средств. Акцент делается на ремнях безопасности, включая историю их развития и инновационные технологии, такие как умные ремни безопасности, ремни с предварительным натяжением и ремни с функцией климат-контроля. Обсуждаются инновационные технологические улучшения, направленные на повышение комфорта и безопасности пассажиров.

Ключевые слова: внешняя пассивная безопасность, ремни безопасности, пневматическая подушка безопасности, дорожно-транспортное происшествие.

INTEGRATION OF MODERN TECHNOLOGIES INTO PASSIVE SAFETY SYSTEMS OF MOTOR VEHICLES

S.P. Matyash, A.E. Malinina

FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

Annotation. A modern car is always a combination of passive safety systems with active systems. Passive safety systems in a car are systems that are activated when the vehicle has already been

in an accident. Or they are supposed to work in a collision. The following are usually considered passive safety systems in a car.

Body. The body itself must be made strong to withstand a collision. This is not only about the quality of the materials, but also about the quality of the body design. Even in the most severe accidents, it must «Fold» in such a way as not to harm the people inside the body.

The paper reviews the main modern passive safety systems of vehicles. The emphasis is on seat belts, including the history of their development and innovative technologies such as smart seat belts, pre-tensioning belts and belts with climate control function. Innovative technological improvements aimed at increasing passenger comfort and safety are discussed.

Key words: external passive safety, seat belts, pneumatic airbag, traffic accident.

Введение. Автомобильная безопасность разделяется на активную и пассивную. Активная – для предотвращения столкновений, пассивная – для защиты пассажиров при аварии.

Современные ремни безопасности созданы по трёхточечной технологии *Volvo*. Идея возникла в 19 веке в период недостаточной безопасности пассажиров.

Материалы и методы. Ремни безопасности в автомобильной промышленности изначально были символическими, но стали необходимыми с ростом скорости автомобилей и частоты аварий. Общественный интерес к ремням безопасности в автомобилях вырос в 1930-1940-х годах, когда осознали необходимость защиты от рисков дорожных происшествий. Автопроизводители начали уделять больше внимания удерживающим устройствам для безопасности [1].

Результаты и обсуждение. Инженер Нильс Бохлин разработал трёхточечный ремень безопасности для *Volvo* в 1959 году после опыта с катапультируемыми креслами для самолётов. Этот ремень, известный как «Ремень Бохлина», обеспечивает комплексную фиксацию верхней и нижней части тела, предотвращая перемещение пассажиров вперёд или в сторону во время столкновения [1].

В настоящее время ремни безопасности для автомобилей продолжают активно развиваться благодаря новым технологиям.

Умные ремни безопасности. Одно из самых современных направлений в автомобилестроении, это интеграция инновационных концепций безопасности. В современной парадигме обеспечения безопасности транспортных средств значительное внимание уделяется умным ремням безопасности. Данные технологии являются умными, отличающимися от традиционных пассивных ремней, благодаря своей интеллектуальной функциональности.

Умные ремни безопасности оборудованы сенсорами, способными мониторить различные параметры, такие как занятость сиденья водителя, габариты пассажира, а также физиологические показатели, такие как частота сердечных сокращений, температура тела. Эти данные используются для автоматической оптимизации натяжения и положения ремня, обеспечивая идеальный баланс между уровнем обеспечения безопасности и комфортом для пассажиров.

Специализированные датчики, встроенные в ремни безопасности и в чехлы сидений, являются основой работы умных ремней безопасности. Эти датчики обеспечивают непрерывный мониторинг и автоматическое регулирование

параметров ремней, что значительно повышает эффективность и надёжность системы пассивной безопасности автотранспортных средств.

Одним из ключевых компонентов системы пассивной безопасности автотранспортных средств является датчик, размещённый на внутренней поверхности ремня безопасности. Этот датчик предназначен для мониторинга сердечного ритма водителя, что позволяет своевременно обнаруживать возможные проблемы и реагировать на них. Все эти инновационные решения ставят своей целью обеспечение максимальной безопасности и комфорта вождения автотранспортных средств.

Второй датчик, установленный в спинке сиденья, выполняет функцию мониторинга частоты дыхания водителя. Третьим ключевым компонентом системы безопасности является модуль обработки сигналов (*SPU*), размещённый под сиденьем. Основной задачей *SPU* является анализ информации, поступающей от обоих датчиков (рисунок 1). При обнаружении признаков возможной усталости водителя, указывающих на критическое состояние, система генерирует соответствующий сигнал тревоги, предупреждая водителя о возможном риске [1].

Ремни безопасности с предварительным натяжением. В современном инженерном проектировании систем пассивной безопасности транспортных средств активно применяются самозатягивающиеся ремни безопасности с предварительным натяжением. Эти инновационные устройства регулируют уровень натяжения ремней в случае внезапных остановок или столкновений, обеспечивая надёжную фиксацию пассажиров даже в динамичных ситуациях.

Использование преднатяжителей ремней безопасности позволяет заранее устанавливать оптимальное натяжение ремня, предотвращая его излишнее растяжение при аварийном торможении. Данное устройство блокирует проскальзывание ремня безопасности ещё до того, как пассажир начнёт движение, обеспечивая стабильное положение человека в сидении и уменьшая вероятность получения травм при столкновении головы с лобовым стеклом или приборной панелью [2].



Рисунок 1 – **Умные ремни безопасности**

Ремни безопасности с климат-контролем. Для повышения эффективности и комфортности использования ремней безопасности в автотранспортных средствах, важно разрабатывать инновационные концепции, учитывающие современные требования безопасности. В рамках данного подхода предлагается внедрение ремней безопасности с интегрированными системами климат-контроля.

Эти усовершенствованные ремни безопасности представляют собой конструкцию, обогащённую специальными накладками для оптимизации комфорта при ношении.

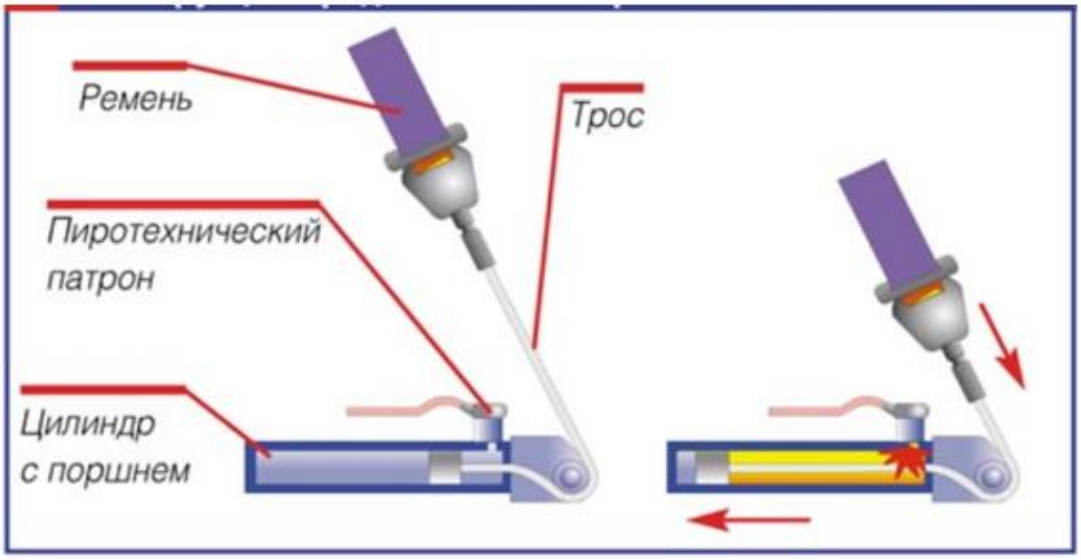


Рисунок 2 – **Ремни безопасности с предварительным натяжением**

Одним из ключевых элементов инновационных ремней безопасности являются функции контроля температуры. Это позволяет поддерживать оптимальный тепловой режим на протяжении всего путешествия, что повышает удобство и безопасность использования ремня. Такой подход способствует созданию более современной и интегрированной системы пассивной безопасности автотранспортных средств, соответствующей современным стандартам безопасности и комфорта [3].

Биометрическая обратная связь. В данной концепции, в ремни безопасности пассажиров интегрированы специальные биометрические датчики, предназначенные для постоянного контроля и оценки их состояния здоровья и самочувствия. Данные датчики способны обнаруживать возникновение чрезвычайных ситуаций, таких как сердечные приступы или потеря сознания, и автоматически оповещать службы экстренной помощи о возникшей ситуации. Это позволит оперативно реагировать на подобные происшествия и предоставлять необходимую медицинскую помощь пассажирам с минимальными задержками.

Кроме ремней безопасности существуют другие системы пассивной безопасности. Одними из них являются подушки безопасности.

Подушки безопасности. Развитие систем пассивной безопасности для автотранспортных средств имеет долгую историю, начиная с идеи использования мягких подушек для защиты от ударов, которая возникла ещё в 1919 году. Однако первые упоминания надувных подушек для защиты пассажиров при

автомобильных столкновениях появились лишь в 1941 году. Первые патенты на подобные системы были зарегистрированы в 1950-х годах, а в те же времена были созданы первые опытные образцы подушек.

Значительный прорыв в области безопасности в автомобильной промышленности произошёл в 1971 году, когда американская компания *Ford* выпустила экспериментальную партию автомобилей *Taunus* 20M P7B, оснащённых подушками безопасности. Также в это время *General Motors* создало собственную систему *Air Cushion Restraint System* (*ACRS*) и внедрило эти подушки в опытную партию из 1000 автомобилей *Chevrolet Impala* 1973 модельного года.

В Соединенных Штатах Америки в 1970-е годы начали появляться сообщения о происшествиях на дорогах с участием автомобилей, движущихся со значительно более высокими скоростями (от 65 до 80 км/ч), в результате которых пассажиры автомобилей, хоть и получали травмы, но оставались живы, благодаря установленным в них подушкам безопасности. Это дало понимание необходимости интеграции подушек безопасности во все модели автомобилей любых производителей, что является лишь вопросом времени с точки зрения современного взгляда на безопасность в автотранспортных средствах.

Крупные мировые автопроизводители к 2020 году, в автотранспортных средствах увеличили количества установленных подушек безопасности до 16. Это включает две фронтальные подушки, две коленные подушки (для водителя и пассажира), четыре боковые подушки (по две на первом и втором ряду сидений), четыре подушки-шторки (левая и правая на двух рядах), центральную подушку (для предотвращения столкновения водителя и пассажира при боковом ударе), центральную для второго ряда сидений и фронтальные для второго ряда. Также возможно наличие боковых и подушек-шторок для третьего ряда сидений [1].

Внешние подушки безопасности. В области пассивной безопасности автотранспортных средств современный подход включает в себя разработку внешних подушек безопасности. Эти устройства представляют собой инновационные средства защиты, обеспечивающие безопасность не только для пассажиров внутри транспортного средства, но и для окружающих участников дорожного движения. Одним из знаковых примеров таких технологий является подушка безопасности для пешеходов, впервые внедрённая в серийное производство автомобиля *Volvo V*40 в 2012 году. Эта инновация представляет собой механизм, который активируется при наезде и защищает область нижней части лобового стекла, снижая травматичность столкновения для пешеходов.

Не менее интересным технологическим достижением стала разработка экспериментальной боковой наружной подушки безопасности компанией *TRW Automotive* в 2013 году. В отличие от внутренних боковых подушек, которые срабатывают в момент столкновения, внешняя боковая подушка предназначена для предупреждения удара и раскрывается за доли секунды перед столкновением. Для активации этого механизма необходимо наличие высокоточных радаров и камер, способных узнавать неизбежность столкновения. Такие инновационные решения открывают новые перспективы в области безопасности на дорогах,

обеспечивая более эффективную защиту как для участников движения внутри автомобиля, так и для внешних участников дорожного пространства.

Подушки безопасности для мотоциклистов. Рассматривая инновации безопасности в области мотоциклов, стоит выделить впечатляющие технологические решения. Примером тому служат жилеты для мотоциклистов, оборудованные встроенной надувной подушкой безопасности, как, например, *Helite Airnest*. Данная система срабатывает при падении в течение 0,1 секунды благодаря использованию углекислотного баллона. Это свидетельствует о непрерывном развитии систем пассивной безопасности, которые постоянно совершенствуются с целью обеспечения безопасности для участников дорожного движения.

Заключение. В современном мире инновации играют ключевую роль в повышении уровня безопасности транспортных средств, делая акцент на адаптации к индивидуальным нуждам и состоянию пользователей. Также можно отметить, что системы пассивной безопасности продолжают активно развиваться, создавая всё новые и новые технологии для безопасности всех участников дорожного движения и может быть, в будущем, появится такая автоматизированная система, которая предотвратит любые происшествия на дорогах.

Список литературы

1. *Алдошин, Г.Т.* Основы расчета систем автомобилей, обеспечивающих безопасность движения: Учебное пособие / *Г.Т. Алдошин*. – СПб. : Лань, 2015. – 144 с.

2. *Бадагуев, Б.Т.* Эксплуатация транспортных средств (организация и безопасность движения) / *Б.Т. Бадагуев*. – М. : Альфа-Пресс, 2018. – 240 с.

3. *Пугачёв, И.Н.* Организация и безопасность дорожного движения / учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / *И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко*. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

Сведения об авторах

Матяш Сергей Петрович – ст. преподаватель кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Новосибирская область, Новосибирск, Добролюбова, 160, тел.: 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru.

Малинина Алёна Евгеньевна – студентка инженерного института Новосибирского государственного аграрного университета, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 630039, Россиия, Новосибирск, Добролюбова, 160, тел.: +79139281048, e-mail: Akasiben23@gmail.com.

Information about the authors

Matyash Sergey P. – senior lecturer of the department of automobiles and tractors of the federal state budgetary educational institution of higher education Novosibirsk state agrarian university, 630039, Novosibirsk region, Novosibirsk, Dobrolyubova, 160, tel.: 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru.

Malinina Alena E. – student of the engineering institute of the Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk state agrarian university, 630039, Russia, Novosibirsk, Dobrolyubova, 160, tel.: +79139281048, e-mail: Akasiben23@gmail.com.

УДК 621. 043

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЁМ ПРЕДПУСКОВОГО РАЗОГРЕВА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

С.П. Матяш, А.П. Сырбаков

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

Аннотация. Для упрощения зимнего пуска в дизельных моторах используются свечи накаливания, которые за считаные секунды прогревают камеру сгорания. После поворота ключа в замке зажигания на приборной панели загорается значок (обычно в виде спирали), который гаснет уже через 2-5 секунд. Это означает, что можно заводить автомобиль. Если в машине предусмотрена кнопка пуска двигателя, всё обстоит ещё проще: после нажатия на неё система автоматически выдерживает необходимую паузу, затем запускает стартер.

В статье рассмотрены особенности запуска автотракторных дизельных двигателей в период зимней эксплуатации и предложены наиболее перспективные способы тепловой подготовки с использованием подогревателя жидкости системы охлаждения, подогрева моторного масла и подогрева воздуха во впускном коллекторе.

***Ключевые слова*:** подогреватель охлаждающей жидкости, зимний период, предпусковая подготовка дизельных двигателей.

EFFICIENCY OF THERMAL PREPARATION OF A DIESEL ENGINE BY PRE-START HEATING OF THE COOLING SYSTEM

S.P. Matyash, A.P. Syrbakov

FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

Annotation. To simplify winter starting, glow plugs are used in diesel engines, which warm up the combustion chamber in a matter of seconds. After turning the key in the ignition switch, an icon (usually in the form of a spiral) lights up on the dashboard, which goes out after 2-5 seconds. This means that you can start the car. If the car has an engine start button, everything is even simpler: after pressing it, the system automatically maintains the required pause, then starts the starter.

The features of starting automobile and tractor diesel engines during winter operation are considered and the most promising methods of thermal preparation using a coolant heater of the cooling system, heating engine oil and heating air in the intake manifold are proposed.

Key words: coolant heater, winter period, pre-start preparation of diesel engines.

Введение. В период зимней эксплуатации автотракторных дизельных двигателей существенно осложняется запуск из-за повышенной вязкости моторного масла и крутящего момента при вращении коленчатого вала двигателя [1, 3].

Материалы и методы. Увеличение вязкости моторного масла в зимний период провоцирует значительный износ узлов двигателя, силовой передачи и ходовой части тракторов [4].

Увеличение вязкости дизельного топлива происходит с понижением температуры воздуха, что существенно увеличивает запуск дизельных двигателей до 25…55 минут [2, 5].

Согласно проведённым исследованиям, один запуск дизельных двигателей в условиях низких температур окружающего воздуха без использования предпусковой подготовки с точки зрения износа трущихся пар двигателя приравнивается к работе двигателя в интервале 0,3…0,9 часа.

В настоящее время для улучшения запуска дизельных двигателей в зимний период используется множество средств и способов тепловой подготовки [6].

Результаты и обсуждение. Одним из наиболее передовых способов улучшения предпусковой подготовки дизельных двигателей является использование электроподогрева жидкости системы охлаждения.

Благодаря применению электроподогрева жидкости системы охлаждения дизельных двигателей выявляются следующие достоинства:

- Высокая надёжность электроподогревателей;
- Компактность электроподогревателей;
- Возможность быстрого разогрева охлаждающей жидкости, вследствие увеличения мощности нагревателя;
- Экономия времени предпусковой подготовки.

Использование электроподогрева жидкости системы охлаждения дизельных двигателей существенно улучшает пусковые характеристики [2, 6].

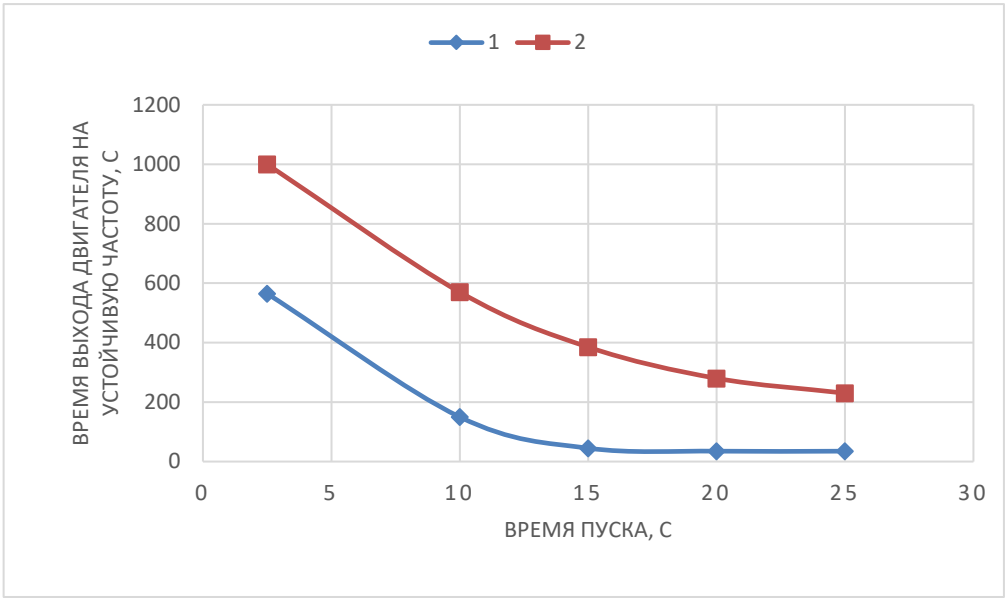
Вследствие использования электроподогрева происходит не только нагрев жидкости системы охлаждения дизельных двигателей, но и нагрев моторного масла и впускного воздуха через теплопроводность металла.

Объектом исследования является дизельный двигатель СМД-62.

Для нагрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 использовался нагревательный элемент трубчатого исполнения, выполненный из нержавеющей трубы и имеющий мощность 4 кВт.

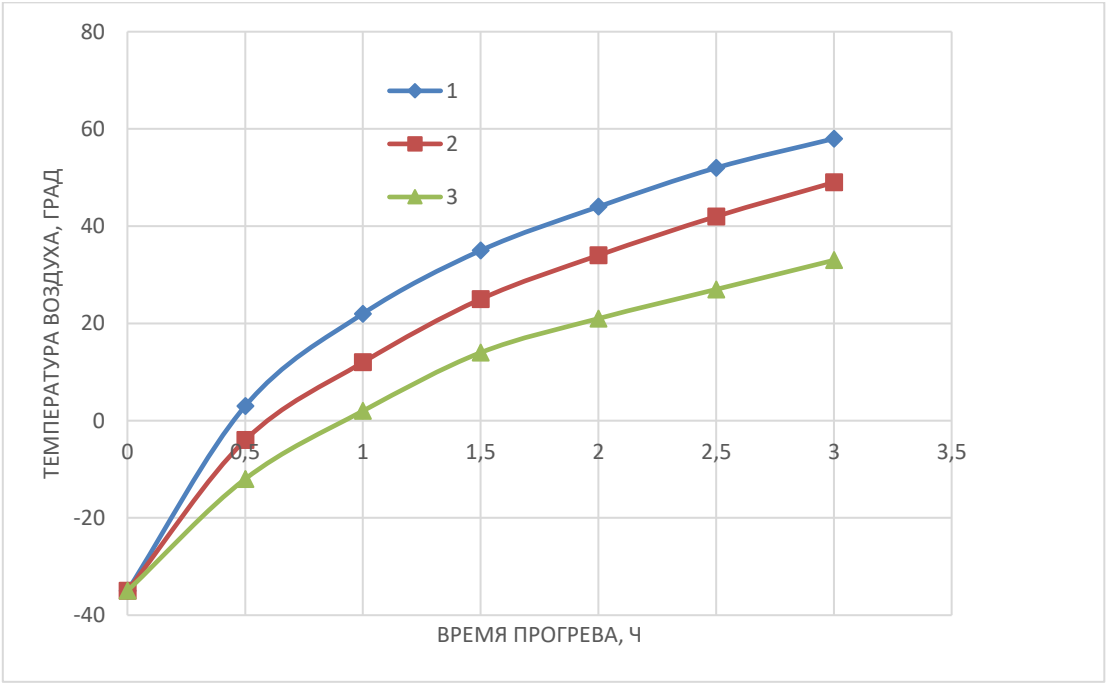
График, определяющий зависимость времени пуска дизельного двигателя СМД-62 и времени с наиболее устойчивой частотой вращения коленчатого вала двигателя представлен на рисунке 1.

График, определяющий интенсивность прогрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в головке блока цилиндров, блоке цилиндров, моторном масле и воздуха во впускном коллекторе при температуре воздуха минус 36° С показан на рисунке 2.



1 – время пуска; 2 – время выхода дизельного двигателя на устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя.

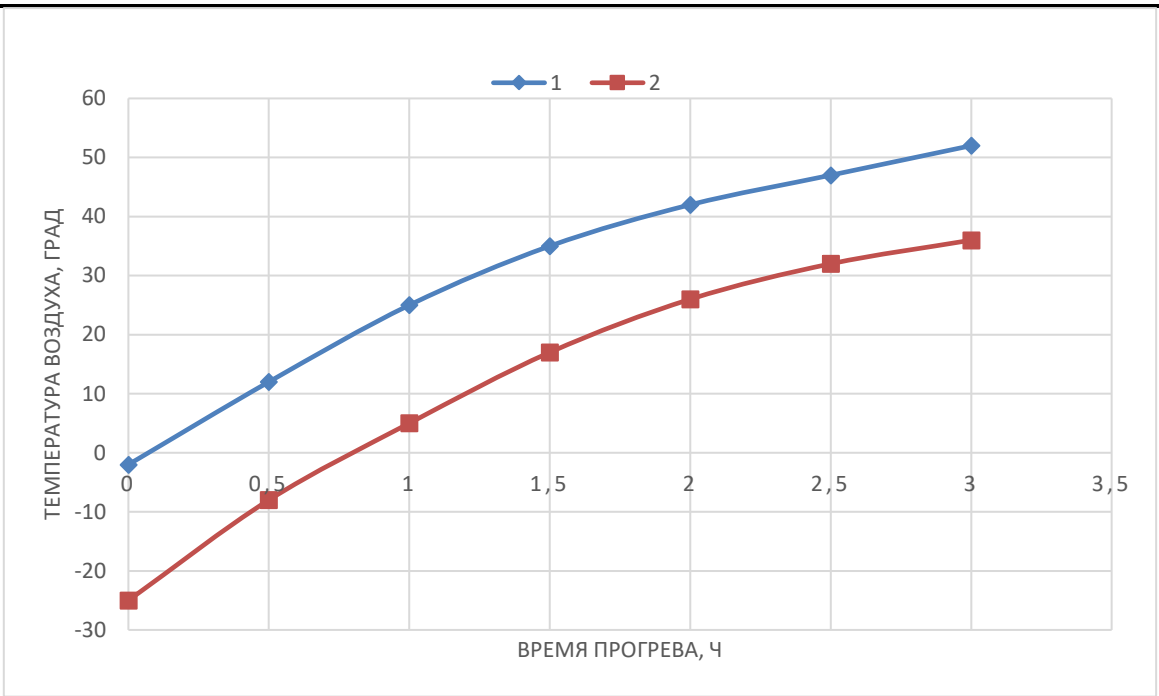
Рисунок 1 – **График зависимости времени пуска дизельного двигателя СМД-62 и времени с наиболее устойчивой частотой вращения коленчатого вала двигателя**



1 – головка блока цилиндров; 2– блок цилиндров; 3 – впускной коллектор.

Рисунок 2 – **График интенсивности прогрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в головке блока цилиндров, блоке цилиндров, моторном масле и воздуха во впускном коллекторе**

График зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период представлен на рисунке 3.



1 – при -3° С; 2 – при -26° С.

Рисунок 3 – **График зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период**

Благодаря проведенному эксперименту для улучшения запуска дизельного двигателя СМД-62 рассмотрена его предпусковая подготовка. Подогрев системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в течении одного часа с использованием электрического нагрева в диапазоне температур окружающего воздуха от -3° С до -26° С показал, что при данной тепловой подготовке запуск двигателя возможен в течении одной минуты, а общее время выхода на устойчивую частоту вращения коленчатого вала имеет диапазон от 36 до 1112 с. При этом наблюдается существенное ухудшение и затруднение процесса запуска и невозможности выхода на устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя при прогреве менее одного часа, что характеризуется повышенной дымностью, увеличением расхода топлива из-за неполного сгорания топлива и снижением мощности.

Как видно из графика представленного на рисунке 1 при температуре воздуха -25° С дизельный двигатель СМД-62 в течении довольно большого промежутка времени не может выйти на протекание стабильного рабочего процесса.

Наибольший эффект от использования электрического подогрева системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 достигается при работе более двух часов, что характеризуется протеканием стабильного рабочего процесса после пуска (рисунок 2). Прогрев системы охлаждения в течении данного времени за счет теплопроводности металла позволяет ещё подогреть моторное масло до меньшего значения сопротивления проворачивания коленчатого вала и воздух во впускном коллекторе, что благоприятно сказывается на пусковые характеристики двигателя.

На рисунке 3 показан график зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период в диапазоне

температур от -3° С до -26° С. Как видно с увеличением времени прогрева дизельного двигателя СМД-62 наблюдается повышение температуры воздуха во впускном коллекторе. Трёхчасовой прогрев двигателя в диапазоне температур от -3° С до -26° С позволяет подогреть воздух во впускном коллекторе до 53° С и 37° С. При дальнейшей работе подогревателя температура воздуха во впускном коллекторе будет повышаться.

Заключение. Из довольно большого разнообразия средств и способов тепловой подготовки проведённые исследования по улучшению пусковых качеств дизельного двигателя СМД-62 показали, что одним из наиболее передовых способов улучшения предпусковой подготовки дизельных двигателей является использование электроподогрева жидкости системы охлаждения.

Список литературы

1. *Корчуганова, М.А.* Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / *М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков* // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 134 - 142.

2. *Корчуганова, М.А.* Экспериментальные исследования процесса электроразогрева картерного масла / *М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков* // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Томск, 21-23 мая 2015 года / Юргинский технологический институт; Ответственный редактор: Д.А. Чинахов. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 460 - 463.

3. *Пустыльников, С.А.* Повышение возможности пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / *С.А. Пустыльников, А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова* // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12-13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 240 - 242.

4. *Рудых, А.А.* Анализ установок для замены масла в двигателе и коробках передач / *А.А. Рудых, А.И. Аносова, П.И. Ильин* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции : в IV томах, Иркутск, 17-18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 160 - 165.

5. *Сырбаков, А.П.* Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / *А.П. Сырбаков* // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы : Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово : Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27 - 31.

6. *Сырбаков, А.П.* Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур / *А.П. Сырбаков, С.П. Матяш, Н.Н. Бережнов* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23-24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 29 - 36.

Сведения об авторах

Матяш Сергей Петрович – ст. преподаватель кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБО ВО Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Новосибирская область, Новосибирск, Добролюбова, 160, тел.: 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru.

Сырбаков Андрей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобили и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, Новосибирск, Добролюбова, 160, тел.: 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Information about the authors

Matyash Sergey P. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov. 160, тел.: 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Syrbakov Andrey P. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of automobiles and tractors of the faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov, 160, тел.: 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

УДК 519.213.7: 631.3

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.И. Овчинникова, М.А. Быкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье рассматривается функционирование сельскохозяйственной человеко-машинной системы с точки зрения её устойчивости, состоящей из независимых структурных элементов, реализующей различные технологические процессы аграрного производства. Теоретической основой проведённых исследований послужили методы системного и вероятностно-статистического анализа. В качестве основного оценочного показателя принята вероятность устойчивого функционирования рассматриваемой системы. Количественные значения этого показателя позволят разрабатывать мероприятия по выявлению взаимосвязей между выходными параметрами сельскохозяйственных процессов, повышению их эффективности, работоспособности и устойчивости системы в целом.

Ключевые слова: сельскохозяйственная технологическая система, устойчивое функционирование системы, функция распределения, функция плотности вероятности, закон распределения вероятностей.

ANALYTICAL ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THE FUNCTIONING OF AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL SYSTEMS

N.I. Ovchinnikova, M.A. Bykova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article examines the functioning of an agricultural human-machine system from the point of view of its stability, consisting of independent structural elements implementing various technological processes of agricultural production. The theoretical basis of the conducted

research was the methods of systematic and probabilistic statistical analysis. The probability of stable functioning of the system under consideration is accepted as the main evaluation indicator. The quantitative values of this indicator make it possible to develop measures to identify the relationships between the output parameters of agricultural processes, increase their efficiency, efficiency and stability of the system as a whole.

Key words: agricultural technological system, sustainable functioning of the system, distribution function, probability density function, probability distribution law.

Введение. Любой технологический процесс в агропромышленном комплексе (АПК) по подготовке почвы к посеву, возделыванию различных сельскохозяйственных культур, внесению удобрений, уборке урожая зерна и овощей, заготовке кормов и др. осуществляется в основном одним или несколько числом обслуживающего персонала (оператор, механик, машинист-тракторист, переборщик, водитель и т.п.), работающими на машинно-тракторном агрегате (МТА) или комбайне в определённых агроклиматических и почвенных условиях. Этот процесс можно рассматривать как функционирование сельскохозяйственной технологической системы (СТС), представляющей собой совокупность функционально взаимосвязанных исполнителей и аграрной техники [9, 10, 12]. Под устойчивостью функционирования или функциональной устойчивостью рассматриваемой системы будем понимать такое её состояние, при котором она способна поддерживать намеченный режим функционирования с выполнением соответствующих технологических операций, обеспечивающих установленные в нормативной документации производственные показатели, несмотря на воздействие как внутренних (между структурными подсистемами), так и внешних (влияние окружающей среды) факторов [2, 3, 7]. Состояние системы может стать неустойчивым, если какие-либо изменяющиеся во времени её характеризующие параметры, достигнут своих предельных значений, что может привести к прекращению её функционирования, а в некоторых случаях, к аварийной ситуации.

Результаты и обсуждение. Граф переходов рассматриваемой СТС из устойчивого в неустойчивые состояния приведён на рисунке 1.

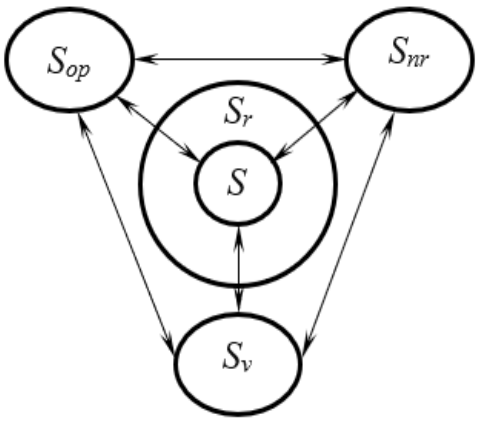


Рисунок 1 – **Граф состояний сельскохозяйственной технологической системы**

Устойчивым будет являться исправное состояние (S), при котором система эксплуатируется согласно всем требованиям нормативно-технической документации, а её фактические параметры не достигают предельных значений. В

работоспособном состоянии (S_r), когда система обладает структурной исправностью и функциональной способностью выполнения требуемых действий в течение заданного времени, но возможны отклонения параметров системы от нормативных, не влекущие недопустимого снижения производительности и качества продукции, или увеличения затрат на её функционирование. Возможны переходы системы во вредное (S_v) или опасное (S_{op}) состояния как из S_r, так и непосредственно из S по причине возникновения либо технической неисправности, либо пресловутого «Человеческого фактора» (неквалифицированность, усталость, невнимательность и др.). Переходы из S_r в S_{nr} состояние (наличие структурной неисправности или неспособности выполнять требуемые функции в течение заданного времени) система принимает из всех перечисленных состояний.

Иными словами, устойчивое функционирование СТС характеризуется большим набором неоднородных случайных факторов (организационные, управленческие, технические, технологические и др.) и подразумевает наличие производственной и экологической безопасности, что позволяет применять вероятностно-статистический аппарат для её описания. Поддержание работоспособного и эффективного устойчивого функционирования технологических систем в аграрном производстве является актуальной задачей, решению которой посвящены исследования многих учёных [6, 11, 13, 14].

Приняв допущение о том, что время работы СТС до возникновения опасной, вредной или неработоспособной ситуации из-за «Отказа» «Человека» или «Машины» по одной или нескольким разнообразным причинам, является непрерывной случайной величиной, будем считать, что в момент времени t состояние устойчивого функционирования сельскохозяйственной технологической системы описывается двумерной случайной величиной (системой двух случайных величин) или случайным вектором [5]:

$$\overline{U}(t) = [X(t), Y(t)], \quad (1)$$

компонентами которого являются одномерные случайные величины (непрерывные), характеризующие устойчивую работу управленческой («Человека», X) и технической («Машины», Y) подсистем. Полной характеристикой случайного вектора $\overline{U}(t)$ является закон распределения, который может быть задан аналитически в виде функций плотности вероятности (дифференциальной функции $f(u)$, полученной композиционным методом [8], или $f_1(x)$ и $f_2(y)$ – соответствующие плотности распределения случайных величин X и Y), а также функции распределения (интегральной функции $F(X, Y, t)$, определяющей для каждой двойки чисел (x, y) вероятность того, что, X примет значение, меньшее x, при этом Y примет значение, меньшее y, т.е.:

$$F(X, Y, t) = \mathrm{P}\,[X(t)<x, Y(t)<y]. \quad (2)$$

Геометрический смысл этого равенства состоит в том, что $F(X, Y, t)$ есть вероятность того, что случайная точка (X, Y) попадёт в бесконечный квадрат с вершиной (x, y), расположенной левее и ниже этой вершины.

Выбор конкретного вида распределения затрудняется профессиональными и психофизиологическими особенностями оператора, различиями технологических операций при эксплуатации сельскохозяйственных машин и комплексов

различной конструкции. Зная законы распределения отдельных случайных величин *X* и *Y*, входящих в систему, найти закон распределения всей системы в общем случае затруднительно. Это можно сделать только тогда, когда случайные величины, образующие систему, независимы, т.е., если закон распределения каждой из них не зависит от того, какое значение приняла другая величина. Функция распределения двумерного случайного вектора в случае независимости его компонент определится произведением интегральных функций, описывающих законы распределения соответствующих случайных величин [5]:

$$F(X,Y,t) = F_X(t) \cdot F_Y(t), \quad (3)$$

где

$$FX(t) = P[X(t)< x], FY(t) = P[Y(t)<y].$$

Для аналитического оценивания устойчивости функционирования рассматриваемой технологической системы может служить вероятность попадания случайной точки (*X*, *Y*) в область *D*, характеризующую функциональную устойчивость системы, определяемая с помощью двойного интеграла по этой области от произведения плотностей распределения:

$$P[X(t),Y(t)] = \iint_D f_1(x) \cdot f_2(y)dxdy. \quad (4)$$

Для вычисления значения этого вероятностного показателя достаточно знать аналитические выражения дифференциальных функций распределения времени устойчивого функционирования компонент (подсистем) человеко-машинной системы, осуществляющих конкретный сельскохозяйственный технологический процесс в течение требуемого промежутка времени.

В большинстве случаев общепринято рассматривать устойчивость с позиции надёжности сложных систем [1,4], к которым можно отнести и рассматриваемую СТС, где получили распространение такие законы распределения случайных величин, как экспоненциальный, Вейбулла, Релея, нормальный и его модификации [8], в которых функции плотности распределения вероятностей известны.

Заключение. Учитывая условия неопределённости состояний сельскохозяйственной технологической системы и воздействующих на неё случайных факторов, приведённая вероятность в формуле (4) призвана сыграть важную оценочную роль устойчивого функционирования системы, позволяющую определять необходимость совершенствования технологий и процессов в АПК, грамотного подбора кадров и модернизации человеческого труда, выявления рисков невыполнения требуемого перечня функций и задач, а также разработки мероприятий для ликвидации критических ситуаций.

Список литературы

1. *Воронцова, А.Н.* Оценка надежности технологической системы с целью формирования реестра рисков / *А.Н. Воронцова А.Н., С.Г. Баев, П.А. Коваленко П.А., М.А. Саурин* // Материалы IX Международной молодежной научной конференции «Молодёжь и XXI-2019». 2019. Т. 5, С. 98 - 101.

2. *Воскобоев, В.Ф.* Структура совместной оценки устойчивости и безопасности функционирования технического объекта / *В.Ф. Воскобоев, Ю.Н. Рейхов* // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2013. № 2, С. 6 - 14.

3. *Гафаров, А.А.* К вопросу о повышении устойчивости и эффективности технологических процессов при возделывании овощей / *А.А. Гафаров, Р.А. Махмудов, Р.Э. Махмуродов, З.К. Дахунси* // Вестник Технологического университета Таджикистана. 2020. № 4 (43). – С. 28 - 35.

4. *Глемба, К.В.* Концепция повышения эффективности транспортно-технологической системы в сельской хозяйстве / *К.В. Глемба, А.В. Грищенко, А.М. Плаксин* // Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции «Актуальные вопросы агроинженерных и агрономических наук» Института агроинженерии, Института агроэкологии, Челябинск, 2021. – С. 54 - 60.

5. *Гмурман, В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / *В.Е. Гмурман* // Учебник для вузов. – М. : Изд.-во Юрайт, 2023 – 479 с.

6. *Лиханов, В.А*. К вопросу о решении задачи теории устойчивости для систем управления трактором / *В.А. Лиханов, О.П. Лопатин, А.Н. Максимов, Н.Н. Белова, О.Г. Огнев* // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 63. – С. 21 - 24.

7. *Носиков, С.С.* Исследование устойчивости движения транспортно-технологических машин / *С.С. Носиков, П.В. Сиротин* // Студенческая научная весна – 2023. Материалы региональной научно-технической конференции (конкурса научно-технических работ) студентов, аспирантов и молодых учёных вузов Ростовской области. Новочеркасск, 2023. – С. 40.

8. *Овчинникова, Н.И.* Композиционный метод оценки времени между отказами сельскохозяйственной уборочно-транспортной системы / *Н.И. Овчинникова, А.В. Косарева* // Вестник ИрГТУ, т. 22 - № 10 – 2018 – С. 46 - 55.

9. Ovchinnikova, N.I. A simple semi-markov model of functioning of agricultural cleaning and transport system / *N.I. Ovchinnikova, F.V. Kosareva, V.V. Bonnet, E.V. Eltoshkina* // The international conference “Information technologies in business and industry”, Novosibirsk, 18-20 february 2019. – Том 1333.

10. *Овчинникова, Н.И.* Вероятностно-статистический подход к оценке безопасной эксплуатации мобильной техники аграрного производства / *Н.И. Овчинникова, М.А. Быкова* // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. – Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции. – Изд-во : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина (Майский), 2023. - Том 4. – С. 118 - 119.

11. *Павлидис, В.Д.* Стохастическое моделирование технологического процесса производства комбинированных кормов / *В.Д. Павлидис, М.В. Чкалова, В.А. Шахов* // Журнал «Достижения науки и техники АПК», 2022. – Т. 36. № 10. – С. 78 - 83.

12. *Смагин, Б.И.* Случайные явления и процессы в сельскохозяйственном производстве / *Б.И. Смагин* // Сб. статей по материалам Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК». 2022. – Изд-во ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет». – С. 411 - 415.

13. *Ставровский, М.Е*. Оценка эффективности технологической системы по критериям ее работоспособности / *М.Е. Ставровский, А.Ю. Албагачиев, М.И. Сидоров, А.В. Рагуткин* // Журнал «Вестник машиностроения». – 2021. - № 2. – С. 81 - 87.

14. *Терютина, М.М*. Системный подход к вопросам устойчивого развития в сельскохозяйственных и продовольственных системах / *М.М. Терютина* // Журнал «Естественно-гуманитарные исследования». – 2022. - № 43 (5). – С. 305 - 315.

Сведения об авторах

Овчинникова Наталья Ивановна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой математики инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: 89500840458, e-mail: nata54@bk.ru).

Быкова Мария Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: 89041533625, e-mail: krivcova_mar@mail.ru).

Information about authors

Ovchinnikova Natalia I. – doctor of technical sciences, professor, head of department of mathematics, faculty of engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89500840458, e-mail: nata54@bk.ru).
Bykova Maria A. – candidate of economic sciences, ass. prof. of the department of mathematics, faculty of engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89041533625, e-mail: krivcova_mar@mail.ru).

УДК 621.436

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ДИЗЕЛЯ НА ДИЗЕЛЬНО-СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ

Л.И. Сидорова, Е.А. Сидоров, Н.С. Сенин, А.А. Шибалков

ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина,
Ульяновск, Россия

Аннотация. В статье проанализированы адаптированные системы питания и смесеобразования дизеля для работы на дизельно-смесевом топливе. Дизельные двигатели являются одними из наиболее распространённых типов двигателей внутреннего сгорания. Они обладают рядом преимуществ, таких как мощность, надёжность и долговечность, поэтому используются в автотракторной технике. Однако для эффективной работы дизеля необходимо использовать специальное топливо, которое обеспечивает оптимальное смесеобразование и сгорание. Дизельно-смесевое топливо представляет собой смесь минерального дизельного топлива и растительного масла [1, 5]. В последние годы всё больше внимания уделяется разработке и использованию альтернативных видов топлива, таких как биодизель и растительные масла, их применение позволяет снизить вредные выбросы и повысить экологическую безопасность автотракторной техники [6]. Дизельно-смесевое топливо уже используется в некоторых странах, особенно в Европе, где законодательство предъявляет высокие требования к экологической безопасности транспорта [4]. В России также проводятся исследования и разработки в этой области.

Ключевые слова: дизель, система питания дизеля, дизельное смесевое топливо, автотракторная техника, адаптация, экологичность.

POWER SUPPLY AND MIXTURE FORMATION SYSTEMS DIESEL ENGINES ON DIESEL-MIXED FUEL

L.I. Sidorova, E.A. Sidorov, N.S. Senin, A.A. Shibalkov

FSBEI HE Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin
Ulyanovsk, Russia

Annotation. The article analyzes adapted fuel and mixture formation systems of diesel engines for operation on diesel-mixed fuel. Diesel engines are one of the most common types of internal

combustion engines. They have a number of advantages, such as power, reliability and durability, so they are used in automotive equipment. However, for efficient operation of a diesel engine, it is necessary to use special fuel that ensures optimal mixture formation and combustion. Diesel-mixed fuel is a mixture of mineral diesel fuel and vegetable oil. In recent years, more and more attention has been paid to the development and use of alternative fuels, such as biodiesel and vegetable oils, their use allows to reduce harmful emissions and improve the environmental safety of motor vehicles. Diesel-mixed fuel is already used in some countries, especially in Europe, where legislation places high demands on the environmental safety of transport. Research and development in this area is also being conducted in Russia.

Key words: diesel, diesel fuel system, diesel mixed fuel, motor vehicles, adaptation, environmental friendliness.

Введение. Системы питания и смесеобразования дизеля играют важную роль в работе двигателя. Они отвечают за подачу топлива в цилиндры и его смешивание с воздухом для создания горючей смеси. Дизельные двигатели используют различные системы питания и смесеобразования, которые обеспечивают надёжную работу и соответствие экологическим нормам.

Рассмотрим систему питания и смесеобразования насос-форсунки, так как она используется на тракторах типа МТЗ, в этой системе топливный насос высокого давления (ТНВД) подаёт топливо непосредственно к форсункам, которые впрыскивают его в цилиндры. Это обеспечивает высокую точность и быстроту впрыска, а также снижает износ ТНВД [10].

Материалы и методы. Дизельное топливо и растительное масло хорошо смешиваются и имеют схожие свойства, такие как плотность, вязкость, это делает дизельное смесевое топливо идеальным для использования в дизельных двигателях, так как он обеспечивает более полное сгорание такого смесевого топлива и, следовательно, большую мощность и экономичность [7, 8].

Дизельно-смесевое топливо – это инновационный вид топлива, который состоит из смеси минерального дизельного топлива и альтернативных источников энергии, таких как растительные масла. Это топливо обладает рядом преимуществ, включая экономию и экологическую безопасность. [6] Использование дизельно-смесевого топлива позволяет сократить расходы на топливо, так как оно дешевле минерального дизельного топлива. Растительные масла в составе топлива уменьшают выбросы вредных веществ в атмосферу, что способствует снижению загрязнения окружающей среды [6, 9].

Результаты и обсуждение. Для адаптации автотракторной техники к работе на дизельно-смесевом топливе были разработаны специальные системы питания и смесеобразования. Эти системы обеспечивают эффективное сжигание смеси и снижение выбросов вредных веществ [7, 11].

Рассмотрим системы питания и смесеобразования дизеля (рисунок 1) для адаптации автотракторной техники к работе на дизельно-смесевом топливе.

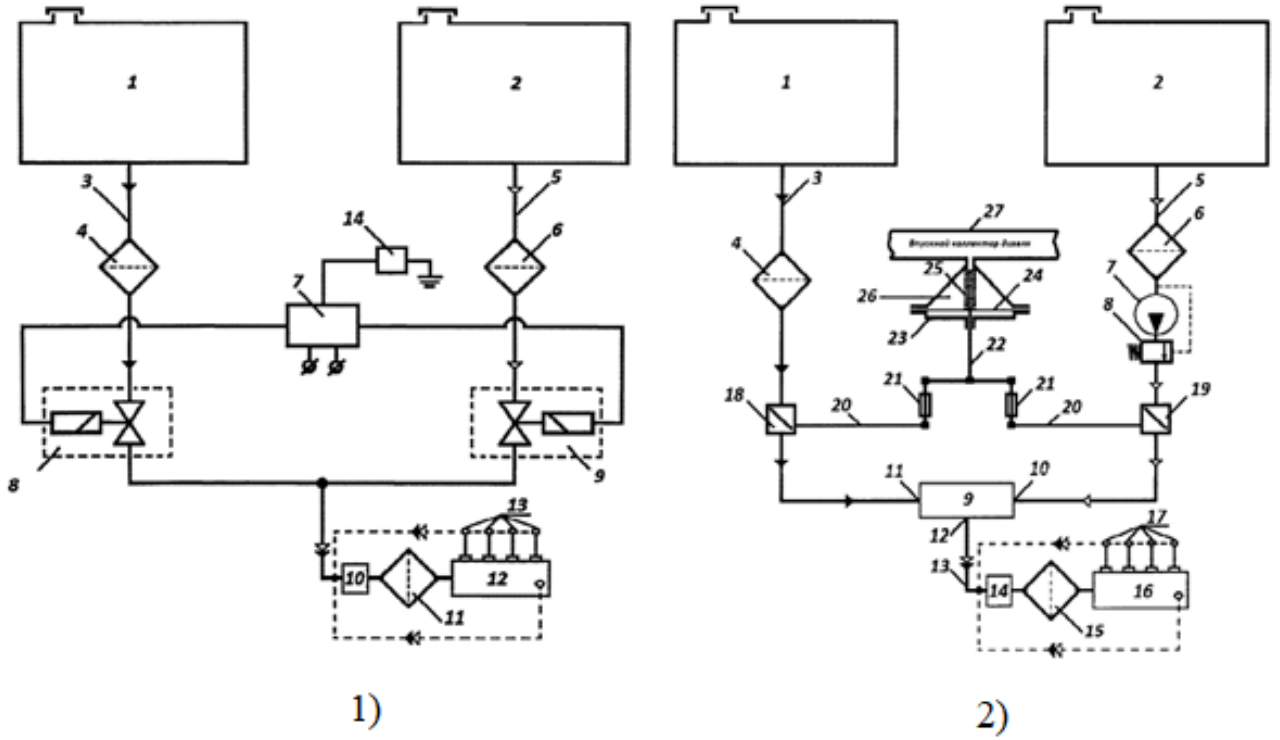


Рисунок 1 – **Системы питания и смесеобразования для адаптации автотракторной техники**

Первая система (патент 2484290) состоит из следующих компонентов: 1 – бак минерального топлива, 2 – бак дизельного смесевого топлива, 3, 5 – линии забора минерального и дизельного смесевого топлива, 4, 6, 11 – топливные фильтры, 10 – топливоподкачивающий насос, 12 – топливный насос высокого давления, 13 – форсунки [2].

В этой системе в линиях забора минерального и дизельного смесевого топлива установлены электромагнитные клапаны 8 и 9, связанные с электронным блоком управления 7. Электронный блок управления 7 оснащён датчиком температурного режима 14 охлаждающей жидкости.

Вторая система (патент 2476716) также содержит бак минерального топлива 1, бак биологического топлива 2, линию забора минерального топлива 3, состоящую из фильтра грубой очистки 4, линию забора биологического топлива 5, состоящую из фильтра грубой очистки 6 и электронасоса 7 с обратным клапаном 8, смеситель 9 биологического и минерального топлива с двумя входными 10 и 11 и одним выходным каналами 12, линию подачи дизельного смесевого топлива 13, состоящую из топливоподкачивающего насоса 14, фильтра тонкой очистки 15, топливного насоса высокого давления 16 и форсунок 17 [3].

В этой системе дозаторы 18 и 19 установлены в линиях забора минерального и биологического топлива перед входными каналами 10 и 11 смесителя 9. Дозаторы кинематически связаны с помощью управляющих и регулируемых тяг 20 и 21 со штоком 22 мембранного исполнительного механизма 23. Другой конец штока 22 соединён с мембраной 24, которая нагружена пружиной 25. Полость 26 исполнительного механизма 23 с расположенной в ней пружиной 25 сообщается с впускным коллектором 27 дизеля.

Двухтопливная система питания дизеля с автоматическим регулированием состава смесевого топлива, отличается от двухтопливной системы питания тракторного дизеля, описанной в патенте *RU* 2387867, наличием мембранного исполнительного механизма, который управляет дозаторами минерального и биологического топлив в зависимости от изменения величины разряжения во впускном коллекторе дизеля. Это позволяет обеспечить требуемое процентное соотношение минерального и биологического топлив в смеси в зависимости от нагрузочно-скоростного режима работы дизеля.

Заключение. Для широкого внедрения смесевого топлива необходимо проводить дальнейшие исследования и разработки, а также адаптировать существующую технику к новым условиям работы. Дизельно-смесевое топливо является перспективным направлением развития автотракторной техники. Оно позволяет экономить топливо и снижать вредное воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1. *Ильин, П.И.* Использование альтернативного топлива для дизельных двигателей в условиях Восточной Сибири / *П.И. Ильин, О.Н. Хороших, С.Н. Ильин* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 34. – С. 11 - 19.

2.Пат. 2484290 РФ, МПК F02M43/00. Двухтопливная система питания тракторного дизеля / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова*. – 2012115021/06; заяв. 16.04.2012; опубл. 10.06.2013. – Бюл. № 16.

3. Пат. 2476716 РФ, МПК F02M 43/00. Двухтопливная система питания дизеля с автоматическим регулированием состава смесевого топлива / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова, Е.Д. Година* – Опубл. 27.02.13. – Бюл. № 6. – 6 с.

4. *Сидоров, Е.А.* Адаптация дизелей к работе на биоминеральном топливе / *Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Сельский механизатор. – 2021. – № 10. – С. 20 - 21.

5. *Сидоров, Е.А.* Масличные культуры как ресурсная база для производства биотоплива / *Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова, А.М. Маслов, Н.С. Калинин* // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 11 (293). – С. 30 - 32.

6. *Сидоров, Е.А.* Улучшение экологических показателей тракторного дизеля применением сурепно-минерального топлива / *Е.А. Сидоров* // «Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы»: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – С. 99 - 102.

7. *Уханов, А.П.* Теоретическая оценка эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов при работе дизеля на различных видах бионефтяного топлива / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. - № 3 (63). – С. 236 - 242.

8. *Уханов, А.П.* Применение редечного масла в качестве биокомпонента дизельного смесевого топлива: монография / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Л.И. Сидорова*. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – 182 с.

9. *Уханов, А.П.* Адаптация дизельного двигателя для работы на дизельном смесевом топливе / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // сб. материалов Международной научно-практической конференции: Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – С. 146 - 150.

10. *Уханов, А.П.* Зависимость показателей тракторного дизеля от состава рыжико-минерального топлива / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, А.И. Якунин, Л.И. Сидорова* //. Научное обозрение. – 2017. – № 24. – С. 21 - 27.

11. *Уханов, А.П.* Система питания дизеля, адаптированная для работы на смесевом топливе / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : сб. материалов 26 Международного научно-технического семинара имени Михайлова В.В. – Саратов : СГАУ, 2013. – С . 202 - 204.

Сведения об авторах

Сидорова Лилия Ильдаровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и ремонта машин инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89278025438, e-mail: lis.ulgau@mail.ru).

Сидоров Евгений Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и ремонта машин инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89278204559, e-mail: sidorovevgeniy@yandex.ru).

Сенин Николай Сергеевич – магистрант 2 курса инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Шибалков Алексей Александрович – магистрант 2 курса инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Information about the authors

Sidorova Liliya I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine production and repair technology of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: +79278025438, e-mail: lis.ulgau@mail.ru).

Sidorov Evgeny A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine production and repair technology of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: +79278204559, e-mail: sidorovevgeniy@yandex.ru).

Senin Nikolay S. – 2nd year master's student of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Shibalkov Aleksey A. – 2nd year master's student of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

УДК 621.436

СМЕСИТЕЛИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА: ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Л.И. Сидорова, Е.А. Сидоров, Н.С. Сенин, А.А. Шибалков

ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина,
Ульяновск, Россия

Аннотация. В данной работе мы рассмотрим принцип работы смесителей дизельного топлива и растительного масла, их преимущества и недостатки, а также перспективы развития этого направления. Современные экологические требования к дизельным двигателям становятся всё более строгими, и производители ищут новые способы снижения выбросов вредных веществ. Одним из таких решений является использование смесей дизельного топлива и растительного масла в качестве альтернативного топлива [8]. Смеситель дизельного топлива и растительного масла представляет собой устройство, которое смешивает эти два вида топлива в определённых пропорциях. Пропорции зависят от требований к выбросам вредных веществ и мощности двигателя. При работе двигателя смесь дизельного топлива и растительного масла подаётся в камеру сгорания, где происходит их сгорание. В результате образуются продукты сгорания, которые содержат меньше вредных веществ, чем при использовании только дизельного топлива.

Ключевые слова: смеситель, дизельное топливо, дизельное смесевое топливо, растительное масло, система питания дизеля, автотракторная техника, адаптация, экологичность.

DIESEL FUEL AND VEGETABLE OIL MIXERS: AN INNOVATIVE SOLUTION FOR INCREASING THE ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF DIESEL ENGINES

L.I. Sidorova, E.A. Sidorov, N.S. Senin, A.A. Shibalkov

FSBEI HE Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin
Ulyanovsk, Russia

Annotation. In this paper, we will consider the operating principle of diesel fuel and vegetable oil mixers, their advantages and disadvantages, as well as the prospects for the development of this area. Modern environmental requirements for diesel engines are becoming increasingly stringent, and manufacturers are looking for new ways to reduce emissions of harmful substances. One such solution is the use of mixtures of diesel fuel and vegetable oil as an alternative fuel [8]. A diesel fuel and vegetable oil mixer are a device that mixes these two types of fuel in certain proportions. The proportions depend on the requirements for emissions of harmful substances and engine power. When the engine is running, a mixture of diesel fuel and vegetable oil is fed into the combustion chamber, where they are burned. As a result, combustion products are formed that contain fewer harmful substances than when using only diesel fuel.

Key words: mixer, diesel fuel, diesel mixed fuel, vegetable oil, diesel fuel system, automotive and tractor equipment, adaptation, environmental friendliness.

Введение. В настоящее время инфраструктура для заправки автотракторной техники смесью дизельного топлива и растительного масла развита недостаточно. Это ограничивает распространение смесителей и делает их менее доступными для широкого круга потребителей.

Материалы и методы. Перспективы развития смесителей дизельного топлива и растительного масла направлены на [3, 4]:

- Экономия дизельного топлива, использование смеси дизельного топлива и растительного масла позволяет сэкономить до 50 % дизельного топлива по сравнению с использованием только дизельного топлива [5, 9]. Это снижает расходы на топливо и делает двигатели более экономичными, а значит эффективнее;

- Снижение выбросов вредных веществ, при использовании смесевого растительно-минерального топлива гораздо меньше выбросов вредных веществ,

таких как оксиды азота, твёрдые частицы и углеводороды. Это делает их более экологичными по сравнению с дизельными двигателями, работающими только на дизельном топливе;

- Улучшение характеристик двигателя, смесители дизельного топлива и растительного масла могут улучшить характеристики двигателя, такие как мощность и крутящий момент [6, 7]. Это связано с тем, что растительное масло имеет более высокую теплотворную способность, чем дизельное топливо;

- Расширение сферы применения, смесители будут адаптироваться к различным типам дизельных двигателей, что сделает их более универсальными и доступными для большего числа потребителей;

- Развитие инфраструктуры, инфраструктура для заправки техники смесью дизельного топлива и растительного масла будет развиваться, что сделает смесители более доступными и популярными.

Недостатком применения смесителей дизельного топлива и растительного масла является сложность конструкции, что увеличивает их стоимость и сложность обслуживания. А также смесители подходят не для всех типов дизельных двигателей [10]. Они должны быть адаптированы к конкретному двигателю и иметь соответствующие сертификаты.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим два вида смесителей подходящим к топливной системе тракторов типа МТЗ (рисунок 1 и рисунок 2).

Смеситель-дозатор (рисунок 1) представляет собой устройство, состоящее из трубопровода 1, выходного патрубка 14, патрубка 6 для подвода основной жидкости и патрубка 3 для подвода жидкости с меньшим расходом. Патрубок 3 оснащён перфорационными отверстиями 5, расположенными по винтовой линии по всей его длине, с суммарной площадью отверстий, равной или превышающей площадь сечения патрубка 3. Внутри трубопровода 1 расположена перегородка 4, которая жёстко закреплена на патрубке 3 для подвода подмешиваемой жидкости с меньшим расходом. Трубопровод 1 снабжён съёмной крышкой 2, патрубок 6 для подвода основной жидкости установлен в трубопроводе 1 тангенциально, а перегородки 7, 8, 9 со спиральными отверстиями обеспечивают эффективное смешивание жидкостей. Устройства 15, 16 для регулирования потока жидкости позволяют контролировать количество подаваемых жидкостей [1].

Работа смесителя-дозатора происходит следующим образом: подмешиваемая жидкость с меньшим расходом, количество которой задаётся устройством 16 для регулирования потока жидкости, подают во внутреннюю полость патрубка 3 для подвода подмешиваемой жидкости с меньшим расходом. Основной поток жидкости, количество которой задаётся устройством 15 для регулирования потока жидкости, подают через патрубок 6 в трубопровод 1, в котором основной поток жидкости проходит по спиральному каналу, образованному перегородкой 4, навитой на перфорированный патрубок 3 для подвода подмешиваемой жидкости с меньшим расходом, и внутренней стенкой трубопровода 1. Прямолинейное движение основной жидкости преобразуется в трубопроводе 1 во вращательное движение по спирали с угловым ускорением.

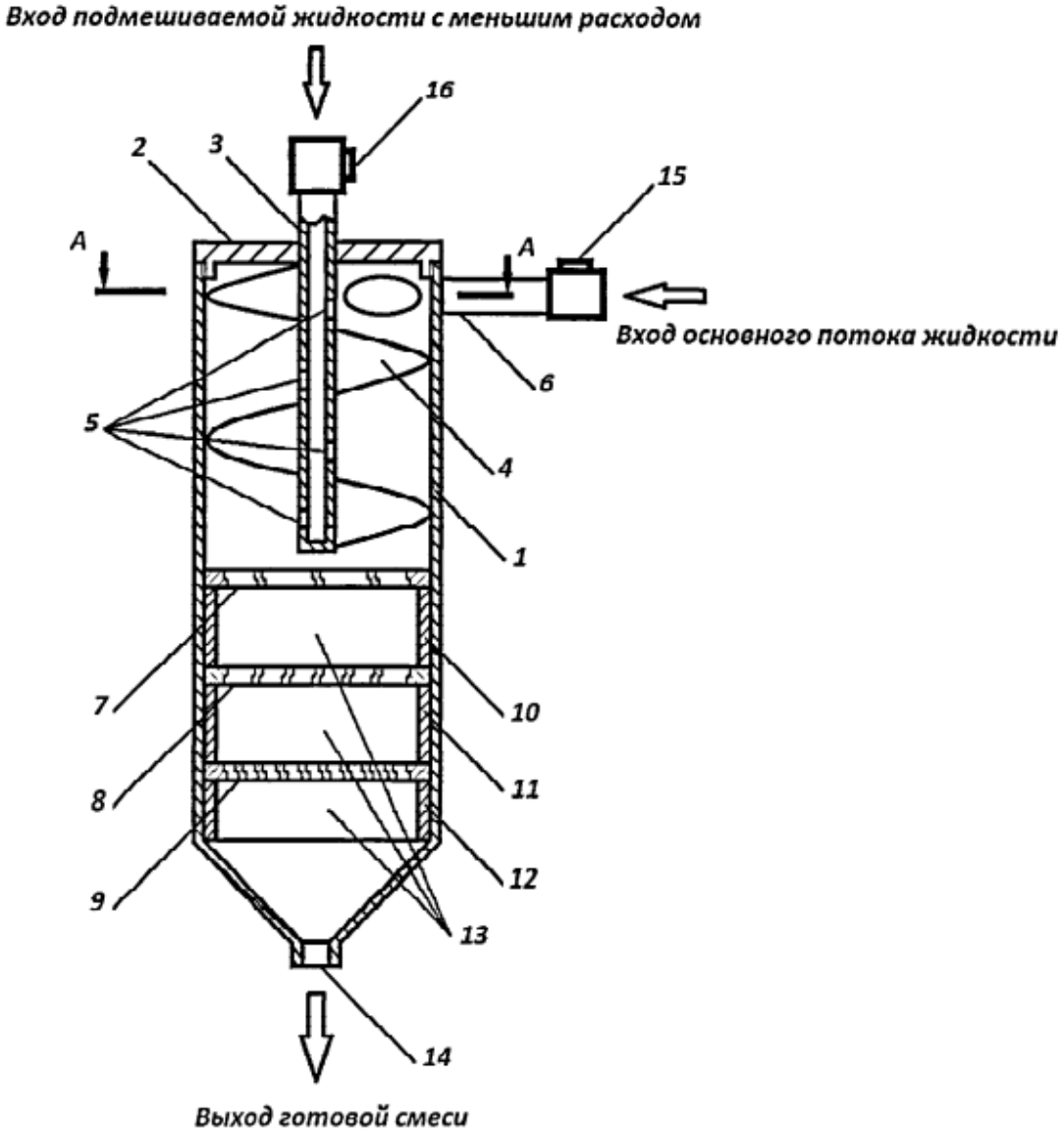


Рисунок 1 – **Смеситель дозатор (патент № 2486000)**

При этом через отверстия 5 патрубка 3 для подмешиваемой жидкости с меньшим расходом жидкость с меньшим расходом тонкими струйками поступает перпендикулярно потоку основной жидкости. При этом основной поток жидкости увлекает тонкие струйки подмешиваемой жидкости и интенсивно перемешивается с ней. Затем получившаяся смесь поступает в камеры смешивания 13, образованные втулками 10, 11, 12 и перегородками 7, 8, 9 со спиральными отверстиями, направления закрутки которых в двух соседних перегородках противоположны, причём последующие по ходу движения потока перегородки имеют отверстия меньшего диаметра, а эффективные суммарные сечения отверстий в перегородках равны, где смесь рассекается, турбулизируется, более качественно перемешивается и отводится через выходной патрубок 14. Данный смеситель позволяет интенсивно перемешивать жидкие фазы и обеспечивает требуемое процентное соотношение основного потока жидкости и подмешиваемой жидкости с меньшим расходом в готовой смеси, то есть является и смесителем и дозатором.

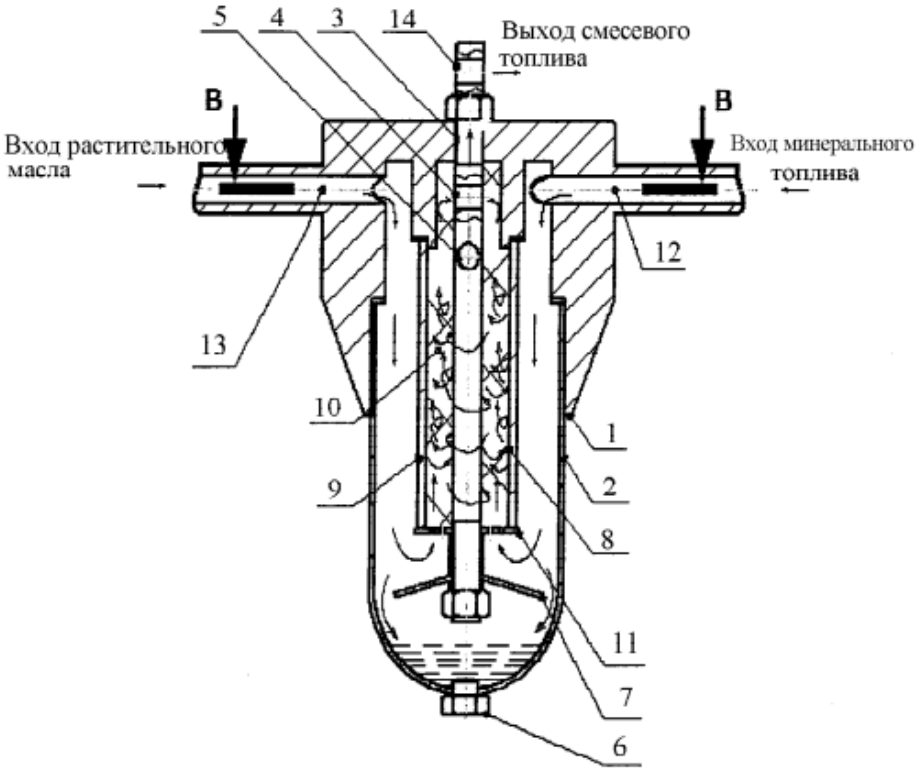


Рисунок 2 – **Смеситель-дозатор минерального топлива и растительного масла (патент № 2500463)**

Смеситель (рисунок 2) содержит корпус 1 с входными каналами 12, 13, запорные краны 15, 16, установленные на входе в каналы 12, 13, при этом входные каналы 12, 13 расположены тангенциально, в нижней части корпуса 1 закреплён стакан 2, имеющий сливную пробку 6, внутри стакана расположена пустотелая ось 3 с двумя радиальными отверстиями 4, 5 и выходным каналом 14, размещённая соосно стакану 2 и корпусу 1, на оси 3 закреплён фильтрующий элемент 8, представляющий собой втулку 9 с сетчатой набивкой 10 и перфорированную шайбу 11, а в нижней части оси 3 установлен успокоитель 7 [2].

Работает смеситель-дозатор минерального топлива и растительного масла следующим образом: смешиваемые компоненты, а именно минеральное топливо и растительное масло, их процентное соотношение задаётся запорными кранами 15, 16 поступают во внутреннюю полость стакана 2, в которой происходит предварительное их перемешивание. Конструкция обеспечивает прямолинейное движение смешиваемых компонентов, а тангенциально расположенные входные каналы 12, 13, преобразуют в поступательно-вращательное движение жидкостей. Полученная смесь, резко изменяя направление движения, проходит через перфорированную шайбу 11 и сетчатую набивку 10 фильтрующего элемента 8. Проходя через сетчатую набивку 10, скорости компонентов смеси изменяются, в этот момент получаемое смесевое топливо дополнительно очищается, и интенсивно перемешивается, после чего полученное очищенное смесевое топливо поступает к выходному каналу 14. Механические частицы и капли воды, содержащиеся в компонентах смеси и обладающие большим удельным весом, стремятся к внутренней поверхности стенки стакана 2 и, сохраняя поступательно-вращательное

движение, направляются вниз вместе с потоком смеси. Проходя через кольцевой зазор между конусным успокоителем 7 и стаканом 2, они попадают в зону отстоя. Конусный успокоитель 7, обращённый меньшим основанием в сторону фильтрующего элемента 8, отделяет зону отстоя от зоны циркуляции смеси. Отстой сливают через закрываемое пробкой 6 отверстие в нижней части стакана 2.

Данный смеситель позволяет интенсивно смешивать компоненты дизельного смесевого топлива, дозировать их процентное соотношение и дополнительно очищает от механических частиц и конденсата, то есть является смесителем, фильтром и дозатором, что несомненно делает его более конкурентоспособным.

Заключение. Смесители дизельного топлива и растительного масла являются перспективным направлением в развитии альтернативных видов топлива для дизельных двигателей. Они позволяют снизить выбросы вредных веществ, сэкономить топливо и улучшить характеристики двигателя. Однако их высокая стоимость и сложность конструкции ограничивают их распространение. В будущем производители будут стремиться к улучшению эффективности работы смесителей и расширению сферы их применения, что сделает их более доступными и популярными среди автовладельцев.

Список литературы

1. Патент № 2486000 РФ, МПК B 01 F 5.06. Смеситель-дозатор / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, ЕА. Сидоров, Л. И. Сидорова, Е.Д. Година*. - № 2012113655/02; заяв. 06.04.2012; опубл. 27.06.2013, Бюл. № 18.

2. Патент № 2500463 Российская Федерация, МПК B 01 F5/06. Смеситель-дозатор минерального топлива и растительного масла / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* [и др.]. - № 2012114405/05; заяв. 11.04.2012; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34. 3.

3. Сидоров, Е.А. Адаптация дизелей к работе на биоминеральном топливе / *Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Сельский механизатор. – 2021. – № 10. – С. 20 - 21.

4. *Сидоров, Е.А.* Двухтопливная система питания дизеля с автоматическим регулированием состава смесевого топлива / *Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Материалы V Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск : ГСХА им. П.А.Столыпина,2013. - Том II – С. 285 - 287.

5. *Сидоров, Е.А.* Улучшение экологических показателей тракторного дизеля применением сурепно-минерального топлива / *Е.А. Сидоров* // «Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы»: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – С . 99 -102.

6. *Уханов, А.П.* Воздействие ультразвуковой обработки смесевого топлива на показатели тракторного дизеля / *А.П. Уханов, Ю.В. Уханова, Е.А. Сидоров, А.И. Якунин, Л.И. Сидорова* // Наука в центральной России. – 2017. - № 3 (27). – С. 48 - 56.

7. *Уханов, А.П.* Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смесевом топливе / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Научное обозрение. – 2014. - №1. – С. 21 - 27.

8. *Уханов, А.П.* Теоретическая оценка эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов при работе дизеля на различных видах бионефтяного топлива / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2023. - № 3 (63). – С. 236 - 242.

9. Уханов, А.П. Зависимость показателей тракторного дизеля от состава рыжико-минерального топлива / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, А.И. Якунин, Л.И. Сидорова //. Научное обозрение. – 2017. – № 24. – С. 21-27.

10. *Уханов, А.П.* Система питания дизеля, адаптированная для работы на смесевом топливе / *А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова* // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: сб. материалов 26 Международного научно-технического семинара имени Михайлова В.В. – Саратов : СГАУ, 2013. – С. 202 - 204.

Сведения об авторах

Сидорова Лилия Ильдаровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и ремонта машин инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89278025438, e-mail: lis.ulgau@mail.ru).

Сидоров Евгений Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и ремонта машин инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89278204559, e-mail: sidorovevgeniy@yandex.ru).

Сенин Николай Сергеевич – магистрант 2 курса инженерного факультета. Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Шибалков Алексей Александрович – магистрант 2 курса инженерного факультета, Ульяновский государственный университет имени П.А. Столыпина (432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Information about the authors

Sidorova Liliya I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine production and repair technology of the engineering faculty, Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: +79278025438, e-mail: lis.ulgau@mail.ru).

Sidorov Evgeny A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine production and repair technology of the engineering faculty, Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: +79278204559, e-mail: sidorovevgeniy@yandex.ru).

Senin Nikolay S. – 2nd year master's student of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

Shibalkov Aleksey A. – 2nd year master's student of the engineering faculty. Ulyanovsk state university named after P.A. Stolypin (432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 89874337109, e-mail: senin-nic@mail.ru).

УДК 631.354.2.076

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗЕРНА ЗА МОЛОТИЛКОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Н.В. Степанов, А.А. Бричагина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований работы зерноуборочных комбайнов *VECTOR* 410, *ACROS* 560 и *DOMINATOR* 370 в сельскохозяйственном предприятии Иркутской области в 2023 г. при прямом комбайнировании в режиме «Измельчение – разбрасывание» через оценку величины потерь зерна за молотилкой. Для определения количества потерь зерна в незерновой части урожая применялся комплект анализа потерь зерна (КАП) ООО «Завод Евросибагро и Клаузер».

Ключевые слова: уборка зерновых, зерноуборочные комбайны, потери зерна, молотилка комбайна, пробоотборники зерна.

DETERMINATION OF GRAIN LOSSES BEHIND THE THRESHER OF CORN HARVESTERS

N.V. Stepanov, A.A. Brichagina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The results of studies of the operation of combine harvesters VECTOR 410, ACROS 560 and DOMINATOR 370 in an agricultural enterprise in the Irkutsk region in 2023 with direct combining in the “crushing - spreading” mode through an assessment of the amount of grain loss behind the thresher are presented. To determine the amount of grain loss in the non-grain part of the crop, a grain loss analysis kit (GLO) from Eurosibagro and Clauser Plant LLC was used.

Key words: grain harvesting, combine harvesters, grain losses, combine thresher, grain samplers.

Введение. Увеличение валового сбора зерна возможно за счёт повышения качества проведения уборочных работ. Наряду с другими мероприятиями, этого можно добиться путём снижения потерь зерна за зерноуборочными комбайнами и повышения качества бункерного зерна путём оптимизации эксплуатационных и технологических показателей функционирования зерноуборочных комбайнов.

Материалы и методы. Основным технологическим показателем функционирования зерноуборочных комбайнов является качество выполнения технологического процесса. При проведении эксплуатационно-технологических испытаниях комбайнов согласно ГОСТ 28301-2015 определяются [1, 2, 13]:

- Суммарные потери зерна за комбайном, %;
- Дробление зерна, %;
- Содержание сорной примеси, %.

Определение величины дробления зерна и содержания сорной примеси, как правило, не вызывает трудностей и зачастую осуществляется в лабораторных условиях. При проведении контрольных смен в соответствии с ГОСТ 24055 трудоёмким является определение величины суммарных потерь за комбайном.

Результаты и обсуждение. Суммарные потери зерна за комбайном при прямом комбайнировании включают потери за жаткой и молотилкой.

Потери зерна за жаткой комбайна – это потери свободным зерном, зерном в срезанных колосьях и зерном в несрезанных колосьях за режущим аппаратом, делителями и мотовилом.

Потери зерна за молотилкой комбайна являются суммой потерь зерна недомолотом в соломе и полове, свободным зерном в соломе и полове, распылом, из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна (неплотного закрытия смотровых и регулировочных люков шнеков и элеваторов, щелей в местах соединения рабочих органов и т.п.).

В соответствии с государственным стандартом при эксплуатационно-технологической оценке зерноуборочных комбайнов для определения суммарных потерь за комбайном используются эластичные резиновые (возможно из других материалов) пробоотборники размером 50 х 10 х 5 см., которые устанавливаются на всю ширину захвата жатки или рамки из шпагата размером, соответствующим ширине захвата жатки и длиною 50 см.

При использовании эластичных резиновых пробоотборников для определения суммарных потерь зерна, их устанавливают в нескошенном хлебостое перед проходом зерноуборочного комбайна на всю ширину захвата жатки. Пробоотборники располагают длинной стороной вдоль каждого междурядья. После прохода комбайна пробоотборники собирают, выделенное из вороха зерно взвешивают с погрешностью ±10 мг.

Потери за молотилкой комбайна определяют вычитанием потерь за жаткой из полученного суммарного значения [2].

При использовании рамок из шпагата для определения суммарных потерь зерна последние накладывают после прохода комбайна на всю ширину захвата жатки.

Существует несколько способов размещения пробоотборников на поле при определении суммарных потерь за комбайном [3, 10, 11]. В производственных условиях применение таких методов трудоёмко, требуется большое количество пробоотборников и исполнителей. Помимо этого, значительным недостатком подобных методов является их низкая эффективность при оценке качества работы зерноуборочных комбайнов, оборудованных измельчителем соломы [5, 12].

Известен способ оценки потерь зерна, учитывающий характер распределения потерь зерна по ширине молотильно-сепарирующего устройства. Данный способ позволяет без ущерба для точности сократить используемое количество пробоотборников за молотилкой до 2-4 штук. Это значительно облегчает контроль потерь зерна за молотилкой в производственных условиях [7].

Для получения достоверных данных о потерях зерна за молотилкой целесообразно определение потерь через отбор проб непосредственно за ней. Тем более, что допустимые величины потерь установлены агротехническими требованиями отдельно за жаткой (0,5 %) и молотилкой (1,5 %) [4, 6].

Для определения величины потерь за молотилкой комбайна используются рамки из пруткового материала, обтянутые брезентом с последующим ручным сбором потерь с поверхности почвы. Рамки помещаются под днище комбайна после прохода жатки над контрольным участком. Недостаток использования рамок для оценки потерь зерна за молотильно-сепарирующим устройством заключается в необходимости ручного заброса рамок между передними и задними

колесами движущегося комбайна при проведении опыта, что может привести неправильному размещению рамок пробоотборника под комбайном и их повреждению из-за наезда заднего колеса. Кроме того, данный способ является травмоопасным. В настоящее время разработаны боле совершенные методы определения потерь за молотилкой с использованием разработанных конструкций пробоотборников [4, 6, 8].

С целью сравнения показателей функционирования зерноуборочных комбайнов в режиме «Измельчение – разбрасывание» через оценку величины потерь зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов *VECTOR* 410, *ACROS* 560 и *DOMINATOR* 370 в сельскохозяйственном предприятии Иркутской области в 2023 г. нами были проведены исследования при уборке зерновых культур. Опыты проводились в соответствии с ГОСТ 24055 [2, 9].

Режимы работы и технологические регулировки комбайнов выбирались в соответствии с заводскими рекомендациями по эксплуатации.



Рисунок 1 – **Определение величины потерь зерна за молотилкой зерноуборочного комбайна *DOMINATOR* 370**

Для определения количества потерь зерна в незерновой части урожая применялся комплект анализа потерь зерна (КАП) «Завод Евросибагро и Клаузер». Комплект включает в себя:

- Блок управления с магнитами с внешней стороны (с их помощью блок крепится к комбайну) и магнитами с внутренней стороны для осуществления сброса чаши;

- Чашу проверочного оборудования (площадь днища чаши – 0,33 м^2) с дистанционным управлением, которое позволяет безопасно осуществить сброс чаши во время движения комбайна на расстоянии от него до оператора не более 100 метров;

- Вентилятор, используемый для отделения зерна от пожнивных остатков;

- Зарядное устройство универсальное, которое подходит как для заряда блока управления КАП, так и для заряда вентилятора;

- Электронные весы.

Для определения потерь зерна за молотилкой комбайна чаша проверочного оборудования крепилась к задней балке ходовой части комбайна так. Во время движения комбайна по контрольному участку при помощи дистанционного оборудования чаша сбрасывалась на поле. При проходе комбайна в чашу попадал незерновой ворох после ветро-решётной очистки и измельчителя-разбрасывателя комбайна. Невымолоченные колосья из чаши отшелушивались вручную, свободное зерно очищалось от половы при помощи вентилятора.

Потери невымолоченным зерном за молотилкой определялись по формуле:

$$П_н = \frac{3M_н \cdot 10000}{1000},$$

где $П_н$ – потери невымолоченным зерном, кг/ га;

$M_н$ – масса невымолоченного зерна, г.

Потери свободным зерном за молотилкой определялись по формуле:

Суммарные потери зерна за молотилкой $П_{сум}$, кг/га:

$$П_{сум} = П_н + П_{св}$$

Результаты исследований при уборке овса сорта «Ровесник» (потери невымолоченным зерном отсутствуют) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – **Потери зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов при уборке овса**

Наименование показателя	**Марка зерноуборочного комбайна**		
	***VECTOR* 410**	***ACROS* 560**	***DOMINATOR* 370**
Культура, сорт	Овес, «Ровесник»		
Влажность	12,1 %		
Урожайность, ц/га	24 ц/га		
Масса 1000 зерен, г	39,8 г		
Потери свободным зерном за молотилкой, %	2,56	2,33	1,47

Можно сделать вывод, что величина потерь зерна за молотилкой при уборке овса зерноуборочным комбайном *DOMINATOR* 370 находилась в пределах, установленных агротехническими требованиями (1,5 %). При уборке овса зерноуборочными комбайнами *VECTOR* 410 и *ACROS* 560 несколько превышает величины, обозначенные агротехническим требованиям.

Метод определения потерь за молотилкой зерноуборочного комбайна с применением комплекта анализа потерь зерна (КАП) «Завод Евросибагро и Клаузер» обладает меньшей трудоемкостью и травмоопасностью по сравнению с аналогичными используемыми методами.

Список литературы

1. *Беломестных, В.А.* Оценка надежности элементов зерноуборочного комбайна «Вектор 410» при эксплуатации в гарантийный период / *В.А. Беломестных, П.И. Ильин, Д.М. Рожков* // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 61 - 68.

2. ГОСТ 28301 – 2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний». – Введ. 01.07.2017. – М. : Стандартинформ. – 2017. – 39 с.

3. Методика определения потерь зерна за жаткой и молотилкой комбайна при уборке сои / *А.В. Липкань, А.А. Кувшинов, В.С. Усанов [и др.]* // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 1. – С. 69 - 77.

4. Пат. на полезную модель № 76771 U1 РФ, МПК A01D 41/127. Устройство для определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном / *А.Т. Табашников, Ф.В. Ковлягин* ; заявитель РосНИИТиМ. - № 2008110583/22 : заявл. 19.03.2008 : опубл. 10.10.2008.

5. Пат. № 2453101 C1 РФ, МПК A01D 41/127, A01D 75/00. Способ определения потерь зерна за комбайном / *А.И. Ряднов, С.В. Тронев, И.П. Скворцов, А.П. Стенковой*; заявитель Волгоградская ГСХА. - № 2011101320/13 : заявл. 13.01.2011 : опубл. 20.06.2012.

6. Пат. № 2677189 C2 РФ, МПК A01D 41/127. Способ оценки потерь зерна за молотильно-сепарирующим устройством зерноуборочного комбайна / *В.И. Скорляков, М.Е. Чаплыгин* ; заявитель ФГБНУ «Росинформагротех». - № 2017114824 : заявл. 26.04.2017 : опубл. 16.01.2019.

7. Пат. на полезную модель № 188022 U1 РФ, МПК A01D 75/00. Устройство для отбора проб потерь зерна за рабочими органами зерноуборочных комбайнов / *В.И. Скорляков, Т.А. Юрина* ; заявитель ФГБНУ «Росинформагротех». - № 2018122911 : заявл. 22.06.2018 : опубл. 26.03.2019.

8. Пат. на полезную модель № 205361 U1 РФ, МПК A01D 41/127. Устройство для оценки потерь зерна за молотильно-сепарирующим устройством зерноуборочного комбайна : / *Н.В. Трубицын, В.Е. Таркивский, Е.С. Воронин* ; заявитель Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. - № 2021108749 : заявл. 30.03.2021 : опубл. 12.07.2021.

9. *Петрова, П.Д.* Анализ бункерного зерна зерноуборочных комбайнов / *П.Д. Петрова, А.А. Бричагина, Н.В. Степанов* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Всерос. Студ. Науч.-практ. конф. III том. – п. Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2023. – С.78-83.

10. *Ряднов, А.И.* Теоретическое обоснование нового способа оценки качества работы зерноуборочного комбайна / *А.И. Ряднов, С. В. Тронев, И. П. Скворцов* // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях : матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.– Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 41 - 44.

11. *Тронев, С.В.* Расчет конструктивных параметров измерительных средств определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном / *С.В. Тронев* // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 3-4 (57). – С. 96 - 102.

12. *Федорова, О.А.* Эффективные технические решения повышения качества уборки зерновых культур: дисс. докт. техн. наук: 05.20.01 / *О.А. Федорова* // Рязань : Изд-во «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», 2018 – 322 с.

13. *Чаплыгин, М.Е.* Определение качества работы зерноуборочных комбайнов / *М.Е. Чаплыгин, Э.В. Жалнин* // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13, № 4. – С. 71-76.

Сведения об авторах

Степанов Николай Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального

обучения, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р - н, п. Молодёжный, тел.: 89149439513, e-mail: stepanov@igsha.ru).
Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

Information about the authors
Stepanov Nikolay V. – candidateoftechnicalsciences, prof. ofthedepartment operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training, FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89149439513, e-mail: stepanov@igsha.ru).
Brichagina Anastasia A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

УДК 628.81

ПРОЦЕСС ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, ПРОТЕКАЮЩИЙ В БИОГАЗОВОЙ ПЕЧИ

С.П. Ушницкая, В.П. Друзьянова

ФГАОУ ВО Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

Аннотация. Биогаз – это газ, полученный в результате брожения органической массы при отсутствии кислорода. Это аналог природного газа, и используется он похоже: для приготовления пищи, в двигателях внутреннего сгорания автомобилей, а также для отопления помещений.

Психрофильная биогазовая технология отработана и обоснована учёными Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова.

Биогаз можно получать по анаэробной технологии из навоза крупнорогатого скота, которого достаточно содержится в республике Саха (Якутия).

Ключевые слова: газовое отопление, биогаз, температура, количество тепла, тепловые потоки, теплотехническая модель.

HEAT TRANSFER PROCESS IN A BIOGAS FURNACE

S.P. Ushnitskaya, V.P. Druzyanova

FSAEI HE North-eastern federal university named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

Annotation. Biogas is a gas obtained as a result of fermentation of organic matter in the absence of oxygen. It is an analogue of natural gas, and it is used similarly: for cooking, in internal combustion engines of cars, and for heating premises.

Psychrophilic biogas technology has been developed and substantiated by scientists of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov.

Biogas can be obtained using anaerobic technology from cattle manure, which is found in sufficient quantities in the republic of Sakha (Yakutia).

Key words: gas heating, biogas, temperature, amount of heat, heat flows, heat engineering model.

Введение. Биогаз используется в качестве альтернативного топлива в различных системах и устройствах. Мы предлагаем использовать его в качестве топлива в котлах отопления сельских домов. На сегодняшний день этот вопрос недостаточно изучен и существует необходимость разработки доступной технологии использования биогаза в системах отопления помещений.

Материалы и методы. Исследованиями якутских учёных обосновано, что из 1 т навоза минимум можно получать 40 м^3 биогаза. Для получения за сутки 1 тонны навоза, необходимо содержать 500 гол. КРС.

Результаты и обсуждение. Температура возгорания биогаза аналогична природному газу – 650-750° С, а его теплотворная способность в среднем составляет около 6500 ккал/м^3. И хотя этот показатель почти на 1500 ккал меньше, чем у природного газа, стоит понимать, что биогаз производят из отходов, от которых в противном случае пришлось бы избавляться менее выгодным способом или даже платить сторонним организациям за их вывоз и утилизацию.

В общих чертах, биогаз мало отличается от природного газа, а его характеристики напрямую зависят от состава отходов и выбранного способа сбраживания.

Для изучения технологии производства биогаза нами изготовлена лабораторная установка и проведены эксперименты. Переработали отход в виде коровьего навоза и получили биогаз, со следующими показателями: CH_4 – 38,1 %, H_2 – 0,02 %, O_2 – 10,9 %, CO_2 – 0,58 %, N_2 – 20,34 %, соответственно данный биогаз подходит для сжигания в котлах отопления [8].

Теплотехническая модель. Стандартные газовые котлы не подходят для сжигания биогаза. Поэтому мы соорудили специальную биогазовую печь. Возникает необходимость учёта прихода и потери потока тепловой энергии – кроме того, что энергия затрачивается на поддержание рабочей температуры, происходят потери тепла через стенки корпуса печи и дымовую трубу. Поэтому важно учитывать тепловые потоки, проходящие через биогазовую печь (рисунок 1).

Входная часть теплового баланса состоит из количества теплоты, содержащемся в нагреваемом водяном теплоносителе ($Q_{\text{Т.Н.}}$); количества теплоты в биогазе ($Q_{\text{Б}}$) и количества теплоты, выделяемого при сгорании биогаза в печи ($Q_{\text{НАГР}}$).

Потери тепла будут идти через стенки печи ($Q_{\text{ОКР}}$), через дымовую трубу ($Q_{\text{ДЫМ}}$).

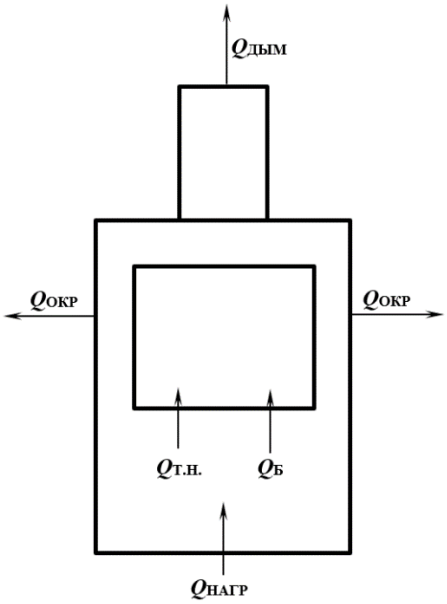
Таким образом, уравнение теплового баланса запишется в виде:

$$Q_{\text{НАГР}} + Q_{\text{Б}} + Q_{\text{Т.Н.}} = Q_{\text{ОКР}} + Q_{\text{ДЫМ}}. \quad (1)$$

Количество теплоты $Q_{\text{Т.Н.}}$, заключённое в водяном теплоносителе, зависит от его свойств. Исходя из этого, $Q_{\text{Т.Н.}}$ можно определить по следующей формуле:

$$Q_{\text{Т.Н.}} = m_{\text{Т.Н.}} \cdot c_{\text{Т.Н.}} \cdot (t_k - t_0), \quad (2)$$

где $m_{\text{Т.Н.}}$ – масса теплоносителя (воды), кг;
$c_{\text{Т.Н.}}$ – удельная теплоёмкость теплоносителя (воды), Дж/ кг·К;
t_0 – начальная температура теплоносителя (воды), С;
t_k – конечная температура теплоносителя (воды), С.



$Q_{\text{НАГР}}$ – количество теплоты, идущее на поддержание рабочей температуры; $Q_{\text{Т.Н.}}$ – количество теплоты в водяном теплоносителе; $Q_{\text{Б}}$ – количество теплоты, входящее с биогазом; $Q_{\text{ОКР}}$ – потери тепла в окружающую среду через стенки печи; $Q_{\text{дым}}$ – количество теплоты, выходящее через дымоход.

Рисунок 1 – **Схема тепловых потоков, проходящих через биогазовую печь**

Прежде чем вычислить количество теплоты, необходимое для нагревания воды, уточним массу воды по формуле:

$$\rho = \frac{m_{\text{Т.Н.}}}{v}\text{, тогда } m_{\text{Т.Н.}} = \rho \cdot v \text{ [кг].} \quad (3)$$

Количество тепла биогаза $Q_{\text{Б}}$, можно определить по формуле:

$$Q_{\text{Б}} = q \cdot m_{\text{Б}}, \quad (4)$$

где q – удельная теплота сгорания, Дж/м^3;
m – масса, кг.

Количество тепла $Q_{\text{НАГР}}$, идущее на создание и поддержание рабочей температуры биогаза в печи:

$$Q_{\text{НАГР}} = G_{\text{Б}} \cdot c_{\text{Б}}(t_{\text{НАГР}} - t_{\text{Б}}), \quad (5)$$

где $t_{\text{НАГР}}$ – рабочая температура отопительной печи, К;
$t_{\text{Б}}$ – температура биогаза, К.

Тепловые потери отопительной печи помимо степени теплоизоляции и площади теплоотдающей поверхности в большей мере зависят от температуры, требуемой для нормального протекания процесса. Общая кинетическая зависимость для процессов теплоотдачи, выражающая связь между тепловым потоком $Q_{\text{ОКР}}$ и поверхностью теплообмена F, представляет собой основное уравнение теплопередачи:

$$Q_{\text{ОКР}} = k \cdot F \cdot \Delta t_{\text{СР}} \cdot \tau, \quad (6)$$

где k – коэффициент теплопередачи, определяющий среднюю скорость передачи тепла вдоль всей поверхности теплообмена, Вт / (м^2·К);
F – площадь теплоотдающей поверхности печи, м^2;
$\Delta t_{СР}$ – средняя разность температур между биогазом и стенкой печи, К;
τ – время работы печи.

В уравнении (6) трудно определяемым является коэффициент теплопередачи k. Это связано с тем, что на его значение оказывают влияние большое количество факторов. При решении данной задачи можно воспользоваться методом итерации, который заключается в определении нагрузочной характеристики аппарата [4].

В наших исследованиях примем печь, как параллелепипед, состоящий из одного слоя.

Схематично тепловые потоки, проходящие через отопительный прибор, можно показать в следующем виде (рисунок 2).

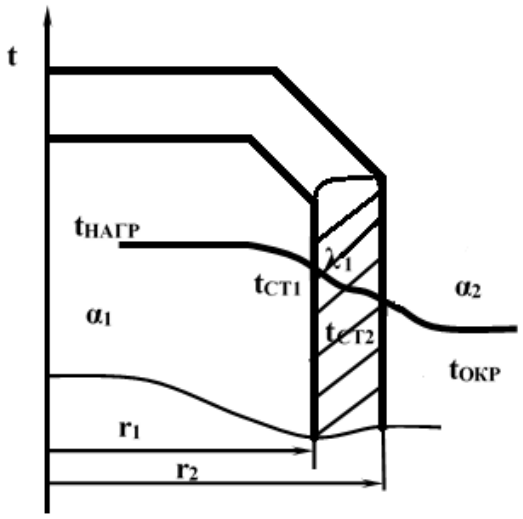
Рассмотрим передачу теплоты через стенку отопительной печи.

Известны рабочая температура биогаза $t_{Бгаз}$ и температура окружающей среды $t_{ОКР.}$ В местах соприкосновения слоев температуры $t_{СТ1}$, $t_{СТ2}$ неизвестны.

Задаваясь рядом значений $t_{СТ1}$, вычисляем:

$$q_1 = \alpha_1(t_{НАГР} - t_{СТ1}), \quad (7)$$

где q_1 – удельная тепловая нагрузка биогаза, Дж/м^2;
α_1 – коэффициент теплоотдачи, Дж/(м^2·К);
$t_{раб}$ – рабочая температура биогаза, К;
$t_{СТ1}$ – температура стенки со внутренней стороны печи, К.



$t_{НАГР}$ – рабочая температура печи, К; $t_{ОКР}$ – температура окружающей среды, К; α_1 – коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны печи, Дж/(м^2·К); α_2 – коэффициент теплоотдачи со стороны окружающей среды, Дж/(м^2·К); λ_1 – коэффициент теплопроводности стенки печи, Вт/(м·К).

Рисунок 2 – **Схема передачи теплоты через стенку биогазовой печи**

По величине термического сопротивления стенки, различают температуру стенки с другой её стороны по формуле:

$$t_{\text{СТ2}} = \frac{t_{\text{СТ1}} - q_1 \delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{CT}}, \quad (8)$$

где $t_{\text{СТ2}}$ – температура наружной стороны стенки печи, К;
$\delta_{\text{СТ}}$ – толщина стенки печи, м;
$\lambda_{\text{СТ}}$ – коэффициент теплопроводности стенки печи, Вт / (м·К).

После чего определяем удельную тепловую нагрузку со стороны окружающей среды:

$$q_2 = \alpha_2 \cdot (t_{\text{СТ2}} - t_{\text{ОКР}}), \quad (9)$$

где q_2 – удельная тепловая нагрузка со стороны окружающей среды, Дж/м^2;
α_2 – коэффициент теплоотдачи, Дж/(м^2·К);
$t_{\text{ОКР}}$ – температура окружающей среды, К.

Определив значения q_1 и q_2 в зависимости от принятых $t_{\text{СТ1}}$, находим нагрузочную характеристику. При достижении равенства $q_1 \approx q_2$ с достаточной точностью определяется расчётная величина удельной тепловой нагрузки q.

Коэффициент теплоотдачи составит:

$$k = \frac{q}{\Delta t} \quad (10)$$

где Δt – средняя разность температур между биогазом и стенкой печи, К.

Определяем температуры $t_{\text{СТ1}}$, а также температуры наружной стороны стенки печи $t_{\text{СТ2}}$. При установившемся тепловом состоянии системы количество теплоты, отданное горячей и воспринятое холодной средой, одно и то же. Следовательно, уравнения для линейной плотности теплового потока q_1 можно записать:

$$\left.\begin{aligned} q_l &= \alpha_1 \pi d_1 (t_{\text{НАГР}} - t_{\text{СТ1}}) \\ q_1 &= \frac{\pi(t_{CT1} - t_{CT2})}{\frac{1}{2\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \end{aligned}\right\}. \quad (11)$$

Определяем частные температурные напоры:

$$\left.\begin{aligned} t_{\text{НАГР}} - &= \frac{q_l}{\pi} \cdot \frac{1}{\alpha_1 d_1} \\ t_{\text{СТ1}} - t_{\text{СТ2}} &= \frac{q_l}{\pi} \cdot \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \end{aligned}\right\}, \quad (12)$$

где $t_{\text{СТ1}}$ – температура стенки с внутренней стороны отопительной печи, К;
$t_{\text{СТ2}}$ – температура стенки с наружной стороны отопительной печи, К;
$t_{\text{ОКР}}$ – температура окружающей среды, К.

Складывая, левые и правые части уравнений (12) получаем полный температурный напор:

$$t_{\text{НАГР}} - t_{\text{ОКР}} = \frac{q_l}{\pi}\left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}\right), \quad (13)$$

и значение линейной плотности теплового потока:

$$q_l = \frac{Q_{\text{ОКР}}}{l} = \frac{\pi(t_{\text{НАГР}} - t_{\text{ОКР}})}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}. \quad (14)$$

Линейный коэффициент теплопередачи для однослойной стенки:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}, \quad (15)$$

$$q_l = \frac{Q_{\text{ОКР}}}{l} = \pi(t_{\text{НАГР}} - t_{\text{ОКР}}) \cdot k_l, \quad (16)$$

$$Q_{\text{ОКР}} = \text{lп}(t_{\text{НАГР}} - t_{\text{ОКР}}) \cdot k_l. \quad (17)$$

Чтобы определить неизвестные температуры стенок $t_{\text{СТ1}}$, $t_{\text{СТ2}}$, подставим значение q_1 в уравнения (2.12). Решая их, получим:

$$\left.\begin{aligned} t_{\text{СТ1}} &= t_{\text{НАГР}} - \frac{q_l}{\pi} \cdot \frac{1}{\alpha_1 d_1} \\ t_{\text{СТ2}} &= t_{\text{НАГР}} - \frac{q_1}{\pi}\left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}\right) \end{aligned}\right\}. \quad (18)$$

Коэффициент теплоотдачи α_1 характеризует интенсивность переноса тепла между поверхностью тел. Она является сложной функцией многих переменных и зависит от следующих факторов: температуры нагрева стенки печи $t_{\text{СТ}}$; рабочей температуры биогаза $t_{\text{НАГР}}$; физических свойств биогаза – коэффициента теплопроводности $\lambda_{\text{Б}}$, удельной теплоёмкости биогаза $c_{\text{Б}}$, его плотности $\rho_{\text{Б}}$, коэффициента вязкости $\mu_{\text{Б}}$; формы Ф и геометрических размеров l_1, l_2,… печи и др.:

$$\alpha_1 = f \cdot (t_{\text{СТ}}, t_{\text{НАГР}}, \lambda_{\text{Б}}, c_{\text{Б}}, \rho_{\text{Б}}, \mu_{\text{Б}}, \text{а}, \Phi, l_1, l_2 \ldots), \quad (19)$$

где a – коэффициент температуропроводности, характеризующая скорость изменения температуры биогаза, м^2/с.

Вследствие сложной зависимости коэффициента теплоотдачи от большого числа факторов невозможно получить расчётное уравнение для α_1, пригодное для всех случаев теплоотдачи. Лишь путём обобщения опытных данных с помощью теории подобия можно получить обобщённые уравнения для типовых случаев теплоотдачи, позволяющие рассчитывать α_1 для условий конкретной задачи.

Величина α_1, определяемая в задачах по конвективному теплообмену, входит в критерий Нуссельта, который характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и биогазом.

N_u является мерой соотношения толщины пограничного слоя δ и определяющего геометрического размера:

$$N_u = \frac{\alpha_1 l}{\lambda_Б}, \quad (20)$$

где $\lambda_{\text{Б}}$ – коэффициент теплопроводности биогаза, Вт/(мК);
l – характерный геометрический размер, м.

Для нестационарных процессов уравнение подобия для теплоотдачи при совместном свободно-вынужденном движении примет вид:

$$N_u = f \cdot (F_0, R_e, G_r, P_r), \quad (21)$$

где F_0 – число Фурье;
R_e – критерий Рейнольдса;
G_r – критерий Грасгофа;
P_r – критерий Прандтля.

В замкнутом пространстве печи нагревание и охлаждение теплоносителя протекают рядом друг от друга и нельзя их разделить. Поэтому весь процесс следует рассматривать как одно целое. Условия движения в печи зависят от формы и геометрических размеров, от рода сырья и температурного напора.

Для облегчения расчёта и упрощения обработки данных сложный процесс конвективного теплообмена принято рассматривать как элементарный процесс

передачи путём теплопроводности, вводя при этом эквивалентный коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{ЭКВ} = \frac{\delta_{СТ} \cdot q}{\Delta t}. \quad (22)$$

Если изменение $\lambda_{ЭКВ}$ разделить на коэффициент теплопроводности среды, то получим безразмерную величину $\varepsilon_К$, характеризующую влияние конвекции и называемую коэффициентом конвекции:

$$\varepsilon_К = \frac{\lambda_{ЭКВ}}{\lambda_{СР}}. \quad (23)$$

Так как циркуляция биогаза обусловлена разностью плотностей нагретых и холодных частиц и определяется произведением $G_r \cdot P_r$, то $\varepsilon_К$, которое должно быть функцией того же аргумента, т.е.:

$$\varepsilon_К = f(G_r \cdot P_r). \quad (24)$$

При определении α_2 печи следует рассматривать как параллелепипед, обтекаемый потоком воздуха – с одной стороны и с другой стороны – верх и днище печи, как горизонтальные поверхности, также обтекаемые воздухом; биогазовая печь расположена в помещении.

Своеобразие обтекания тел существенно сказывается и на их теплоотдаче. Интенсивность теплоотдачи по периметру поперечно обтекаемой печи резко изменяется по мере нарастания пограничного слоя от максимума в лобовой точке (φ = 0) до минимального значения в области φ = 80…100°, а затем в кормовой части вновь возрастает за счёт интенсивного вихревого движения воздуха. При прочих равных условиях теплоотдача максимальна, когда направление набегающего потока перпендикулярно оси печи.

Согласно РД-АПК 1.10.15.02-08, скорость движения воздуха в производственных помещениях принимается $w_{ОПТ}$ = 0,4…1,0 м/с.

Исходя из этого, среднюю допустимую скорость движения воздуха в производственном помещении примем $w_{ВОЗД}$ = 0,7 м/с.

В связи с тем, что тепловые потери через боковые стенки печи, а также через верх и днище различны, определяем их площади по отдельности.

Площадь боковых стенок:

$$F = \mathrm{a} \cdot b. \quad (25)$$

Площади верха и дна печи – прямоугольник:

$$F_2 = a \cdot c. \quad (26)$$

Средняя плотность биогаза составляет обычно 0,95-0,98 плотности воздуха, т.е. при плотности воздуха 1,2928 кг/куб. м средняя плотность биогаза будет:

$$1{,}2928 \cdot 0{,}965 = 1{,}24755 \text{ кг/куб.} \quad (27)$$

Итак, количество тепла, затрачиваемое на поддержание рабочей температуры в печи, обусловлено потерями тепла через стенку и ограждающую конструкцию отопительной печи, т.е.

$$Q_{ОКР} = f\left(\tau, k, t_{НАГР}, t_{ОКР}, \lambda_{СТ}, \delta_{СТ}, w_{ВОЗД}, F\right), \quad (28)$$

где τ – время, в течение которого будет работать отопительная печь;

k – коэффициент теплопередачи, определяющий среднюю скорость передачи тепла вдоль всей поверхности теплообмена, Вт/(м^{2}К);
$t_{НАГР}$ – рабочая температура биогаза, К;
$t_{ОКР}$ – температура окружающей среды, К;
$\lambda_{СТ}$ – коэффициент теплопроводности стенки печи, Вт/(мК);
$\delta_{СТ}$ – толщина стенки печи, м;
$w_{ВОЗД}$ – скорость воздушных потоков, омывающих печь, м/с;
F – поверхность теплообмена печи, м^2.

Количества теплоты $Q_{ДЫМ}$, выбрасываемая в атмосферу через дымовую трубу, можно определить по формуле:

$$Q_{ДЫМ} = G_{Б} \cdot c_{Б}, \quad (29)$$

где $G_б$ – объём получаемого биогаза, м^3;
$c_б$ – теплота сгорания 1 м^3 биогаза.

Теплота сгорания биогаза определяется, как сумма произведений величин теплоты сгорания горючих компонентов на объемные доли:

$$c_{Б} = CH_4 \cdot 39{,}82, \quad (30)$$

где 39,82 – величина теплоты сгорания метана CH_4.

Получаем теплотехническую модель сгорания биогаза в печи в следующем виде:

$$\left.\begin{array}{c} Q_{НАГР} + Q_{Б} + Q_{Т.Н.} = Q_{ОКР} + Q_{ДЫМ} \\ Q_{НАГР} = G_{Б} \cdot c_{Б}(t_{НАГР} - t_{Б}) \\ Q_{Б} = q \cdot m \\ Q_{Т.Н.} = m_{Т.Н.} \cdot c_{Т.Н.} \cdot (t_{К.} - t_0) \\ Q_{ОКР} = k \cdot F \cdot \Delta_{ср} \cdot \tau \\ Q_{ДЫМ} = G_{Б} \cdot c_{Б} \\ Q_{НАГР} = Q_{Б} + Q_{Т.Н.} - Q_{ОКР} - Q_{ДЫМ} \end{array}\right\} \quad (31)$$

Теплотехническая модель (31) позволяет определять требуемое количество теплоты $Q_{НАГР}$, необходимое для задания рабочей температуры при отоплении печи.

Выводы. На данный момент собирается биогаз, для дальнейшего запуска экспериментальной отопительной линии. Но мы можем с уверенностью сказать, что вредные выбросы от сжигания биогазового топлива будут существенно сокращены, а образующийся навоз животных будет использоваться максимально эффективно, исключая его вред для окружающей среды.

Список источников

1. *Бабенков, Ю.И.* Основы теплотехники / *Ю.И. Бабенков, А.И. Озерский, В.В. Романов* // 4 издание, 2017г. – 208 с.

2. *Демченко, М.С.* Расчёт процессов горения / *М.С. Демченко, А.Н. Токарева, С.В. Панченко* // Методические указания, 2021 г.

3. *Ерофеев, В.Л.* Термодинамика и теория теплообмена / *В.Л. Ерофеев, А.С. Пряхин П.Д. Семенов;* Под ред. В.Л. Ерофеева, А.С. Пряхина // Теплотехника в 2 т. Том 1, Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 308 с.

4. *Коновалова, Л.С.* Теоретические основы теплотехники. Теплопередача / *Л.С. Коновалова, Ю.А. Загромов* // Учебное пособие. – Томск : Изд. ТПУ, 2001. – 118 с.

5. *Крайнов, А.Ю.* Основы теплопередачи / *А.Ю. Крайнов* // Теплопередача через слой вещества : учеб. пособие. – Томск : STT, 2016. – 48 с.

6. *Кузнецов, Ю.В.* Теплотехника для агроинженеров / *Ю.В. Кузнецов, А.Г. Никифоров* // 1 издание, 2024 г. – 376 с.

7. *Мазо А.Б.* Основы теории и методы расчета теплопередачи / *А.Б. Мазо* // Учебное пособие / – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 144 с.

8. Негативное влияние печного отопления на примере с. Эселях Усть-Алданского района республики Саха (Якутия).

9. *Уханов А.П.* Термодинамические и теплообменные процессы технических систем / *А.П. Уханов, Д.А. Уханов, О. С. Володько, А.П. Быченин* // учебное пособие для вузов 2 издание, 2024 г. – 260 с.

10. https://biogas.su/biogas-plants/.

11. https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/othody-v-dohody-biogaz-iz-othodov-fermy.

Сведения об авторах

Ушницкая Сардаана Петровна – аспирант 4 года обучения, ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 677000, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, тел.: +7(962) 733-33-66, e-mail: usardaana@mail.ru.

Друзьянова Варвара Петровна – доктор технических наук, заведующая кафедрой эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис автодорожного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677000, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, тел.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Information about the authors

Ushnitskaya Sardaana P. – 4th year graduate student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, 677000, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, tel.: +7(962) 733-33-66, e-mail: usardaana@mail.ru.

Druzyanova Varvara P. – doctor of technical sciences, head of the department of motor transport operation and car service of the road faculty, North-Eastern federal university named after I.I. M.K. Ammosova (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, tel.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

УДК 628 543:63

УТИЛИЗАЦИЯ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЦЫ

Ю.А. Фальчевская, Ф.А. Васильев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Применение биогазовой когенерационной установки позволяят обеспечить теплом сооружения защищенного грунта, так как биогаз состоит на 55-75 % из метана. В данной статье поставлена задача определить сможет ли сельскохозяйственное предприятие, содержащее ферму крупного рогатого скота, за счёт переработки побочной продукции животноводства снабдить требуемым количеством тепловой энергии теплицу площадью 500 м^2.

Построен график тепловых потерь в течение года. Обнаружено, что в основном тепло теряется через ограждающие конструкции.

Ключевые слова: побочная продукция животноводства, биогаз, теплообмен, отопление, когенерационная установка, альтернативный источник энергии.

UTILIZATION OF LIVESTOCK BY-PRODUCTS IN ORDER TO PROVIDE HEAT SUPPLY TO THE GREENHOUSE

Yu.A. Falchevskaya, F.A. Vasiliev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The use of a biogas cogeneration plant makes it possible to provide heat to structures of protected soil, since biogas consists of 55-75 % methane. In this article, the task is to determine whether an agricultural enterprise containing a cattle farm will be able to supply a greenhouse with an area of 500 m^2 with the required amount of thermal energy due to the processing of by-products of livestock production. A graph of heat losses during the year is constructed. It was found that most of the heat is lost through the enclosing structures.

Key words: livestock by-products, biogas, heat exchange, heating, cogeneration plant, alternative energy source.

Введение. Температура, как один из ключевых параметров микроклимата теплицы поддерживается путём формирования бесперебойно работающей системы отопления [2]. Федеральный закон «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» обязывает перерабатывать и хранить отходы животноводства только на специализированных площадках [5]. В настоящее время в хозяйствах возникает проблема утилизации побочной продукции животноводства [6, 10].

Материалы и методы. Получение тепловой энергии в когенерационных установках является решением проблем утилизации побочной продукции животноводства и обеспечения собственным источником энергии хозяйств [4].

Результаты и обсуждение. По данным сельскохозяйственной микропереписи в Иркутской области отсутствуют круглогодичные тепличные комплексы [7]. Изыскания проводились на примере крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Боханском районе Иркутской области. Основным видом деятельности КФХ является разведение крупного рогатого скота и выращивание сельскохозяйственных культур. В предприятии содержится 156 голов крупного рогатого скота (34 головы коров сухостойных, 62 быка, 60 телят).

Предложена схема утилизации побочной продукции животноводства фермы КРС хозяйства (рисунок 1).

В данной технологической линии предлагается применение в тепличном комплексе биогаза и эффлюента, получаемого в результате сбраживания побочной продукции животноводства в когенерационной установке. Вследствие брожения биомасса распадается под действием гидролизных, кислотообразующих и метанобразующих бактерий. Химический состав биогаза: метан (CH_4) – 55-75 %; углекислый газ (CO_2) – 25-45 %; водяной пар (H_2O) – 0-10 %; азот (N_2) – <5 %;

кислород (O_2) – <2 % и другие примеси (водород (H_2), сероводород (H_2S), аммиак (NH_3)) – <3 % [8]. Сжигание биогаза позволит получить световую и тепловую энергию. В результате сжигания биогаза образуется углекислый газ, которым можно обогатить воздушную среду закрытого грунта. Увеличение концентрации двуокиси углерода положительно повлияет на урожайность овощей. Эффлюент после обеззараживания будет применяться как высококачественное органическое минерализованное удобрение в тепличном комплексе.

Для сопоставления энергетического потенциала органических отходов рассматриваемого хозяйства и требуемой тепловой мощности для теплицы рассчитаем количество теплоты [3], необходимой для круглогодичного отопления.

Проникающая солнечная радиация, ккал/час, определяется по формуле (1):

$$Q_{\text{пр.ср}} = K_{\text{пр}} \cdot \text{Q}_{\text{с.р}} \cdot \text{S}_{\text{т}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент проницаемости;
$Q_{\text{ср}}$ – солнечная радиация на горизонтальную поверхность, ккал/м^2;
$S_{\text{т}}$ – площадь тепличного комплекса, м^2.

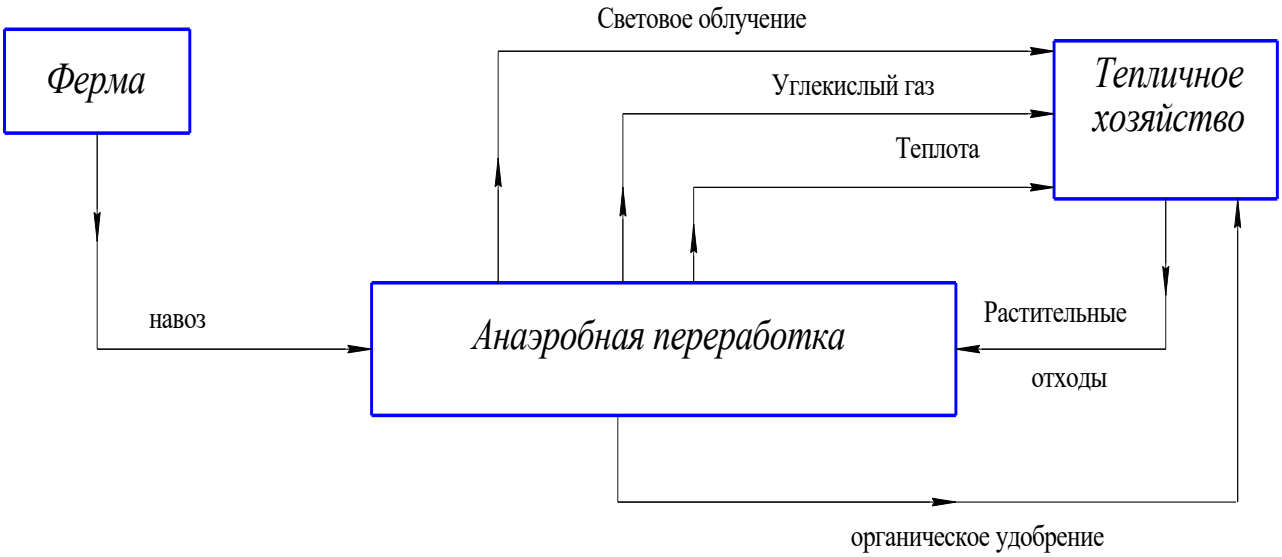


Рисунок 1 – **Схема утилизации побочной продукции животноводства фермы КРС хозяйства**

Строения лишаются тепла из-за тепловой передачи сквозь ограждение, регулируемого и нерегулируемого воздухообмена. Существенные потери тепла, преимущественно в зимнее время, происходят через элементы ограждения. Тепловая передача пропорциональна площади ограждения, разнице температуры внутри и снаружи, теплофизическим свойствам материала покрытия (формула 2):

$$Q_{\text{огр}} = K_{огр} \cdot K_{\text{т}} \cdot S_{\text{т}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot 1000, \quad (2)$$

где $Q_{\text{огр}}$ – тепловые потери через ограждение, ккал/час;
$K_{\text{огр}}$ – коэффициент ограждения;
$K_{\text{т}}$ – коэффициент тепловой передачи, определяющий теплофизические особенности материала покрытия и условия теплообмена, Вт/м^2·°С;
$S_{\text{т}}$ – площадь сооружения, м^2;

$t_{вн}$, $t_н$ – температура внутри и снаружи тепличного комплекса, °С.

Потери тепла, вызванные попаданием холодного воздуха через неплотность в ограждении (инфильтрацией), исходя из экспериментальных исследований, рассчитываются в зависимости от тепловых потерь через ограждение и составляют в среднем 20 % от площади теплицы (формула 3):

$$Q_{инф} = 0{,}2 \cdot Q_{огр}. \quad (3)$$

Потери тепла через вентиляционные проемы зависят от площади фрамуг, скорости движения воздуха и разности температур воздуха внутри и снаружи теплицы, определяются по формуле (4):

$$Q_{вент} = \mu \cdot S \cdot v \cdot \rho_н \cdot C_в(t_{вн} - t_н), \quad (4)$$

где μ – коэффициент расхода через систему вентиляции, равный 0,65;
S – площадь приточных или вытяжных отверстий, м^2 (20 % от площади теплицы);
v – скорость движения воздуха в вентиляционных проёмах, м/с;
$C_в$ – теплоёмкость воздуха;
$\rho_н$ – плотность наружного воздуха, кг/м^3, определяется по формуле (5):

$$\rho_н = \frac{346}{273+t} \cdot \frac{P}{99{,}3}, \quad (5)$$

где P – расчётное барометрическое давление, кПа;
t – температура воздуха снаружи тепличного комплекса, °С.

На основании проведённых расчётов составлен график потерь тепла по месяцам, из которого можно сделать вывод, что наибольшие потери происходят через ограждения (рисунок 2).

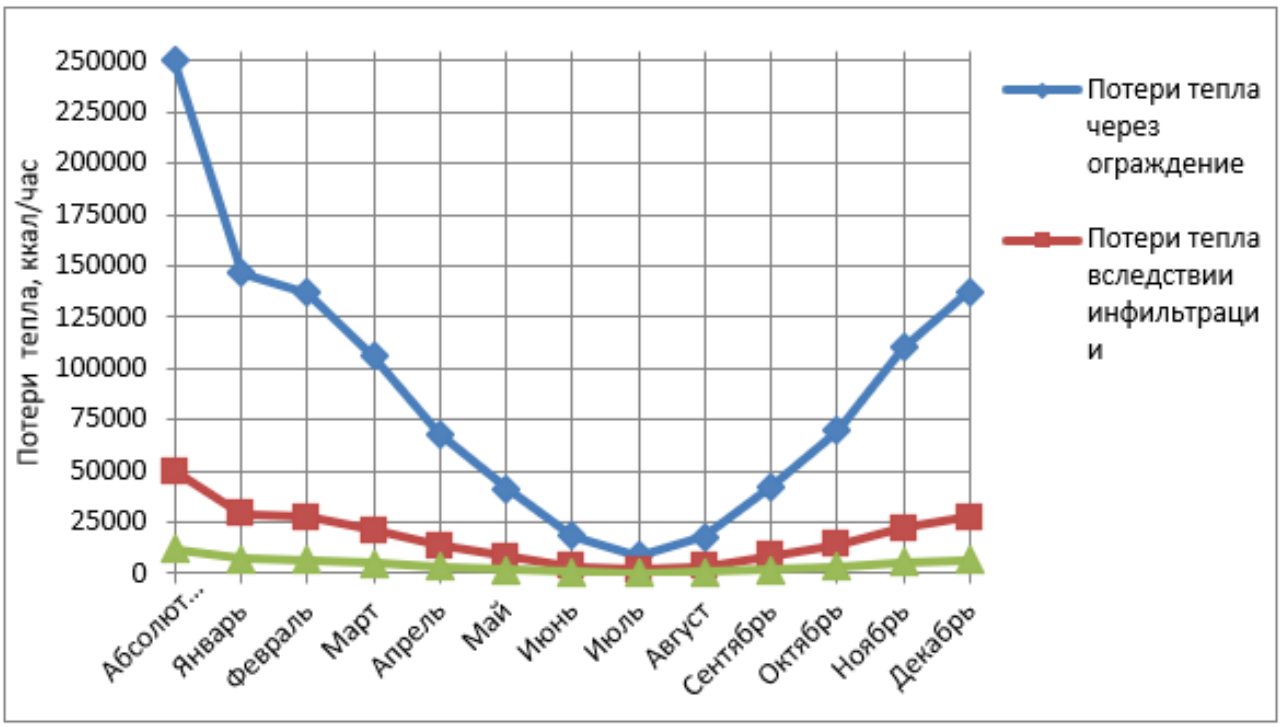


Рисунок 2 – **Потери тепла в тепличном комплексе при абсолютной минимальной температуре воздуха и по месяцам**

Величину тепловых потоков от теплотехнического оборудования рассчитывают исходя из площади теплообменных поверхностей, температурного

перепада и интенсивности теплообмена, определяемого коэффициентом теплопередачи. В общем случае теплоотдача системы отопления определяется по следующей формуле (6):

$$Q_{от} = K_{от} \cdot S_{от}(t_{от.ср} - t_{вн}) \cdot 1000, \quad (6)$$

где $K_{от}$ – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·°С), принимаемый для гладких труб равным 12 Вт/(м^2·°С);

$S_{от}$ – поверхность отопительных приборов, м^2;

$t_{от.ср}$ – средняя температура отопительных приборов, равная среднему арифметическому значению температур на входе в теплообменное оборудование и выходе из него, °С;

$t_{вн}$ – температура воздуха в теплице, °С.

Необходимая поверхность отопительных приборов (труб) составит (формула 7):

$$S_{от} = \frac{Q_{от.в} \cdot 1000}{K_{от}(t_{от.ср} - t_{вн})}, \quad (7)$$

где $Q_{от.в}$ – необходимая теплопроизводительность системы отопления воздушного шатра, ккал/час.

При расчётах мощности (тепловой производительности) системы отопления не учитывают солнечную радиацию (ночной режим), потери тепла на вентиляцию. В начальный период развития растений теплообменом с растениями ввиду его незначительности пренебрегают. В этом случае система отопления воздуха должна компенсировать тепловые потери через ограждение и на инфильтрацию. Для упрощения расчётов тепловые потери через почву, так же, как и потери на инфильтрацию, выражают в долях тепловых потерь через ограждение (в среднем 0,03) [3].

Тогда общая тепловая производительность системы отопления будет равна (формула 8):

$$Q_{от.в} = 1{,}23 \cdot K_{огр} \cdot K_{т} \cdot S_{т}(t_{вн} - t_{н}) \cdot 1000. \quad (8)$$

Так как в тепличном комплексе проектируется и система обогрева почвы, тепловая производительность системы обогрева почвы рассчитывается без учета тепловых потерь через почву (формула 9):

$$Q_{от.в} = 1{,}2 \cdot K_{огр} \cdot K_{т} \cdot S_{т}(t_{вн} - t_{н}) \cdot 1000. \quad (9)$$

Для расчёта системы отопления почвы используют нормативный коэффициент (формула 10):

$$Q_{от.п} = 0{,}06 \cdot Q_{от.в.}. \quad (10)$$

На основании проведённых расчёетов был построен график необходимой тепловой энергии в течение года для теплицы площадью 500 м^2 (рисунок 3).

Результаты расчётов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – **Результаты расчётов необходимого количества тепловой энергии, вырабатываемой биогазовойкогенерационной установкой для обеспечения теплоснабжения тепличного комплекса**

Наименование показателя	**Численное значение**
Проникающая солнечная радиация, ккал/час	236457,4
Потери тепла через ограждение, ккал/час	250386,9
Потери тепла вследствие инфильтрации, ккал/час	50078,8
Теплообмен с окружающей средой через вентиляционные отверстия, ккал/час	12123,8
Теплоотдача системы отопления, ккал/час	144196
Требуемая поверхность отопительных приборов (труб), м^2	207
Общая требуемая тепловая производительность системы, ккал/час	300464,3
Теоретический энергетический потенциал отходов животноводства в хозяйстве, ккал/час	389166,7

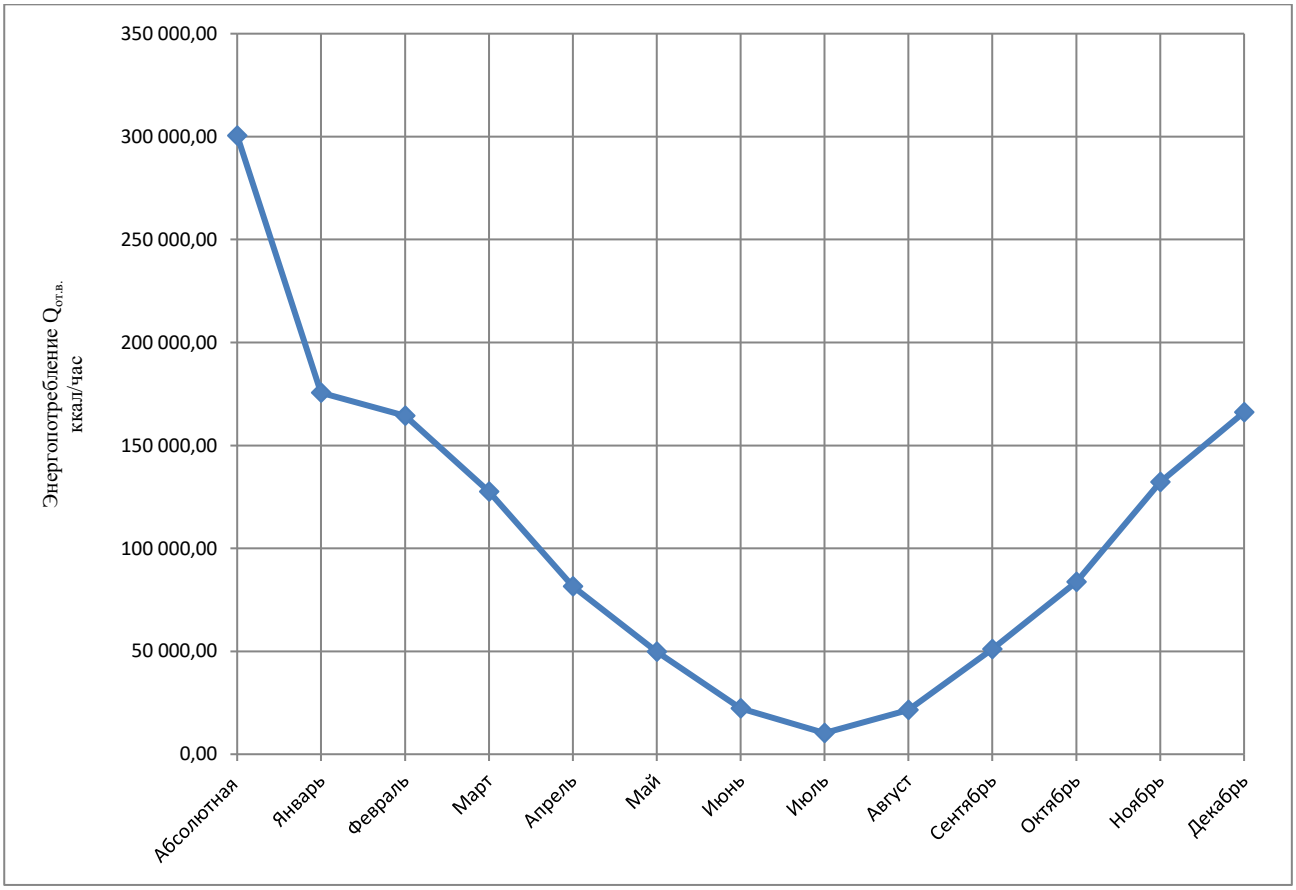


Рисунок 3 – **Энергопотребление тепличного комплекса при абсолютной минимальной температуре воздуха и по месяцам**

Заключение. Исходя из расчётов по энергетическому потенциалу побочной продукции животноводства КФХ Иркутской области, изложенных в работах [9], закономерно сделать вывод, что необходимое количество тепловой энергии может быть обеспечено за счёт применения биогазовой установки. В теплое время года, когда потребность в отоплении снижается, альтернативой будет

использование производимой энергии для хозяйственно-бытовых нужд предприятия [1].

Список литературы

1. *Гнездова, О.Е.* Энергообеспечение тепличных хозяйств с генерацией электрической и тепловой энергии и выработкой CO2 / *О.Е. Гнездова, Е.С. Чугункова* // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. № 3 – С. 141 - 151.

2. *Калегин, И.В.* Сравнение и оценка эффективности видов отопления тепличных комплексов в зимний период // Вестник науки. 2020. № 7. – С. 75 - 85.

3. *Климов, В.В.* Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств. – М. : Энергоатомиздат,1992. - 96 с.

4. *Ковалев, Н.Г.* О перспективах производства электроэнергии на основе переработки навоза в анаэробных условиях / *Н.Г. Ковалев, П.И. Гриднев* // Техника и технологии в животноводстве. 2014. №3 – С.26 - 28.

5. *Ковалёв, Н.Г.* Научное обеспечение развития экологически безопасных систем утилизации навоза / *Н.Г. Ковалёв, П.И. Гриднев, Т.Т. Гриднева* // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1 – С. 62 - 69.

6. О побочных продуктах животноводства: Федеральный закон от 14.07.2022 г. № 248-ФЗ // Официальный Интернет-портал правовой информации URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207140005/ (дата обращения 21.04.2024).

7. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения 21.04.2024).

8. *Фальчевская, Ю.А.* Использование биогаза в закрытом грунте / *Ю.А. Фальчевская, В.К. Евтеев* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Материалы VIII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских», посвященной 85-летию Иркутского ГАУ, Иркутск, 26-. Ежевского, 2019. – С. 86 - 92.

9. *Фальчевская, Ю.А.* Энергосбережение при обеспечении микроклимата в сельскохозяйственных предприятиях / *Ю.А. Фальчевская., О.М. Осмонов, А.В. Спиридонова* // Дальневосточный аграрный вестник, 2023. – Том 17. № 1 – С. 134 - 140.

10. *Шахов Артур Викторович* Теоретические основы формирования эффективной биоэнергетики в аграрном секторе экономики // Агроинженерия. 2011. № 5 – С. 10 - 13.

Сведения об авторах

Фальческая Юлия Александровна – преподаватель колледжа Агротехнологий и автомобильного транспорта Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Ирккткий ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89501069794, e-mail: julia-katia_2010@mail.ru.

Васильев Филипп Александрович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89246215515, e-mail: fvasiljiev@yandex.ru.

Information about the authors

Falchevskaya Yulia A. – teacher of the college of agrotechnology and automobile transport of the Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89501069794, e-mail: julia-katia_2010@mail.ru.

Vasilev Filipp A. – candidate of technical sciences, head of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky.

Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89246215515, e-mail: fvasiljiev@yandex.ru.

УДК: 630*9

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ К СОЗДАНИЮ РУЧНЫХ СРЕДСТВ ТУШЕНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ И СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ

В.Н. Хабардин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. До настоящего времени основным способом тушения низовых лесных и степных пожаров является захлёстывание огня, который реализуют при применении примитивных ручных средств (веток, мётел, лопат и т.п.), что обуславливает необходимость создания новых, более эффективных аналогичных средств. В последние годы разработаны новые технические решения к созданию ручных средств тушения пожаров путём захлестывания огня: на уровне полезных моделей РФ – ручное орудие для тушения низовых лесных пожаров «Хлопушка» и захлёстыватель, на уровне изобретений ЕАПО – лыжи, огнедавы и каток. В целом, их разработка направлена на улучшение эксплуатационных свойств названных устройств – повышение эффективности процесса тушения пожаров и улучшение условий труда пожарных, что, несомненно, актуально в современных социально-экономических условиях нашей страны. Решению этих задач и посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: пожары низовые лесные и степные, захлестывание огня, средства тушения ручные, технические решения.

NEW TECHNICAL SOLUTIONS TO BE CREATE MANUAL GROUND EXTINGUISHING MEANS FOREST AND STEPPE FIRES

V.N. Khabardin

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Yezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Until now, the main method of extinguishing ground forest and steppe fires is to overwhelm the fire, which is implemented using primitive manual means (branches, brooms, shovels, etc.), which necessitates the creation of new, more effective similar means. In recent years, new technical solutions have been developed for the creation of manual means of extinguishing fires by overwhelming the fire: at the level of useful models of the Russian Federation - a hand-held tool for extinguishing ground forest fires “Hlopushka” and an overwhelm, at the level of inventions of the EAPO – skis, fire crushers and a skating rink. In general, their development is aimed at improving the operational properties of these devices - increasing the efficiency of the fire extinguishing process and improving the working conditions of firefighters, which is undoubtedly important in the modern socio-economic conditions of our country. This article is devoted to solving these problems.

***Key words*:** ground forest and steppe fires, fire engulfment, manual extinguishing agents,

technical solutions.

Введение. Природные пожары представляют собой серьёзную опасность для населения и экономики различных стран мира и, особенно, для нашей страны. На долю природных пожаров и вызываемых ими чрезвычайных ситуаций (ЧС) в России приходится в среднем 24 % от всех ЧС природного характера, к числу которых относят: лесные, степные, торфяные и различные их комбинации [1, 2, 3]. В Сибири и на Дальнем Востоке наиболее распространенными являются лесные пожары, причём как верховые, так и низовые, в степной полосе нашей страны – степные. Пожары могут быть вызваны самыми разнообразными причинами и нередко охватывают обширные пространства, измеряемые тысячами квадратных километров.

Результаты и обсуждение. Для борьбы с низовыми лесными и степными пожарами в настоящее время применяют следующие способы: захлёстывание огня по кромке пожара; засыпка кромки пожара грунтом; прокладка заградительных и опорных минерализованных полос и канав; отжиг горючих материалов перед фронтом пожара; тушение водой и огнетушащими растворами. При этом наиболее распространённым способом тушения этих пожаров является захлёстывание огня (рисунок 1), которое представляет собой сбивание пламени на месте горения подручными средствами (ветками, метлами, лопатами, куском материала, прикреплённым к палке и т.п.). По низовым лесным пожарам применимость этого способа на практике составляет 85 %, по степным – 80 % [2, 3].

Следует отметить, что подручные средства, несомненно, приемлемы для тушения возгораний, их применение также возможно и при тушении пожаров, но в этой ситуации было бы весьма желательно использовать более эффективные современные средства.

Вместе с тем до настоящего времени не созданы специальные ручные технические средства для тушения этих пожаров. В связи с этим разработка новых технических решений к созданию ручных средств тушения низовых лесных и степных пожаров, несомненно, актуальна.

Известны специальные ручные технические средства для тушения низовых лесных и степных пожаров, которые выполнены на уровне новых технических решений – патентов на полезные модели и изобретения. Сегодня в сети Интернет их можно найти некое множество. В связи с этим нами были выбраны только те решения, которые направлены на создание ручных средств захлёстывания огня. Представим их далее в порядке возрастания сложности конструкций – на уровне полезных моделей и изобретений.

Ручное орудие для тушения лесных низовых пожаров «Хлопушка» по патенту РФ на полезную модель № 23776 (рисунок 2) имеет простейшую конструкцию. Оно содержит эластичную пластину 1 из резины или прорезиненной ткани толщиной 1,5-2 см и размером 30 х 40 см, к которой посередине, параллельно её длинной стороне прикреплена поперечина 3, равная длине пластины, к которой, в свою очередь, прикреплена рукоятка 2 длиной 1,2-1,3 м [4].



а – ветками; б – метлами; в – лопатами; г – куском материала на палке.

Рисунок 1 – **Захлёстывание огня по кромке пожара подручными средствами**

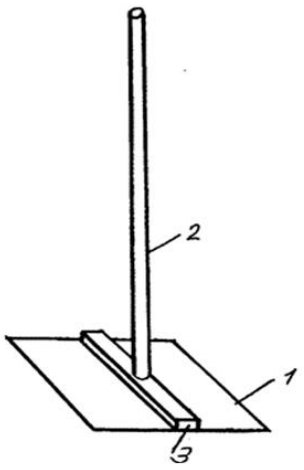


Рисунок 2 – **Ручное орудие для тушения низовых лесных пожаров «Хлопушка» (патент РФ на полезную модель № 23776)**

Принцип тушения огня при применении «Хлопушки» обусловлен ограничением доступа к очагу горения, а также к скрытому очагу загорания кислорода и применением углекислого газа, выделяемого при горении. При этом тушение кромки пожара осуществляется передвижением эластичной пластины 1 при помощи рукоятки 2 вдоль кромки пожара с одновременным передвижением её в вертикальной плоскости по схеме «Вверх-вниз», захлопывая пламя и задерживая

орудие на одном месте в течение 3-5 с, достаточных для тушения очага горения. Недостатком «Хлопушки» является то, что оно имеет ограниченные функциональные возможности, которые обусловлены необходимостью воздействия на него посредством рук. Кроме того, «Хлопушка» неудобна в эксплуатации, так как из-за вертикального расположения рукоятки к поперечине при непосредственном тушении возгорания рабочий вынужден находиться от него на расстоянии вытянутой руки – слишком близко к огню, что небезопасно для рабочего.

Захлёстыватель для тушения низовых лесных пожаров по патенту РФ на полезную модель № 103479 (рисунок 3) – аналог «Хлопушки» [5]. Он содержит (рисунок 3) рабочий орган 1 прямоугольной формы из негорючей эластичной пластины размерами сторон «А» и «В», рукоятку 2, соединительный элемент, выполненный из металлического листа 3, державки 4, которая неразъёмно, с помощью сварки и двух боковых косынок 5, закреплена к листу 3 под углом 30°…60°. При этом лист 3 соединительного элемента по форме подобен форме рабочего органа 1. Рукоятка 2 соединена и зафиксирована на державке 4, а рабочий орган 1 и лист 3 соединены между собой разъёмно – с помощью заклёпок или болтов с гайками 6. Материалом для изготовления рабочего органа могут служить стеклоткань, применяемая для изготовления противопожарного полотна (кошмы), прорезиненная ткань и т.п.

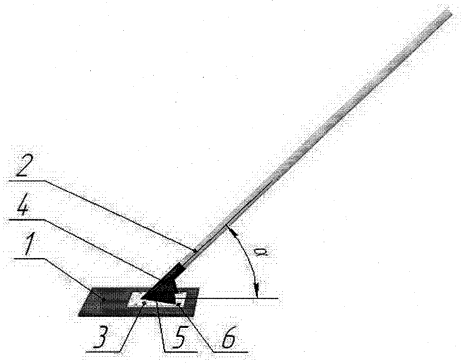


Рисунок 3 – **Захлёстыватель для тушения низовых лесных пожаров (патент РФ на полезную модель № 103479)**

Тушение огня с помощью захлёстывателя, как и при использовании «Хлопушки», заключается в резком ограничении доступа кислорода к месту горения. Для этого рабочий, держа захлестыватель в руках, резкими движениями «Вверх-вниз» до горящей поверхности захлопывает пламя, задерживая рабочий орган на этом месте до 5 с, достаточных для тушения огня на этом месте. Далее, передвигаясь вдоль кромки пожара, аналогично повторяя захлёстывающие движения, рабочие последовательно, в соответствии с принятой стратегией, осуществляют тушение всего пожара. При этом благодаря тому, что рукоятка и рабочий орган соединены между собой под углом, рабочий при тушении огня находится на безопасном расстоянии от кромки огня.

Лыжи для тушения низовых лесных пожаров по патенту ЕАПО на изобретение № 040244 в соответствии с рисунком 4 включают в себя две планки 5 с загнутыми носками и платформу 6 с креплением для размещения и фиксации ноги с подпятником 3 и винтами 2 [6]. Каждая планка 5 снизу оснащена теплостойкой пластиной 4 из резины или прорезиненной ткани, облегающей

поверхность нижней грани планки 5. Винты 2 выполнены с возможностью взаимодействия их свободных концов с боковой поверхностью каблука 7 обуви (например, сапога 1), в которую обута нога. В передней части крепление выполнено в виде ремешка 8 с пряжкой (не показано). Планки 5 и платформы 6 окрашены в красный цвет и выполнены из теплостойкого материала.

При применении лыж движутся по кромке пожара, наступая на неё одной или двумя лыжами. Конструкция лыж учитывает возможность тушения огня при реализации принципа, заключающегося в ограничении доступа к очагу горения кислорода и применения углекислого газа. Его эффективность повышается за счёт увеличения, например, в сравнении с подошвой сапога, площади воздействия на очаги возгорания. Кроме того, лыжи имеют простую и удобную для пользователя конструкцию и адаптированы к условиям пожара. Их применение освобождает руки, что также позволяет повысить эффективность тушения пожара и улучшить условия труда пожарника.

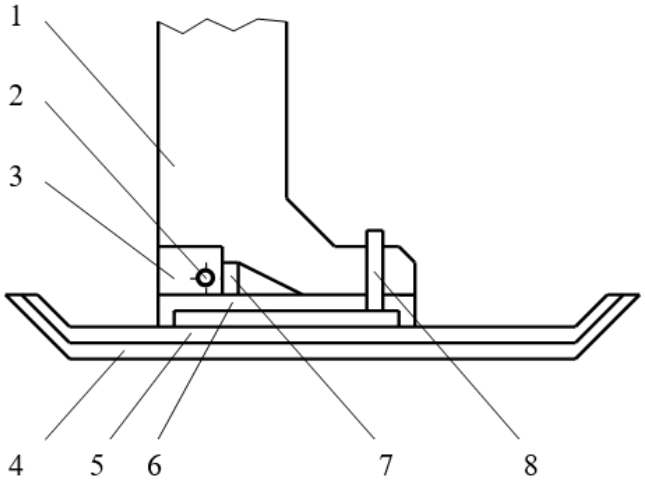


Рисунок 4 – **Лыжи для тушения низовых лесных и степных пожаров (патент ЕАПО на изобретение № 040244)**

Огнедавы для тушения низовых лесных и степных пожаров по патенту ЕАПО на изобретение № 047165 [7] в соответствии с рисунком 5 включают в себя опорные диски 2 по форме эллипса – с возможностью размещения на них обуви пожарника. Каждый диск 2 дополнительно снабжён прижимным элементом – огнедавом 1, выполненным из эластичного термостойкого материала, поверхность верхней части которого плоская и имеет форму эллипса. Боковая поверхность огнедава 1 скруглённая, а его нижняя часть конусообразная – с вершиной, обращённой вниз, и лежащей на вертикальной линии, проходящей через центр эллипса. Огнедав 1 присоединен к опорному диску 2 снизу. Элементы для фиксации обуви пожарника выполнены из термостойкого материала и присоединены к свободной горизонтальной поверхности опорного диска 2 с возможностью размещения подошвы обуви. Опорный диск 2 и элементы для фиксации обуви пожарника окрашены в красный цвет. Для фиксации обуви пожарника с опорным диском 2 могут быть применены различные конструктивные элементы, например, регулируемые стропы с поддерживающими ремешками или галоши с застёжками-молниями. На рисунке 5 в качестве элемента для фиксации обуви пожарника с опорным диском 2 представлены галоши 3 с застёжкой-молнией 5. Они могут быть выполнены эластичными – с возможностью размещения в них

обуви 4 пожарника – и присоединены (например, приклеены) к опорному диску 2.

Применение огнедавов принципиально не отличается от применения лыж по патенту ЕАПО № 04244 [6]. Конструкция огнедавов учитывает возможность тушения огня при реализации принципа, заключающегося в ограничении доступа к очагу горения кислорода и применения углекислого газа. Эффективность тушения пожара повышается за счёт увеличения, например, в сравнении с подошвой сапога, площади воздействия на очаги возгорания. Кроме того, огнедавы имеют простую и удобную конструкцию и адаптированы к условиям пожара. Их применение осуществляется за счёт силы тяжести человека, что освобождает руки и также позволяет повысить эффективность тушения пожара и улучшить условия труда пожарника.

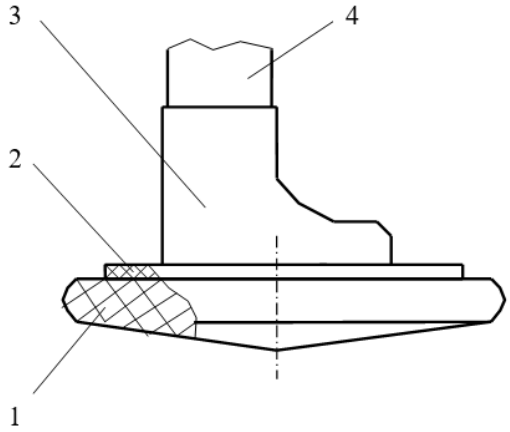


Рисунок 5 – **Огнедавы для тушения низовых лесных и степных пожаров (патент ЕАПО на изобретение № 047165)**

Каток для тушения низовых лесных и степных пожаров [8] в соответствии с рисунком 6 включает в себя *П*-образную раму 5, барабан 8 с осью 9 и подшипниками в их корпусах 11, а также эластичный обод 10, охватывающий боковую поверхность барабана 8, и устройство, обеспечивающее возможность управления им. Барабан 8 выполнен с образованием гладкой боковой поверхности и герметичным – с возможностью заправки его полости водой, оснащён заливным отверстием с пробкой 7 и присоединён к раме со стороны свободных концов лонжеронов 6. Устройство управления катком включает в себя поводок 2 в виде трубы, к одному свободному концу которого жёстко и с образованием *Т*-образной формы названного конца поводка 2 присоединена рукоятка по форме цилиндра и со сферическими колпаками 1 по её концам. К противоположному свободному концу поводка 2 жёстко и с образованием *Т*-образной формы присоединена опорная плита 4 в виде полосы. Кроме того, поводок 2 и опорная плита 4 дополнительно скреплены двумя одинаковыми косынками 3 по форме равносторонних прямоугольных треугольников.

Устройство управления катком выполнено съёмным с целью обеспечения транспортабельности катка к месту пожара и обратно. Оно присоединено к поперечине 5 рамы посредством двух стремянок 13 с пластинчатыми шайбами 12 и гайками (не показано). Все конструктивные элементы катка выполнены из термостойких материалов, что обеспечивает возможность его использования в условиях пожара. Поверхности рукоятки и поводка 2 окрашены в красный цвет, что позволяет легко обнаруживать каток в местах его временного хранения.

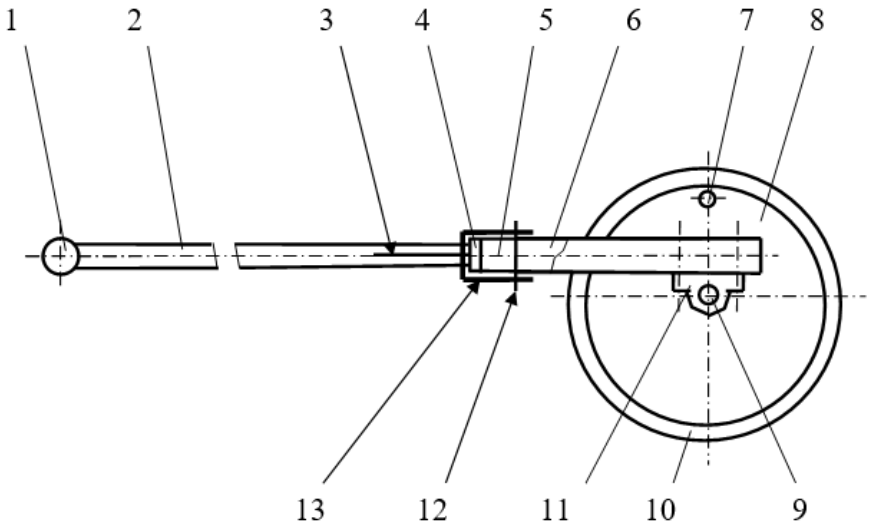


Рисунок 6 – **Каток для тушения низовых лесных и степных пожаров (вид сбоку)**

При тушении перемещают каток руками – посредством воздействия на колпаки 1 рукоятки. При этом барабан 8 направляют на кромку пожара со стороны несгоревшей растительности, например, травы. При первом перемещении катка вперед трава под действием его силы тяжести прижимается к земле, и её верхушки как наиболее горючие части травы, попадая в зону огня, частично обгорают, что уже ослабляет силу огня на данном участке кромки пожара. Одновременно с этим происходит захлопывание и захлестывание огня барабаном. При этом реализуется принцип тушения огня, заключающийся в ограничении доступа к очагу горения кислорода и применении углекислого газа. В дополнение к этому, вследствие давления барабана 8 на почву из неё и растительности выделяется влага, что также активизирует процесс тушения огня. Совершают перемещение катка в противоположном направлении – назад: действуют те же принципы тушения огня. Выполняя перекатывание барабана 8 по схеме «Вперед-назад» несколько раз примерно на одном и том же месте, в конечном итоге прикатывают огонь. По мере затухания огня в обработанной части барабан 8 постепенно смещают вдоль кромки пожара, сохраняя при этом схему его движения «Вперед-назад». Эффективность воздействия катка на огонь повышается за счёт применения эластичного обода 10, обеспечивающего возможность частично копировать микрорельеф местности. Кроме того, в результате деформации обода 10 увеличивается его площадь контакта с прикатываемой поверхностью. При применении катка человек находится на удалении от огня, равном примерно длине поводка 2, что улучшает условия труда и повышает его эффективность.

Выводы: 1. До настоящего времени основным способом тушения низовых лесных и степных пожаров является захлёстывание огня, который реализуют при применении примитивных ручных средств (веток, мётел, лопат и т.п.), что обуславливает необходимость создания новых, более эффективных аналогичных средств.

2. В последние годы разработаны новые технические решения к созданию ручных средств тушения пожаров путём захлёстывания огня: на уровне полезных моделей – ручное орудие для тушения низовых лесных пожаров

«Хлопушка» и захлёстыватель, на уровне изобретений – лыжи, огнедавы и каток. В целом, их разработка направлена на повышение эффективности процесса тушения пожаров и улучшение условий труда пожарных.

Список литературы

1. Анализ современных средств и способов борьбы с природными пожарами. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-sredstv-i-sposobov-borby-s-prirodnymi-pozharami.

2. *Баринов, А.В.* Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. – Изд-во ВЛАДОС ПРЕСС, 2003. – 496 с.

3. *Бенин, Д.М.* Тушение природных пожаров в условиях дефицита водных ресурсов: монография / *Д.М. Бенин, Л.А. Журавлева*. – М. : ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. – 122 с.

4. Патент РФ на полезную модель № 23776. А62С 8/00. Ручное орудие для тушения низовых лесных пожаров / *В.Е. Панова*; заявитель и патентообладатель *Панова В.Е.*; Бюллетень ФИПС № 20 / 2001.

5. Патент РФ на полезную модель № 103479. А62С 8/00. Захлестыватель для тушения низовых лесных пожаров / *А.А. Головин, А.Е. Вишнев, А.А. Головин* ; заявитель и патентообладатель – ООО Творческое внедренческое предприятие «Новатор»; Бюллетень ФИПС № 11 / 2011.

6. Патент ЕАПО на изобретение № 040244. Лыжи для тушения низовых лесных и степных пожаров / *В.Н. Хабардин*; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» ; Бюллетень ЕАПВ «Изобретения (евразийские заявки и патенты)», № 5 / 2022 г.

7. Патент ЕАПО на изобретение № 047165. Огнедавы для тушения низовых лесных и степных пожаров / *В.Н. Хабардин* ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского».; Бюллетень ЕАПВ «Изобретения (евразийские заявки и патенты)», № 6 / 2024 г.

8. Положительное решение о выдаче патента ЕАПО на изобретение. Каток для тушения низовых лесных и степных пожаров / *В.Н. Хабардин* ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского».

Сведения об авторе(ах)

Хабардин Василий Николаевич – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru).

Information about the author(s)

Khabardin Vasily N. – honored inventor of the russian federation, doctor of technical sciences, professor of the department of operation of machine and tractor fleet, life safety and professional training of the faculty of engineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru).

УДК 631.3. 004.54:331.103

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН

О.Н. Хороших

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье предлагаются некоторые аспекты системного подхода к процессу диагностирования машин. Изучения процесса диагностирования машин как системы «Человек – Прибор – Машина» (Ч-П-М) позволяют полнее оценить приспособленность измерительных средств и техники к диагностированию, выявить влияние человеческого фактора на эффективность процесса и качество диагноза, установить взаимосвязи компонент процесса Ч-П-М. Результаты таких системных исследований могут быть положены в основу разработки рекомендаций по улучшению конструкций машин и диагностических приборов, а также по совершенствованию и повышению квалификации мастеров-диагностов.

Ключевые слова: диагностика, процесс, система, компонент, прибор, механизмы, машина, человек.

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE PROCESS DIAGNOSING MACHINES

O.N. Khoroshikh

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article suggests some aspects of a systematic approach to the process of diagnosing machines. Studying the process of diagnosing machines as a «Man – Device – Machine» (M-D-M) system allows us to better assess the adaptability of measuring instruments and equipment to diagnosis, identify the influence of the human factor on the effectiveness of the process and the quality of diagnosis, establish the interrelationships of the components of the M-D-M process. The results of such system studies can be used as a basis for the development of recommendations for improving the designs of machines and diagnostic devices, as well as for improving and upgrading the skills of master diagnosticians.

***Key words*:** diagnostics, process, system, component, device, mechanisms, machine, person.

Введение. Диагностика в системе технического обслуживания является важнейшим условием повышения работоспособности машинно-тракторного парка любого предприятия. Она в значительной степени сокращает простои машин по техническим неисправностям. Однако внедрение технического диагностирования в практику производства сопровождается определёнными сложностями. Причинами тому зачастую являются высокая трудоёмкость и продолжительность процесса диагностирования, недостаточная взаимоприспособленность техники и диагностических средств к диагностированию, не универсальность последних и их дороговизна, нерациональное использование рабочего времени мастеров-диагностов и др.

Материалы и методы. Анализ методов оценки приспособленности технических средств к диагностированию показал, что этот вопрос изучен ещё недостаточно. В основном методы диагностирования и применяемые измерительные средства рассчитаны на замеры отдельных диагностических параметров, не полностью учитывают виды диагностирования и не рассматриваются в системных процессах. В свою очередь высокоэффективное использование техники во многом зависит от комплексного решения вопросов машиноиспользования, с применением системных методов. Процесс диагностирования машин относится к числу малоизученных системными методами процессов. Приспособленность техники и измерительных средств к диагностированию в основном изучалась без учёта влияния на диагностический процесс человеческого фактора.

Результаты и обсуждение. В технологическом процессе диагностирования механизмов, узлов и систем трактора, автомобиля, сельскохозяйственной машины участвуют «Человек», «Прибор», «Машина». Подетальное их изучение, выявление взаимосвязей и зависимостей позволят выявить резервы повышения эффективности диагностирования, снизить затраты и наметить пути его интенсификации.

Изучение и исследование процесса диагностирования машин как функционирования системы «Человек – Прибор – Машина» (Ч-П-М) позволяет полнее оценить приспособленность измерительных средств и техники к диагностированию, выявить влияние человеческого фактора на эффективность процесса и качество диагноза, установить взаимосвязи компонент процесса Ч-П-М. Результаты таких системных исследований могут быть положены в основу разработки рекомендаций по улучшению конструкций машин и диагностических приборов, а также по совершенствованию и повышению квалификации мастеров-диагностов[2, 3, 10].

Существенным признаком системы является её целостность. Там, где работой механизмов управляет человек, считается, что функционирует человеко-машинная система. Качество и эффективность функционирования человеко-машинной системы определяется надёжностью составляющих её компонент. Человек выступает в системе не только как исполнительный элемент, он управляет процессом, контролирует и регулирует функционирование всей системы и других ее составляющих.

Анализ исследований по человеко-машинным системам показывает, что человеку (оператору) отводится решающая роль в функционировании технологических систем [1, 4, 5, 7, 8, 9]. Деятельность человека-оператора определяется в ГОСТ как процесс достижения цели при функционировании системы. «Человеческий фактор» является решающим в любом прогрессе. От него зависит использование всех материальных ценностей. Самые совершенные средства производства (машины, тракторы, станки, оборудование и т.п.) могут бездействовать или работать неэффективно, если не будет задействован «Человеческий фактор». В системе Ч-П-М отказы могут возникать по всем составляющим её компонентам. В связи с этим, поиски резервов по повышению эффективности процесса диагностирования являются актуальными.

Изучение процесса диагностирования как системы функционирования Ч-П-М позволяют выявить резервы производства, совершенствования организационных его форм и конструкций применяемых машин.

Степень влияния компонент системы на процесс диагностирования можно определить по следующим формулам.

$$\mu_{\text{ч}} = \frac{Э_i^{\text{ч}}}{Э_i};\ \mu_{\text{п}} = \frac{Э_i^{\text{п}}}{Э_i};\ \ \mu_{\text{м}} = \frac{Э_{\text{i}}^{\text{м}}}{Э_{\text{i}}}, \quad (1)$$

где $Э_{\text{i}}^{\text{ч}}, Э_{\text{i}}^{\text{п}}, Э_{\text{i}}^{\text{м}}$ – составляющие части показателя эффективности, характеризуемые соответственно человеком-оператором, прибором, машиной;

$Э_i$ – показатель эффективности i-го параметра.

Очевидно, что:

$$\mu_{\text{ч}} + \mu_{\text{п}} + \mu_{\text{м}} = 1 \text{ (или 100 \%)}. \quad (2)$$

При этом показателем эффективности может быть принята трудоёмкость проведения диагностических операций, относящихся к той или иной компоненте $t_{\text{ч}} + t_{\text{п}} + t_{\text{м}}$, т.е.:

$$\frac{1}{\text{Т}_{\text{д}}}\left(\sum_{i=1}^{n} t_{\text{ч}i} + \sum_{j=1}^{m} t_{\text{п}j} + \sum_{k=1}^{N} t_{\text{м}k}\right) = 1 \text{ (или 100 \%)}, \quad (3)$$

где $\frac{\sum_{i=1}^{n} t_{\text{ч}i}}{\text{Т}_{\text{д}}} = \mu_{\text{ч}}, \frac{\sum_{j=1}^{m} t_{\text{п}j}}{\text{Т}_{\text{д}}} = \mu_{\text{п}}, \frac{\sum_{k=1}^{N} t_{\text{м}k}}{\text{Т}_{\text{д}}} = \mu_{\text{м}}$ – доли трудоёмкостей диагностирования, приходящиеся соответственно на человека, прибор, машину;

$\text{Т}_{\text{д}}$ – общая продолжительность диагностического процесса.

Выражение (3) для анализа процесса диагностирования можно записать:

$$\sum_{i=1}^{n} t_{\text{ч}i} + \sum_{j=1}^{m} t_{\text{п}j} + \sum_{k=1}^{N} t_{\text{м}k} = const.$$

Временные характеристики определяются методом микрометражного хронометрирования.

Диагностические работы проводятся в соответствии с правилами технического обслуживания и диагностирования, предусмотренными инструкцией по эксплуатации соответствующих марок машин и приборов.

Исходными данными для анализа процесса диагностирования является статистический материал, полученный по результатам хронометражных наблюдений за процессом с подробным анализом элементов времени за работой мастера-диагноста, выполняющего диагностические операции. Время, затрачиваемое на проведение диагностической операции, замерялось секундомером и фиксировалось в специальном журнале. После чего, составлялись таблицы продолжительностей диагностических операций и проводили их распределение по компонентам системы «Человек – Прибор – Машина». В них указывались порядковый номер и наименование операции, компоненты системы, трудоёмкость и продолжительность диагностических операций и процесса, ч. (пример таблицы приведён ниже).

Таблицы диагностических процессов, используются при экспериментальных исследованиях. Количество хронометражей по диагностическому процессу не менее восьми, а по отдельным наиболее трудоёмким работам не менее пяти.

Для распределения диагностических работ между компонентами процесса при поэтапном его проведении руководствуются следующими положениями [6].

К этапу подготовки средств диагностирования относим все подготовительные работы, связанные с прибором, начиная с момента выемки прибора из футляра, шкафа, сейфа и т.д., до момента установления диагностического режима, подключение его к электросети, к объекту диагностирования. К операциям этой группы не относятся калибровка приборов, их техническое обслуживание, ремонт и т.д., т.е. работы не связанные непосредственно с процессом диагностирования.

Таблица 1 – **Продолжительности диагностических операций процесса диагностирования и их распределение по компонентам системы «Человек – Прибор – Машина»**

№ п/п	Наименование операции	Участвующие компоненты системы	Трудоемкость диагностических операций, ч.-мин.	Продолжительность диагностического процесса, ч.
Подготовительные операции				
1			Ч+М	
2			Ч+П+М	
…..			……..	
Основные операции				
1			Ч+М	
2			Ч+П	
…..			Ч+П+М	
Заключительные операции				
			Ч+П+М	
			Ч+М	
…			…..	

К операциям по подготовке машины относим подготовку инструмента и обеспечение доступа к объектам диагностирования, подъём капота, крышек, прогрев двигателя, установление исходного положения к подключению прибора, датчика и др.

К основному времени диагностирования относим все операции, связанные с непосредственным диагностированием: установление и соблюдение режима диагностирования нагрузочного, скоростного и т.п.; измерение параметра, наблюдения, отсчёт при необходимости, вычисления; постановка диагноза (информационно-логическая операция сопоставления результата полученных измерений с допустимыми значениями и принятие заключения).

Демонтаж приборов, восстановление исходного состояния машины и все операции по сборке и укладке прибора выполняемые в обратной последовательности относим к заключительному этапу. Их назначение и разделение на элементы аналогично соответствующим подготовительным операциям.

В тех случаях, когда не совсем чётко выражена принадлежность элементов процесса к его этапам, например, «К подготовке прибора, машины», или «Режиму диагностирования», поступаем следующим образом. Если операция

предшествует «Монтажу прибора», то есть без её выполнения невозможна установка прибора на машину, то данная операция относится к составляющей «Подготовка прибора». Если без выполнения данной операции нельзя произвести измерения, то она относится к составляющей «Режим диагностирования».

После хронометражных наблюдений, на каждом из этапов диагностирования и в целом процесса, проводим соответствующую обработку и подсчитываем баланс времени диагностирования (по этапам $t_п$, $t_о$, $t_з$ и в целом $T_д$), экономию времени при интенсификации диагностического процесса на всех его этапах и их комбинациях, ΔT_i. Определяем соответствующие коэффициенты эффективности процесса, K_i. Вычисляем погрешность.

Затем полученные данные таблицы обрабатываем, анализируем, строим соответствующие графики и делаем необходимые выводы. По полученным данным рассчитываем затраты времени на диагностирование по операциям и компонентам системы и определяем доли времени приходящиеся на каждую компоненту системы.

Выстроенные в статистический ряд данные обрабатываем с использованием компьютерных программ, получаем аппроксимирующие функции, определяем коэффициенты уравнений и достоверности аппроксимации, подсчитываем погрешности.

По результатам измерений и расчётов строим гистограммы распределения элементов времени, составляющих системы по технологическим операциям, график динамики времени процесса диагностирования нарастающим итогом. По данным графиков и гистограммы определяем на какую компоненту системы приходится времени больше, а на какую меньше и по какой из них больше непроизводительных затрат.

Заключение. Данная методика и полученные по ней результаты дают достаточно полную информацию для разработки мероприятий по снижению непроизводительных затрат элементов времени на диагностику машин и составления алгоритма оптимизации процесса.

Список литературы

1. *Бунин, И.А.* Инженерные способы оценки биологического звена системы «человек - машина - животное» // Техника в сельском хозяйстве. - 1995, - № 4 - С. 10 - 12.

2. *Дутова, К.* Анализ влияния человеческого фактора на процесс технического диагностирования автотракторной техники / *К.А. Дутова, О.Н. Хороших* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 90-летию Иркутскому ГАУ. – 2024. С. 38 - 42.

3. *Замякин, А.В.* К вопросу системного подхода в технической диагностике автотракторной техники / *А.В. Замякин* // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. Сборник научных тезисов студентов. - 2020. С. 81 - 82.

4. *Липкович, И.Э.* Надёжность человекомашинных систем // Механизация и электр. сел. хоз-ва. - 2002. - № 1. - С. 10 - 13.

5. *Ильин, П.И.* Показатели приспособленности и их влияние на процесс диагностирования машин / *П.И. Ильин, С.А. Филиппов* // Научные исследования студентов в решении

актуальных проблем АПК : Материалы всероссийсской научно-практической конференции, Иркутск, 14-15 марта 2019 года. Том II. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 152 - 160.

6. Исследование влияния человеческого фактора на результаты диагностирования тормозного управления автомобиля на стенде СТМ-3500 / *С.Н. Кривцов, Д.С. Алексеенцев, П.И. Ильин, О.Н. Хороших* // Актуальные проблемы эксплуатации машинно-тракторного парка, технического сервиса, энергетики и экологической безопасности в агропромышленном комплексе : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения Ивана Петровича Терских, Иркутск, 25-27 сентября 2007 года. – Иркутск : Издательство Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, 2007. – С. 103 - 108.

7. *Хороших, О.Н.* Процесс диагностирования электрооборудования автомобиля как системы «Человек-Прибор-Машина» / *О.Н. Хороших, Ц.В. Цэдашиев, А.Ю. Логинов* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. № 37. С. 28 - 35.

8. *Цибулевский, И.Е.* Человек как звено следящей системы. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 288 с.

9. *Шибанов, Г.П.* Количественная оценка деятельности человека в системах «Человек-техника». – М. : Машиностроение, 1983. – С. 263.

10. *Штадлер, Д.В.* Эффективность диагностирования при техническом обслуживании транспортных средств / *Д.В. Штадлер, О.Н. Хороших* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах. – 2023. С. 158 - 161.

Сведения об авторе(ах)

Хороших Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК» инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89148857684, e-mail: larina197708@rambler.ru).

Information about the author(s)

Khoroshikh Olga N. – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Technical support of the agro-industrial complex» of the faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89148857684, e-mail: larina197708@rambler.ru).

УДК 621.431

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ, ОСНАЩЁННЫХ ДВИГАТЕЛЯМИ С ТИПОВЫМИ И ОКСИДИРОВАННЫМИ ПОРШНЯМИ

А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов, А.А. Хохлова

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина
Ульяновск, Россия

Аннотация. В статье описана методика и результаты эксплуатационных исследований автомобилей, оснащённых двигателями с типовыми и оксидированными поршнями.

Эксплуатационные исследования проводились в хозяйствах Ульяновской области на базе ООО «Ульяновская Нива» и ООО «ИНЭКС» в условиях производственной эксплуатации на двух автомобилях УАЗ-3303. Сравнительные эксплуатационные исследования автомобилей УАЗ-3303 с двигателем УМЗ-417, укомплектованных с поршнями с оксидированным днищем и штатными поршнями показывают, что средний путевой расход топлива уменьшается на 5,1 %.

Ключевые слова: двигатель, поршень, эксплуатационные исследования, путевой расход топлива, топливная характеристика автомобиля.

METHODS AND RESULTS OF OPERATIONAL STUDIES OF VEHICLES EQUIPPED WITH ENGINES WITH STANDARD AND OXIDIZED PISTONS

A.L. Khokhlov, A.A. Khokhlov, A.A. Khokhlova

FSBEI HE Ulyanovsk SAU named after P.A. Stolypin
Ulyanovsk, Russia

Annotation. The article describes the methodology and results of operational studies of cars equipped with engines with standard and oxidized pistons. Operational studies were conducted in the farms of the Ulyanovsk region on the basis of Ulyanovskaya Niva LLC and INEX LLC under the conditions of industrial operation on two UAZ-3303 cars. Comparative operational studies of UAZ-3303 cars with the UMZ-417 engine equipped with pistons with an oxidized bottom and standard pistons show that the average fuel consumption per route decreases by 5,1 %.

Key words: *engine, piston, operational studies, travel fuel consumption, fuel characteristics of the car*

Введение. В результате проведённого оксидирования поршней [1-4], при теоретически обоснованных режимах МДО, получен оксидированный слой на днище поршня толщиной 8 мкм, пористостью 10 % и микротвердостью 840 МПа [5-6].

Материалы и методы. Результаты лабораторных исследований полученного оксидированного слоя показали, что покрытие неоднородно по своему сечению, имеет большую пористость, чем матричный слой поршня, хорошую адгезию с поверхностью алюминиевого сплава, трещин на границе контакта матрица − оксидированный слой не наблюдается, чётко просматривается взаимное проникновение оксидированного слоя в матрицу [7-10].

По результатам элементного состава в атомных концентрациях, нормализованных к 100 %, установлено, что основным элементом исследованного материала является кремний и алюминий (соответственно 20,19 и 54,06). Содержание кислорода в оксидированном слое днища поршня увеличилось до 13,82 единиц, а в матрице – с 1,04 у типового поршня, до 2,6 – у оксидированного.

Результаты и обсуждение. Эксплуатационные исследования проводились в хозяйствах Ульяновской области на базе ООО «Ульяновская Нива» и ООО «ИНЭКС» в условиях производственной эксплуатации на двух автомобилях УАЗ-3303 в каждом хозяйстве выпуска 2007 г. по ОСТ 37.001.480-88. Пробег автомобилей на начало исследований составлял 65…110 тыс. км. Перед началом исследований на автомобили устанавливались двигатели УМЗ-417 в штатной

(типовые поршни) и экспериментальной (поршни с оксидированным днищем) комплектации. Контрольные измерения проводили с интервалом пробега. Интервал замеров выбран через каждые 3000 км, соответствующий ТО-1.

Испытание компрессии в цилиндрах производилось на двигателе при температуре 70...85° С, при полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора, отсутствии топлива в карбюраторе и вывернутых свечах зажигания. Резиновый конец компрессометра устанавливали в свечное отверстие первого цилиндра. Стартер проворачивал коленчатый вал двигателя не более 10...15 секунд, до тех пор, пока давление в цилиндре не перестанет расти.

В ходе исследования расход топлива определялся системой контроля расхода топлива (СКРТ) и датчиком расхода топлива (ДРТ) 13.3853 производства ОАО «Счётмаш», г. Курск.

Место подключения датчика марки ДРТ 13.3853 измерения топлива показан на рисунке 1.

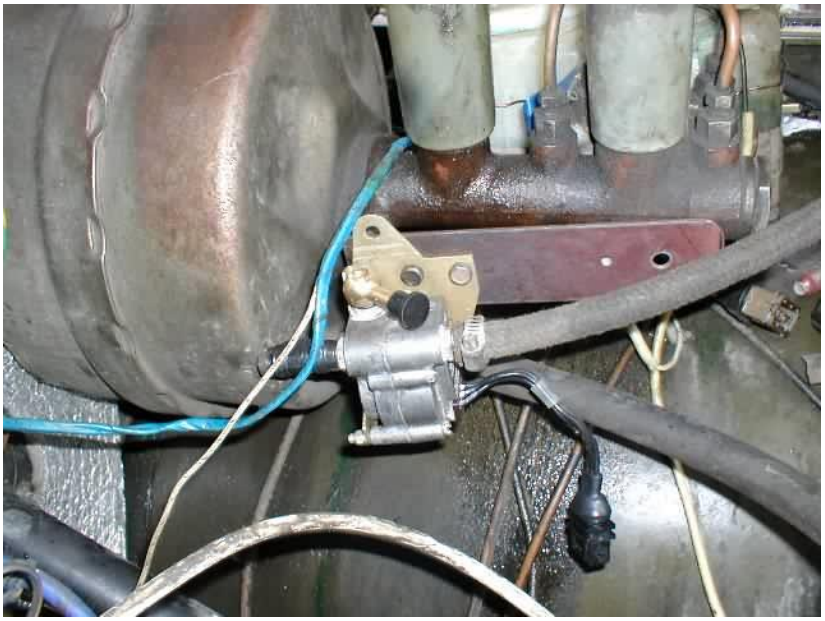


Рисунок 1 – **Место подключения датчика расхода топлива 13.3853 на автомобиле УАЗ-3303**

Путевой расход топлива автомобиля определяли по стандартной методике.

Путевой расход топлива определяли по выражению:

$$g_s = 100 \cdot \frac{Q}{s} = \frac{100 \cdot m_T \cdot \rho_T}{S}, \text{ л / 100км}$$

где Q – абсолютный расход топлива, полученный при испытаниях, см^3;

S – длина мерного участка, м (l = 1000 м);

m_T – масса топлива, г;

p_T – плотность топлива при 20° С, г/см^3.

Температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя определялась с использованием мультиметра *MGT*-300 фирмы *Brain Bee* (рисунок 2).



Рисунок 2 – **Мультиметр *MGT*-300 фирмы *Brain Bee***

Подключение датчика мультиметра проводилось в блок термостата системы охлаждения двигателя УМЗ-417 (рисунок 3). Показания температуры охлаждающей жидкости выводятся на дисплей мультиметра.



Рисунок 3 – **Подключение датчика температуры мультиметра *MGT*-300 в корпус термостата двигателя УМЗ-417**

Сбор информации о наработке и техническом состоянии автомобилей проводили непосредственно в хозяйстве, где они эксплуатировались. Данные о наработке автомобилей, техническом состоянии – брали в бухгалтерии, у водителей и механика хозяйства. В результате исследований средний пробег автомобилей

составил 35200 км, отказов двигателя по причине технического состояния цилиндро-поршневой группы не наблюдалось.

Результаты определения температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя показаны на рисунке 4.

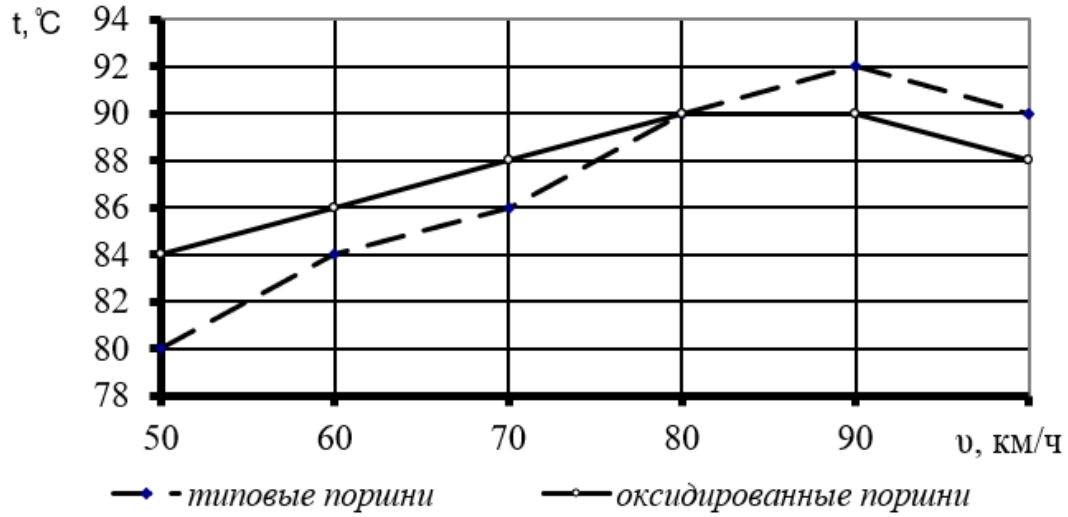


Рисунок 4 – **Температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя (*t*) от скорости (*υ*) автомобилей**

При скорости движения автомобилей от 50 до 80 км/ч температура охлаждающей жидкости двигателей, оснащённых поршнями с оксидированными поршнями выше, чем у двигателей с типовыми поршнями. При движении автомобилей со скоростью более 80 км/ч температура охлаждающей жидкости в двигателе с оксидированными поршнями ниже, чем у двигателей с типовыми поршнями.

Таким образом, оксидирование днищ поршней не приводит к повышению температуры в системе охлаждения двигателя.

По результатам сравнительных эксплуатационных исследований построена топливная характеристика автомобилей УАЗ-3303 с двигателем УМЗ-417, укомплектованных штатными и поршнями с оксидированным днищем (рисунок 5).

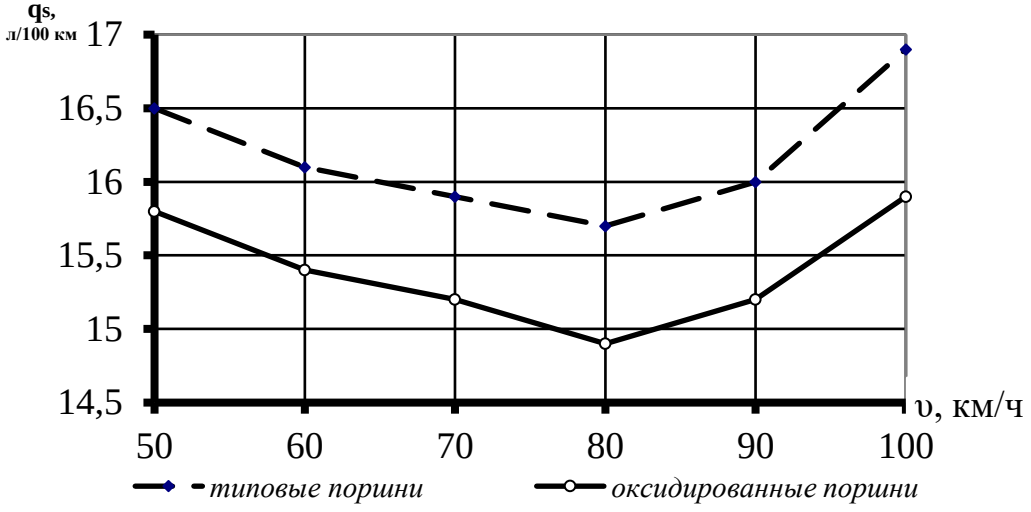


Рисунок 5 – **Топливная характеристика автомобиля**

Анализ полученных данных показывает, что путевой расход топлива автомобиля с двигателем, оснащённым поршнями с оксидированным днищем, при скорости 80 км/ч, составил 14,9 л/100 км, что на 5,1 % ниже, чем у автомобиля с двигателем, оснащённым штатными поршнями, расход которого, при той же скорости, составил 15,7 л/100 км.

Сходимость показателей топливной экономичности автомобиля, полученных расчётным и экспериментальным путём, составляет 90-93 %.

Заключение. Таким образом, использование поршней с оксидированным днищем позволяет уменьшить часовой и удельный эффективные расходы топлива в среднем соответственно на 4,4 % и 8,8 %, снизить содержание в отработавших газах оксида углерода и углеводородов соответственно на 8 % и 11 %, по сравнению с работой двигателя, оснащенного типовыми поршнями. Путевой расход топлива автомобиля с двигателем, оснащенным поршнями с оксидированным днищем на 5,1 % ниже, чем у автомобиля с двигателем, оснащенным штатными поршнями.

Список литературы

1. Микродуговое оксидирование / *Ю.В. Бутуев, Н.О. Каняев, А.Л. Хохлов, С.Н. Петряков* // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения : Материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах, Димитровград, 15-16 мая 2018 года. Том II. – Димитровград: Технологический институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 2018. – С. 89 - 92.

2. Патент № 2451810 C1 Российская Федерация, МПК F02F 1/20. Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания : № 2011100391/06 : заявл. 11.01.2011 : опубл. 27.05.2012 / *Д.А. Уханов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов, А.А. Хохлов* ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия».

3. Патент № 2508463 C2 Российская Федерация, МПК F02F 1/20, F16J 10/04. Цилиндропоршневая группа : № 2012115019/06 : заявл. 16.04.2012 : опубл. 27.02.2014 / *Д.А. Уханов, А.Ш. Нурутдинов, А.Л. Хохлов* [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия».

4. Патент № 2534327 C2 Российская Федерация, МПК F02F 1/20, F16J 10/04, F02F 3/10. Цилиндропоршневая группа : № 2013110185/06 : заявл. 06.03.2013 : опубл. 27.11.2014 / *А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов, А.А. Глушенко* [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина».

5. Повышение износостойкости и уменьшение теплонапряженности деталей ЦПГ / *А.Ш. Нурутдинов, А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов, Е.Г. Ротанов* // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. – 2012. – № 1. – С. 90 - 94.

6. Повышение микротвердости рабочей поверхности головки поршня методом микродугового оксидирования / *А.Л. Хохлов, АА. Глущенко, Д. М. Марьин, Ф.А. Молев* // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VIII международной научно-практической конференции, Ульяновск, 07-08 февраля 2017 года. Том 2017 – Часть I. – Ульяновск : Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина, 2017. – С. 270 - 272

7. Процесс формирования оксидированного слоя на рабочих поверхностях головки поршня / *Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко* [и др.] // Эксплуатация автотракторной и

сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : Сборник статей III Международной научно-практической конференции, Пенза, 26-27 октября 2017 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – С. 64 - 67.

8. Формирование оксидированного слоя на поршне ДВС методом микродугового оксидирования / *Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко, Ф.А. Молев* // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 20-21 июня 2018 года. Том 2018-Часть 1. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2018. – С. 231 - 236.

9. *Хохлов, А.Л.* Влияние параметров технологического режима микродугового оксидирования на формирование толщины и пористости оксидного покрытия / *А.Л. Хохлов, Д.М. Марьин, А.А. Хохлов* // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 11 (293). – С. 40 - 43. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-11-40-43.

10. *Хохлов, А.Л.* Результаты теоретических и экспериментальных исследований теплонапряженности поршня ДВС с оксидированным днищем / *А.Л. Хохлов, Д.М. Марьин, А.А. Глущенко, Д.А. Уханов*. // Нива Поволжья, - Пенза. № 2 (27), 2013 – с. 100 - 104.

Сведения об авторах

Хохлов Алексей Леонидович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «ЭММ и ТО», ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 432017, Ульяновская область, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 8-927-828-08-97, e-mail chochlov.73@mail.ru.

Хохлов Антон Алексеевич – д.т.н., доцент, профессор кафедры «ЭММ и ТО», ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 432017, Ульяновская область, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 8-999-769-32-10, e-mail: khokhlov.73@mail.ru.

Хохлова Александра Андреевна – учитель математики и информатики МБОУСОШ № 63, 432017, Ульяновская область, Ульяновск, Чердаклинский район, п. Октябрьский, Студенческая, 14, 69, тел.: 8-927-828-08-97, e-mail: khokhlov.73@mail.ru.

Information about the authors

Khokhlov Aleksey L. – doctor of engineering sciences, professor, head of the department of «EMM and TO», federal state budgetary educational institution of higher education «Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin», 432017, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 8-927-828-08-97, e-mail chochlov.73@mail.ru.

Khokhlov Anton A. – doctor of engineering sciences, associate professor, professor of the department of «EMM and TO», federal state budgetary educational institution of higher education «Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin», 432017, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Novy Venets boulevard, 1, tel.: 8-999-769-32-10, e-mail: khokhlov.73@mail.ru.

Khokhlova Alexandra A. – teacher of mathematics and computer science MBOU SOSH №. 63, 432017, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Cherkassy district, Oktyabrsky settlement, Studenche-skaya, 14, 69, tel.: 8-927-828-08-97, e-mail: khokhlov.73@mail.ru.

УДК 66.047.4/5

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КРИВОЙ СКОРОСТИ СУШКИ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

М.В. Чубарева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье рассматривается графический способ получения кривой скорости сушки зерновой массы. Целью исследования является нахождение графического способа определения кривой сушки зерновой массы. Кривая сушки является графической зависимостью между скоростью сушки и влажностью материала. По экспериментальным данным построим зависимость изменения влажности зерновой массы в процессе сушки за всю продолжительность опыта. Данная кривая имеет три подхода: период нагрева зерновой массы, период постоянной скорости сушки (влажность изменяется по экспоненте) и период падающей скорости сушки. Построив кривую сушки по экспериментальным данным, разделим её на несколько частей и проставим точки. К этим точкам проведём касательные. Далее определим тангенсы углов наклона касательных к оси абсцисс. Таким образом, можно сказать, что кривая сушки зерновой массы ячменя, а также кривая скорости сушки схожи с соответствующими зависимостями для сушки зерна, но имеют свои определённые значения.

Ключевые слова: графический способ, кривая скорости сушки, зерновая масса, тангенс угла наклона.

GRAPHICAL METHOD FOR OBTAINING THE DRYING RATE CURVE OF GRAIN MASS

M.V. Chubareva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article discusses a graphical method for obtaining a grain mass drying rate curve. The purpose of the study is to find a graphical method for determining the grain mass drying curve. The drying curve is a graphical relationship between the drying rate and the material moisture content. Based on the experimental data, we will plot the dependence of the grain mass moisture content change during the drying process for the entire duration of the experiment. This curve has three approaches: the grain mass heating period, the period of constant drying rate (humidity changes exponentially), and the period of decreasing drying rate. Having plotted the drying curve based on the experimental data, we will divide it into several parts and put down points. We will draw tangents to these points. Next, we will determine the tangents of the angles of inclination of the tangents to the abscissa axis. Thus, we can say that the barley grain mass drying curve, as well as the drying rate curve, are similar to the corresponding dependencies for grain drying, but have their own specific values.

Key words: graphical method, drying rate curve, grain mass, slope tangent.

Введение. Процесс сушки влажных материалов является не только теплотехническим, но и технологическим процессом.

В процессе сушки изменяются технологические свойства материала. Правильно организованный процесс сушки не только нормализует технологические свойства, но и дает заметное их улучшение.

Теорией сушки различных материалов, в том числе зерна, занимались следующие авторы Лыков А.В. [4], Гинзбург А.С. [3] и многие другие.

Поэтому ***целью*** исследования является нахождение графического способа определения кривой сушки зерновой массы.

Результаты и обсуждение. Кривая скорости сушки – это графическая зависимость между скоростью сушки и влажностью материала [1, 2, 6, 7, 8, 9]. Кривую скорости можно получить из кривой сушки путём графического дифференцирования. Для этого вычертим кривую сушки в достаточно большом масштабе [5]. Путём тщательного измерения наклона касательных в какой-либо точке кривой определяется скорость сушки для данной влажности материала. Имея несколько значений величины скорости сушки при различных значениях влажности материала, можно построить кривую скорости сушки.

Процесс сушки зерновой массы, разделяется на три периода: первый период прогрева, второй – постоянной скорости, третий – падающей скорости. Регулирование данного процесса путём воздействия на него различных факторов возможно во втором периоде, когда идёт активное снятие влаги с материала. Поэтому все зависимости будут выведены для данного периода. По аналогии исследований Лыкова А.В. [4], Гинзбурга А.С. [3] можно предложить, что изменение влажности зерновой массы при сушке в период постоянной скорости будет происходить по экспоненциальной зависимости.

Разделим кривую сушки (рисунок 1) на несколько частей и поставим точки. В точках деления проведём касательные к кривой сушки. Чтобы определить скорость сушки, например, в точке 2, нужно вычислить тангенс угла наклона касательной в данной точке:

- (отрезок a определяется по масштабу в %, а отрезок b – в часах, так что размерность $tg\varphi - \%/\text{ч}$).

$$\left(\frac{d\bar{W}}{d\tau}\right)_2 = tg\varphi_2 = const. \quad (2)$$

Скорость сушки будет постоянной, так как рассматриваемый период является периодом постоянной скорости сушки.

Как уже говорилось, кривая сушки недостаточно широко раскрывает процесс сушки с точки зрения его кинетики. Поэтому для качественного анализа протекания данного процесса рассматривается кривая скорости сушки. Кривая сушки является графической зависимостью между скоростью сушки и влажностью материала.

По экспериментальным данным построим зависимость изменения влажности зерновой массы в процессе сушки за всю продолжительность опыта (рисунок 2).

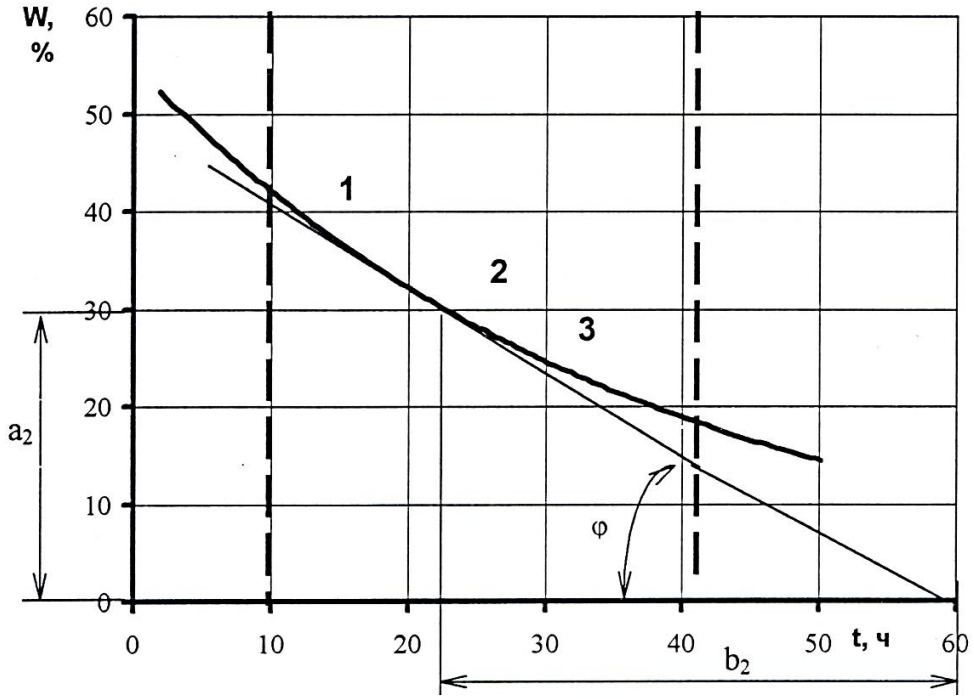


Рисунок 1 – **Графическое дифференцирование кривой сушки**

$$tg\varphi_2 = \frac{a_2}{b_2}, \qquad (1)$$

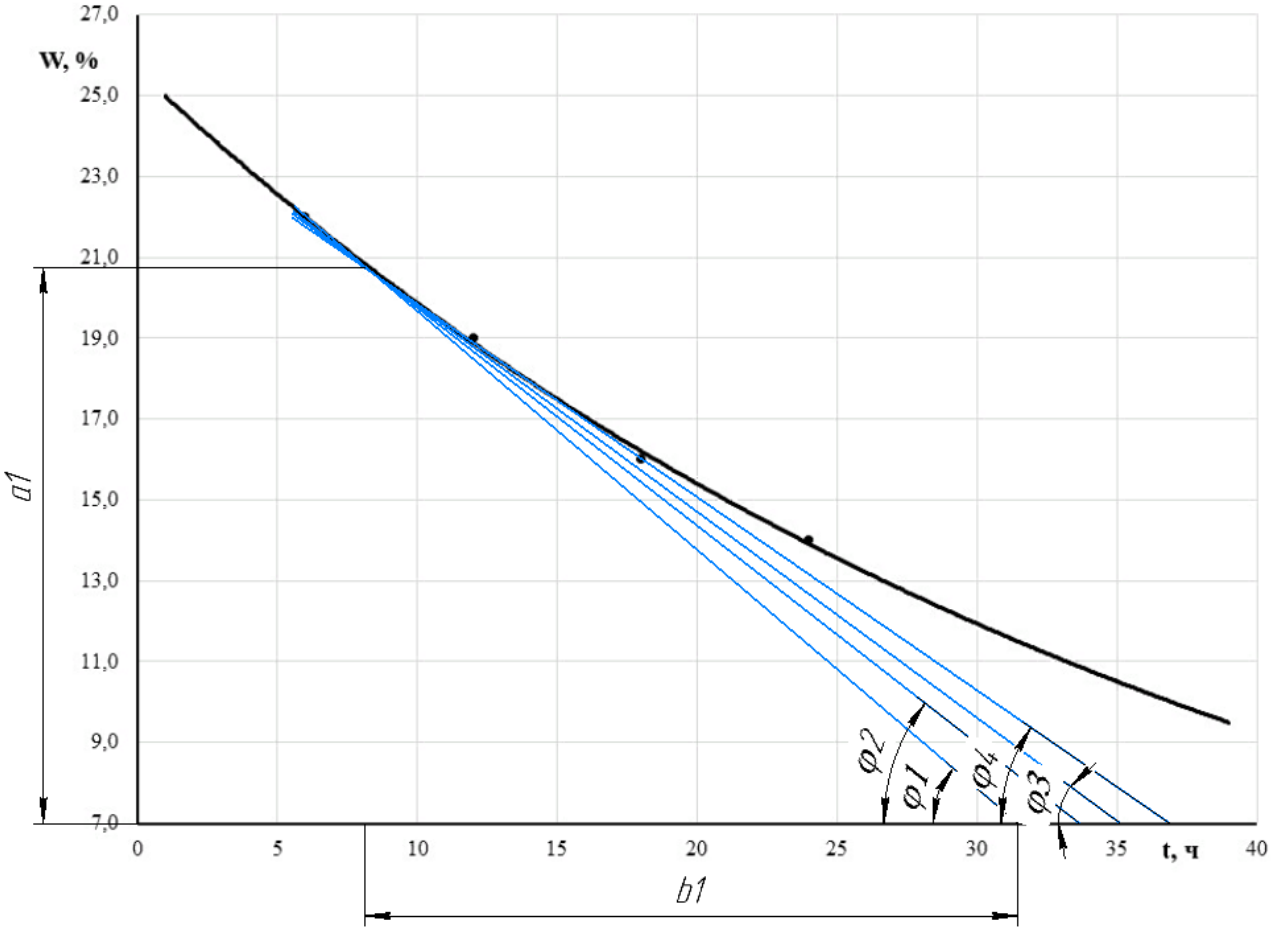


Рисунок 2 – **Графический способ построения кривой скорости сушки**

Данная кривая имеет три подхода: период нагрева зерновой массы, период постоянной скорости сушки (влажность изменяется по экспоненте) и период падающей скорости сушки, когда влажность зерновой массы изменялась по следующему выражению 3:

$$W = 25{,}629 \cdot e^{-0{,}025 \cdot x} \quad (R^2 = 0{,}9982) \qquad (3)$$

Выражение (3) говорит о том, что технологический коэффициент сушки в обобщённом виде будет равен – 0,025.

Коэффициент аппроксимации довольно высокий, поэтому экспериментальная кривая достаточно близко приближается к теоретической кривой.

Построив кривую сушки по экспериментальным данным, разделим её на несколько частей и проставим точки. К этим точкам проведём касательные. Далее определим тангенсы углов наклона касательных к оси абсцисс.

По вычисленным данным определим периоды сушки зерновой массы и построим кривую скорости сушки (рисунок 3).

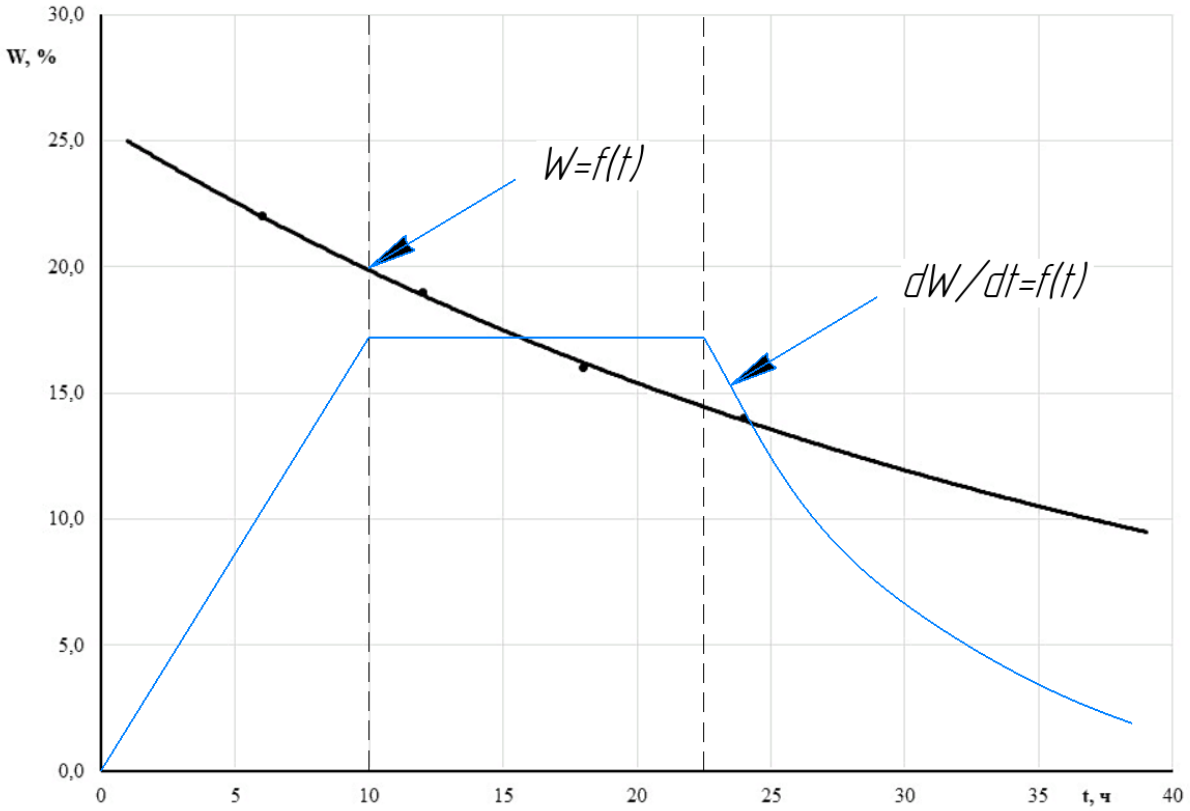


Рисунок 3 – **Зависимость влажности зерновой массы и скорости сушки от продолжительности процесса сушки (экспериментальные данные)**

Заключение. Таким образом, анализируя график (рисунок 3), можно сказать, что кривая сушки зерновой массы ячменя, а также кривая скорости сушки схожи с соответствующими зависимостями для сушки зерна, но имеют свои определённые значения.

Список литературы

1. *Алтухова, Т.А.* Обзор и анализ методов активизации процесса охлаждения зерна / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов, С.Н. Шуханов* // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 5 - 8.

2. *Алтухова, Т.А.* Модернизация сушилки зернистых материалов / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов, С.Н. Шуханов* // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89. – № 2. – С. 149 - 153.

3. *Гинзбург А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М. : ищевая промышленность, 1973. – 528 с.

4. *Лыков, А.В.* Теория сушки. – М. : Энергия, 1968. – 471 с.

5. Применение математических моделей для совершенствования процессов сушки зерна. – М. : ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1975. – 76 с.

6. *Смелик, В.А.* Анализ поступления зернового вороха на пункт послеуборочной обработки в регионе повышенного увлажнения / *В.А. Смелик, М.А. Новиков, Л.И. Ерошенко, А.Н. Перекопский* // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2018. – № 20. – С. 17 - 19.

7. *Смелик, В.А.* Особенности послеуборочной обработки семян зерновых культур в условиях повышенного увлажнения / *В.А. Смелик, М.А. Новиков, Л.И. Ерошенко, А.Н. Перекопский* // В сборнике : Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 136 - 138.

8. *Смелик, В.А.* Послеуборочная обработка зерна и семян в условиях регионов повышенного увлажнения / *В.А. Смелик, М.А. Новиков, А.Н. Перекопский, Л.И. Ерошенко*. – Санкт-Петербург, 2023.

9. *Смелик, В.А.* Ресурсосберегающая технология послеуборочной обработки семян культур в условиях повышенного увлажнения / *В.А. Смелик, М.А. Новиков, Л.И. Ерошенко, Перекопский А.Н.* // В сборнике: Доклады ТСХА. – 2019. – С. 449 - 451.

10. *Сухаева, А.Р.* Исследование предварительных стадий дозревания хлебной массы аналитическим способом / *А.Р. Сухаева, С.Н. Шуханов* // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы IX международной научно-практической конференции. – п. Молодежный, 2020. – С. 289 - 294.

11. *Сухаева, А.Р.* Определение некоторых технологических параметров сушки хлебной массы в скоплениях / *А.Р. Сухаева, С.Н. Шуханов, О.Н. Хороших, Г.И. Хараев* // Известия Международной академии аграрного образования. – 2024. – № 71. – С. 94 - 97.

12. *Сухаева, А.Р.* Состояние вопроса самонегревания хлебной массы в скирдах / *А.Р. Сухаева, С.Н. Шуханов* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (71). – С. 165 - 166.

Сведения об авторе(ах)

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭМТП, БЖД и ПО (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +79086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

Information about the author(s)

Chubareva Marina V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and professional training (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: +79086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

УДК 629.3.083

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

А.В. Шистеев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Понятие «Искусственный интеллект» (*Artificial Intelligence*) впервые было предложено Дж. Маккаррти в 1956 г. на семинаре с таким же названием в Дартсмудском колледже (США). За прошедшие годы искусственный интеллект стал особой областью знания – существуют специальные научные организации, координирующие исследования по различным направлениям развития искусственного интеллекта, издаётся множество журналов, проводятся международные конференции [3, 4].

Основной смысл применения искусственного интеллекта при техническом сервисе машин и оборудования можно связать со специальным классом компьютерных систем, в которых в процессе функционирования находят решения различные, как «Прямые» расчёты по математическим формулам, так и «Обратные», в случае построения алгоритмов обработки данных.

Ключевые слова: технология, искусственный интеллект, инженерно-технические системы, обслуживание тракторов и машин.

STUDY OF MODELS AND METHODS OF INTELLECTUAL SUPPORT IN MACHINE MAINTENANCE AND REPAIR PROCESSES

A.V. Shisteev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The concept of «Artificial intelligence» (Artificial Intelligence) was first proposed by J. McCarthy in 1956 at a seminar of the same name at Dartmouth College (USA). Over the past years, artificial intelligence has become a special field of knowledge – there are special scientific organizations coordinating research in various areas of artificial intelligence development, many journals are published, and international conferences are held [3, 4].

The meaning of using artificial intelligence in the technical maintenance of machines and equipment can be associated with a special class of computer systems in which, in the process of functioning, various solutions are found, both "direct" calculations according to mathematical formulas, and «Inverse» ones, in the case of constructing data processing algorithms.

Key words: technology, artificial intelligence, engineering and technical systems, maintenance of tractors and machines.

Введение. Цель использования интеллектуальных систем – внедрение ведущей роли компьютерных технологий в развитие сельскохозяйственного производства, определение четких границ, отделяющие технологические аспекты его применения от подходов и методов, развиваемых в рамках смежных

хозяйственных отраслей, переводя обсуждение в плоскость разработки конкретных технических решений для успешного формирования общей стратегии развития Российской Федерации [1].

Общее понятие искусственного интеллекта широко применяется для описания возможностей технических систем, функциональность которых определяется не столько возможностями управления энергией или кинематикой механизмов и машин, сколько применением научно-технического потенциала при обработке информационных потоков. Основные ограничения для развития, в данном случае, это ресурсы объёма доступной памяти, скорость обмена данными, способность к обучению и самостоятельному программированию интеллектуальных систем.

Материалы и обсуждение. Так, учёные СПбПУ Петра Великого считают [1, 2], что основой технологии объединения вычислительных ресурсов компьютерных систем и возможностей человеческого интеллекта для решения экспоненциально сложных задач являются методы «Обработки больших данных». Тогда «Вычислительное поле» новых технологий составляют: 1) взаимосвязь «Данные-алгоритмы» и 2) основные электронные ресурсы распределённых реконфигурируемых компьютерных платформ, узлы которых объединяются в систему «Умными» каналами передачи данных.

Использование фактора гетерогенности вычислений, то есть применения процессорных элементов с различной архитектурой, а именно *CPU, GPU, TPU* и *FPGA*, позволяет эффективно масштабировать различные задачи «Извлечения знаний» из обрабатываемых данных, корректируя реализуемое множество алгоритмов, которые используются для оценки потенциальных угроз и рисков, связанных с точностью, применяемых компьютерных моделей.

Наиболее значительными работами в области искусственного интеллекта являются разработки мощных компьютерных систем или экспертных систем, то есть систем, основанных на знаниях. Такие программы решения задач с представлением и применением фактических и эвристических знаний, совместной работой экспертов и инженеров по знаниям, разработчиков систем и логическим выводом позволяют переходить к новым информационным технологиям, к новой технологии программирования [5].

Исследование компании «Цифра» и РСПП сообщает, что к 2019 году количество устройств, подключенных к интернету систем, достигнет 1,9 млн. К 2025 году объём российского рынка искусственного интеллекта в промышленности составит *$* 580 млн. По данным исследования за 2024 год, всего в мире к промышленному интернету подключено 1,7 млрд единиц оборудования. При этом к 2025 году из 2,9 млн таких устройств в России будет 2,3 млн. в машиностроении и 600 тыс. в процессном производстве.

Специалисты по информационным технологиям отмечают, что больше всего технологии машинного обучения используют в дискретном производстве. К нему относятся авиа-, машино- и приборостроение. В эту сферу входят 44 % рассмотренных в исследовании проектов в области искусственного интеллекта. На втором месте процессное производство: металлургия, химия, нефтехимия,

нефтепереработка и нефтедобыча. В этой сфере реализуют 22 % проектов и 11 % относятся к электроэнергетике. Остальные 23 % находятся на ранней стадии разработки. В основном это университетские научные работы, в которых исследуют применение методов искусственного интеллекта в новых для промышленного сектора сферах.

В дискретном производстве искусственный интеллект применяют для продления срока службы промышленного оборудования и повышения эффективности его технического обслуживания.

Преимущества технологий искусственного интеллекта стимулируют внедрять его в различные сферы деятельности крупнейших российских организаций разных отраслей промышленного сектора.

Превентивность аналитики сделает возможным для производственников получать сведения об остаточном ресурсе промышленных активов. Обработка данных, в свою очередь поможет давать своевременные рекомендации по предотвращению и ликвидации отказов технических средств, в том числе тракторов, комбайнов, машин и оборудования в сельском хозяйстве [6].

Ремонт и обслуживание машин. Обзор существующих технологий показывает, что удалённое техническое обслуживание позволяет своевременно реагировать на непредвиденные проблемы и быстрее возвращать в строй оборудование.

Так, например, специалисты компании *B&R* считают, что новейшая система *Secure Remote Maintenance* сделает техническое обслуживание машины и систем простым и удобным из любой точки мира, результате чего использование потенциала технической системы существенно возрастает. С решениями от *B&R* инженерно-технический персонал может получить доступ к машине из любой точки мира – прочитать журнал событий, данные приложения и многое другое. Таким образом, несколько машин и система могут незамедлительно обслуживаться одним специалистом. Время простоя оборудования в этом случаи снижается до минимума, а также сокращаются расходы на командировки сотрудников. Такие технологии могут быть применимы для большинсва производственных линий технологического оборудования [3].

В настоящий момент около 30000 грузовых автомобилей марки *Scania* подключено к системе «*Scania Fleet Management*» при помощи устройства «*Scania Communicator*». Данное устройство обеспечивает необходимую связь между сервисным центром и автомобилем, новая служба дистанционной диагностики «*Scania Remote*» играет важную роль в увеличении времени полезного использования автомобиля.

Диагностический блок «*Scania Communicator*» устанавливается как стандартная опция в большинстве стран, и позволяет получить данные о транспортном средстве, клиентам, а также сотрудникам сервисных центров *Scania*. Кроме этого, такое оборудование может предоставлять данные для интеллектуальных бортовых систем. Однако, хотя для улучшения управления автопарком были представлены мощные инструменты, обеспечивающие бесперебойную связь между инженерными службами и сервисным центром *Scania* – дистанционный

«Накат» диагностических параметров для выравнивания работы агрегатов представляется весьма туманной перспективой по причине непостоянности спутникового сигнала [5, 6, 7].

Иными словами, обнулив дистанционно ошибки бортовых контроллеров, при потере сигнала спутника – сервисные специалисты не смогут вовремя установить новые программные модули, что в свою очередь приведёт к отказу в работоспособности.

Для обеспечения точности процесса планирования и обмена данными с сервисным центром электронные инструменты должны поддерживать следующие функции:

- Отслеживание необходимости ремонта и обслуживания транспортных средств, надстроек и прицепов.
- Еженедельный автоматический отчёт о событиях и поломках для каждого транспортного средства.
- Доступ к отчётам водителей по каждому транспортному средству.
- Сопоставление эксплуатации автомобиля с календарем ТО и ремонтных мероприятий.
- Функция электронной почты для отправки заказов на обслуживание в мастерскую.

Таким образом, передача данных об элементах, которым необходимо уделить особое внимание при техническом обслуживании автомобиля до того, как он будет направлен в сервисный ремонтный центр, позволит обеспечить превентивность проведения ремонта, что сократит время простоя, за счёт резервирования определенной группы деталей, а также фондов времени специалистов ремонтных служб [7].

Компании *Volvo Trucks* и *Volvo Cars* в 2018г. представили фирменный облачный сервис *Connected Safety*, который позволит грузовикам и легковым автомобилям бренда автоматически обмениваться информацией о дорожно-транспортных угрозах в режиме реального времени [7, 8].

Общий вид работы облачной системы представлен на рисунке 1.

Однако, данный вид интеллектуального сервиса имеет основное направление развития на безопасность, поскольку на протяжении многих лет автомобили марки *Volvo* занимают первые места по обеспечению безопасности своих клиентов в течение всего процесса эксплуатации.

Ола Каллениус, новый председатель правления *Daimler AG* и глава подразделения легковых автомобилей *Mercedes-Benz*, рассказывая о планах на будущее бренда *Mercedes-Benz*, подчеркивает стремление разработчиков бренда продолжать разработку и предлагать интеллектуальные решения для мобильности [9, 10].

Обслуживание на официальной станции технического обслуживания грузовой техники *Mercedes-Benz* снижает уровень затрат на владение техникой и сохраняет высокую остаточную стоимость, обеспечивает:

- Минимальные сроки простоя и своевременное возвращение в строй грузового автомобиля;

- Обслуживание высококвалифицированными специалистами, досконально знающими технику;

- Полный спектр специального инструмента и широкий ассортимент запасных частей в наличии.

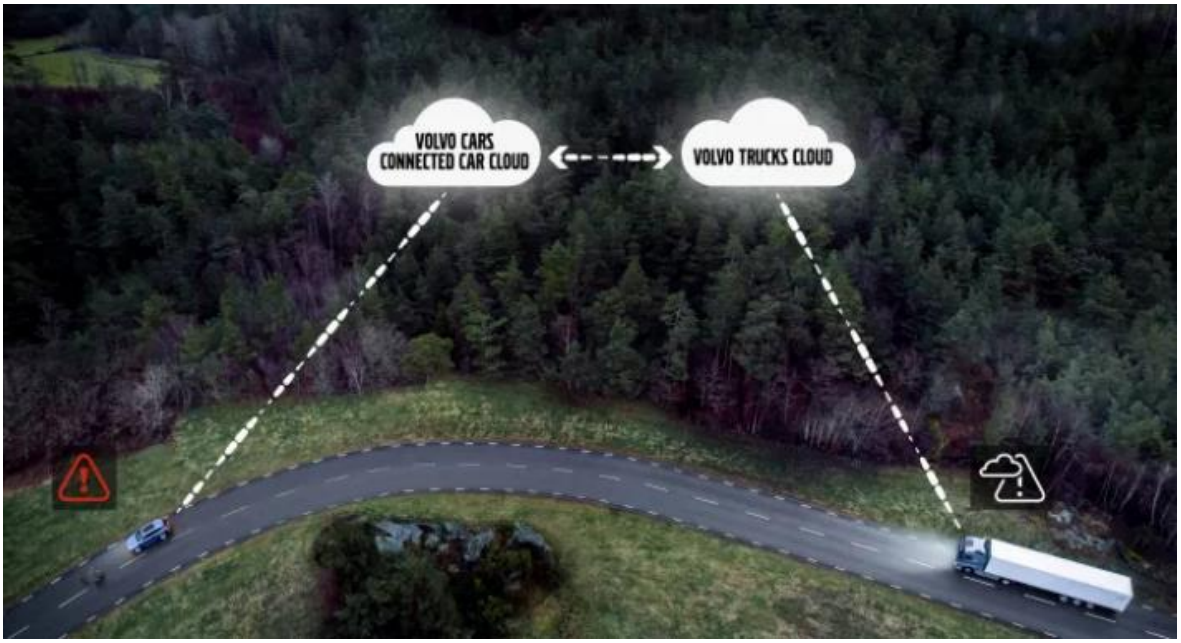


Рисунок 1 – **Облачный сервис *Connected Safety* от *Volvo***

При этом разработок, включающих систему интеллектуального технического сервиса в результате поиска – не выявлено, за исключением систем беспилотного управления легковых автомобилей.

Специалисты сельскохозяйственного бренда *Claas* считают [10], что преимущества дистанционного обслуживания заключаются в быстром устранении сервисных проблем. Предлагается следующий алгоритм действий системы *TELEMATICS*:

- Машина выявляет нарушения в работе и информирует механизатора;

- Машина отправляет сообщение о неисправности в сервисный центр;

- Сервисный центр дистанционно идентифицирует неисправность.

В качестве основных преимуществ выделены: немедленное решение технических проблем и ликвидация отказа путём установки запасных частей, непосредственно, на месте эксплуатации.

Кроме этого, система должна предусматривать удобное планирование технических обслуживаний:

- Машина направляет данные о необходимости технического обслуживания в сервисный центр;

- Сервисный центр предлагает сроки технического обслуживания;

- Сервисный центр заранее заказывает необходимые материалы в соответствии с объёмом технического обслуживания.

Предусматривается быстрое выполнение технического обслуживания, однако в учёт не берётся корректировка сроков технических обслуживаний по

климатическим зонам, не оценивается остаточный ресурс элементов трактора или комбайна.

Тенденции развития интеллектуальных технологий. По оценке учёных-экономистов внедрение даже 20-30 % законченных научно-исследовательских работ в производство позволит увеличить не менее, чем на 30 % валовой внутренний продукт нашей страны. В науке продолжаются исследования, предполагающие дальнейшую интенсификацию сельскохозяйственного производства за счёт значительного повышения производительности труда и ресурсосбережения. Создаются новые интеллектуальные машины с использованием последних достижений фундаментальной науки [10].

При создании новых технологий и машин широко используются автоматизированные системы, нано и биотехнологии. Учёными Академии наук и ФАНО сформирована рабочая группа по созданию новых прорывных технологий, направленных на значительную интенсификацию сельскохозяйственного производства и получения дополнительных продуктов питания за счёт резкого повышения производительности труда и интеллектуализации сельского хозяйства. В состав группы вошли акад. РАН Рогов И.А., Черноиванов В.И., чл.-кор. РАН Иванов Ю.А., к.с.-х.н. Петров Е.Б., к.т.н. Волкова И.М. и к.ф.-м.н. Толоконников Г.К.

Рабочая группа развернула исследования по вопросам интеллектуализации сельского хозяйства, адаптации ранее полученных результатов в научно-исследовательских организациях РАН и ФАНО. Активно проводятся исследования по применению нано и биотехнологических процессов для создания новых продуктов питания. По исследованиям система интерфейса при реализации интеллектуальных технологий на практике должна выглядеть следующим образом (рисунок 2).

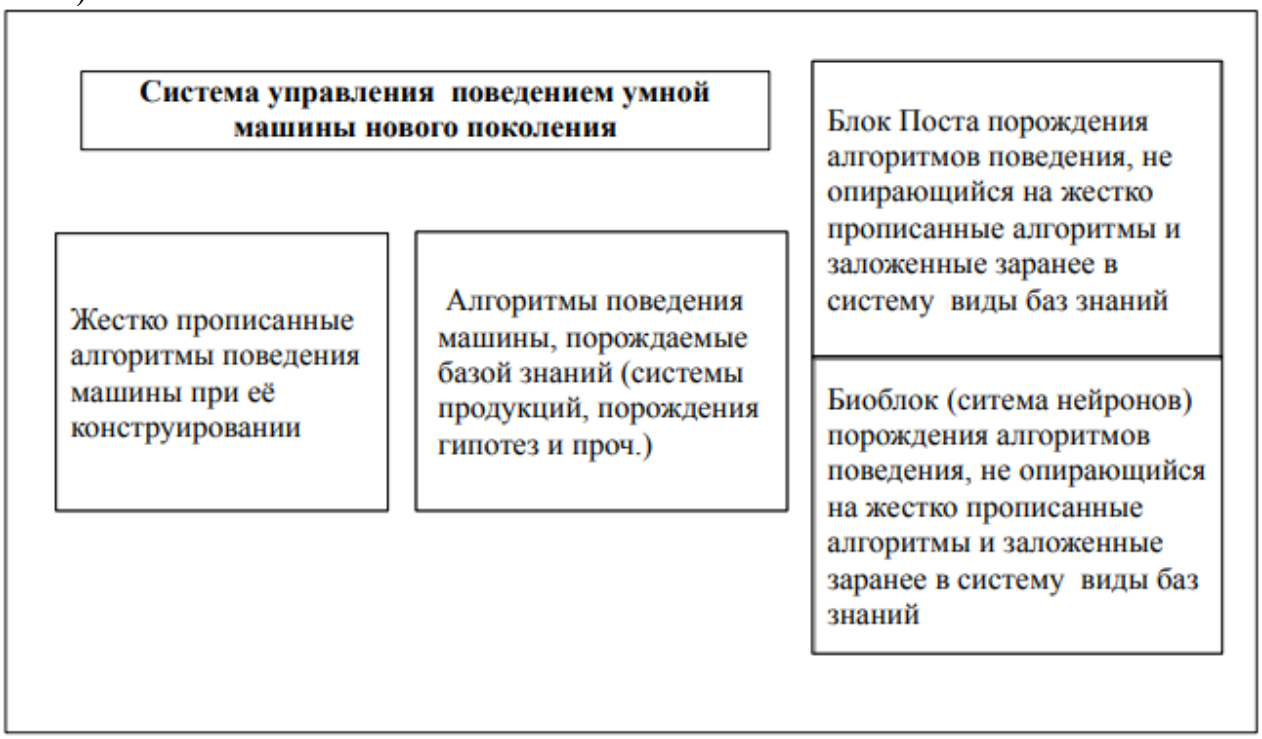


Рисунок 2 – **Системы управления и алгоритмы**

В настоящее время интерес в сельскохозяйственном производстве к интеллектуальным технологиям растёт во всем мире. Подтверждением является, например, рост количества экспонатов на мировой выставке сельхозтехники в Ганновере в ноябре 2017 г. (более 2800 экспонатов из 53 стран). Большинство экспонатов представляли развитые страны: Италию – 370 компаний, Китай – 110, Нидерланды – 109, Францию – 102, США – 46. В представленных экспонатах прослеживается тенденция дальнейшего развития автоматизации в аграрных производственных процессах в сочетании с умными системами управления машинами, логистики, обеспечения качества и прочих [3].

В Российской Федерации в условиях эмбарго на импорт ряда сельскохозяйственных продуктов, развитие сельского хозяйства столкнулось с некоторыми отраслевыми проблемами, которые требуют решения, в том числе за счёт внедрения цифровых технологий. В связи с этим перед сельским хозяйством страны остро стоят вопросы использования информационных технологий, искусственного интеллекта и машинного обучения, компьютерных и облачных сервисов, цифровых технологических платформ, радиочастотных меток, контроллеров, датчиков, элементов управления отечественного приборостроения для существенного повышения эффективности [3].

Очевидно, что быстро устаревающая общая научная система улучшения обслуживания, предусматривает сбор статистических данных по надёжности проведением анализа дефектных ведомостей, журналов учёта запасных частей обменных фондов ремонтных предприятий, проведением мониторинга ресурсных параметров технического состояния машин, но требует определённых доработок, в том числе со стороны автоматизации и цифровизации ремонтных процессов.

Таким образом, проведенный анализ существующих способов и методов сбора информации о надёжности, в соответствии с тенденциями полной оцифровки всех процессов сельскохозяйственного производства – должен проводиться таким образом, чтобы сбор информационных данных об изменении текущего технического состояния тракторов и машин, происходил в виде непрерывной цепи аналогово-цифровой информации о ресурсных параметрах технического состояния.

Поскольку, изменение значения параметра сигнала датчика до его предельного значения, будет характеризовать технический отказ, то при составлении программных алгоритмов контроль значения параметра должен сводиться к определению момента времени (наработки) достижения параметром его предельной величины, определении ресурса [2].

Такой способ может быть реализован при известных предельных и допускаемых отклонениях контролируемых ресурсных параметров, характеризующих износ деталей и элементов, однако довольно часто такие данные отсутствуют, как в сервисных мануалах, так и у самих дилеров, представляющих заводы-производители современной сельскохозяйственной техники и специализированного отраслевого оборудования.

Например, ресурсными параметрами, которые необходимыми для оценки работоспособного состояния двигателя внутреннего сгорания могут являться: компрессия в цилиндрах, расход воздуха при установлении угла зажигания / впрыска, расход и изменение давления картерных газов, уровень давления при впрыскивании топлива в камеру сгорания, показания давления масла и многие другие.

После проведения измерений значений контролируемых параметров, производится расчёт показателей надёжности основных жизненно важных элементов, агрегатов машины или трактора.

Далее должна проводиться обработка полученных диагностических данных по определённому алгоритму, с последующим автоматическим программным расчётом количественных показателей надёжности трактора.

Благодаря разработке интеллектуального сервиса мастера ремонтных служб получат уникальную возможность просканировать техническое состояние каждого конкретного трактора или комбайна, находящегося на расстоянии от точки обслуживания. Таким образом, по прибытии в технический центр специалисты уже успеют разработать точный план ремонта, что значительно ускорит любые технические или ремонтные работы тракторов и машин. Время простоя техники сократится на всех стадиях обслуживания, поскольку очень большую долю временного периода простоя составляют такие ключевые точки, как подбор запасных частей и элементов, их доставка от производителя и, конечно же, оформление сопроводительной документации.

Для разработки системы интеллектуального сервиса необходимо решение следующих задач:

- Выявить характерные особенности технических отказов тракторов и машин, которые помогут отличить аварийную ситуацию от стандартной штатной;
- Провести логистические цепи последовательности событий, которые приводят к отказам технических систем трактора;
- Разработать виртуальную модель работы диагностического оборудования, на основе математической модели представленной из дерева состояний технических систем тракторов;
- Составить программные алгоритмы, которые смогут обеспечить правильную оценку технического состояния исходя из последовательности поступления данных;
- Разработать программное обеспечение, реализующее работу алгоритмов в структуре диагностического комплекса, путём оцифровки аналоговых сигналов штатного оборудования тракторов.

Анализ литературных и электронных источников делает возможным формулирование выводов, однозначно показывающих, что цифровизация сельского хозяйства, внедрение интеллектуальных технологий в существующую систему технического сервиса является одной из самых необходимых стратегий успешного развития агропромышленного комплекса ввиду малой степени изученности данного вопроса.

Выводы. 1. Необходима формализация концептуальной модели интеллектуализации сложной технической системы, построением дерева целей и системных программных алгоритмов.

2. Ресурсосбережение при использовании интеллектуального сервиса должно достигаться сокращением простоев техники, путем значительного увеличения скорости обслуживания.

3. Необходимо чёткое определение технических параметров, которые могут быть получены от контрольных приборов и оборудования при построении модели безразборной оценки технического состояния.

4. Методологические основы применения искуственного интеллектуального сервиса в технологических процессах должны включать общую модель ресурсосбережения при восстановлении работоспособности.

5. Привести теоретические предпосылки концептуального моделирования интеллектуализации ресурсосберегающих технологий обеспечения работоспособности машин и оборудования.

Список литературы

1. *Аносова, А.И.* Влияние параметров декомпрессирования цилиндров двигателя на момент сопротивления сжатию / *А.И. Аносова, П.И. Ильин, С.Н. Шуханов* // Вестник ВСГУТУ. – 2022. № 2 (85). с. 36 - 40.

2. *Бураев, М.К.* Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева, А.И. Аносова* // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 3 (86). С. 56-62.

3. *Горбунова, Т.Л.* Экономическая оценка мероприятий по улучшению охраны окружающей среды при техническом обслуживании тракторов / *В.Н. Хабардин, Т.Л. Горбунова* // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. материалы XI Международной научно-практической конференции. п. Молодежный, 2022. С. 365 - 371.

4. *Заборовский, В.* Переход к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших данных, машинного обучения и искусственного интеллекта / *В. Заборовский, И. Каляев* // РФ: Control Engineering, Vol. 5 (83), 2019, 215 с.

5. *Плотников, А.В.* Роль цифровой экономики для агропромышленного комплекса» // Московский экономический журнал № 7 «Роль цифровой экономики для агропромышленного комплекса» [электронный ресурс] – URL: https:// cyberleninka.ru / article / n / rol-tsifrovoi-ekonomiki-dlya-agropromyshlennogo-kompleksa/viewer (дата обращения: 22.04.2020).

6. *Рогов, И.А.* Интеллектуальная сельскохозяйственная техника нового поколения / *И.А. Рогов, В.И. Черноиванов, Ю.А. Иванов, Г.К. Толоконников, Е.Б. Петров, И.М. Волкова* // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, приложение, 2014, 65 с.

7. *Сильченко, Ю.Ю.* Искусственный интеллект в промышленности. CFO Russia [электронный ресурс] – URL: https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article=39544 (дата обращения: 27.10.2020).

8. Система Scania Fleet Management (FMS) [электронный ресурс] – URL: https://scanauto.ru/media-center-scania/news-scania/besperebojnoe-vzaimodejstvie-s-pomowyu-sistemy-scania-fleet-management-fms/ (дата обращения: 28.10.2020).

9. *Шистеев, А.В.* К методике оценки надежности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. 2021. № 4 (83). С. 46 - 53.

10. *Шистеев, А.В.* Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / *А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (128). С. 120 - 123.

Сведения об авторе(ах)

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» инженерного факультета, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Information about the author(s)

Shisteev Alexey V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines of the engineering faculty, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

УДК 631.256-192

К ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Г.М. Бураева, А.В. Шистеев, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Рассматриваются методические подходы к оценке надёжности функционирования предприятия технического сервиса (ПТС). К деятельности ПТС предъявляют значительный объём требований по содержанию и наличию технологических решений для обеспечения работы ремонтного производства. В этой связи сформулирована цель исследовательской работы в виде разработки методики оценки надёжности функционирования предприятия технического сервиса. На основании анализа работ разных авторов установлено, что такая оценка должна основываться на учёте различных организационно-технических показателей (факторов), присущих деятельности ремонтных предприятий. Показано, что оценку надёжности функционирования предприятия технического сервиса следует выполнять на основании единого, измеримого, комплексного критерия, включающего в себя факторы, характеризующие состояние ремонтно-обслуживающей инфраструктуры, уровень кооперации системы технического сервиса, организацию процессов восстановления деталей и материально-технического снабжения, состояние средств производства, состояние трудовых ресурсов, организацию и управление системой ремонта, а также соответствие применяемой технологии требованиям нормативно-технической документации и технологической дисциплины, другие показатели. Оценку качественной информации, характеризующей указанные факторы, в количественные показатели предлагается выполнять с использованием генеральных определительных таблиц (ГОТ).

Ключевые слова: оценка, надёжность, технический сервис, предприятие, генеральные определительные таблицы.

TO THE ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF FUNCTIONING OF TECHNICAL SERVICE ENTERPRISES

G.M. Buraeva, A.V. Shisteev, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article considers methodological approaches to assessing the reliability of the technical service enterprise (TSE) functioning. A significant number of requirements are imposed on the TSE activities regarding the content and availability of technological solutions to ensure the operation of repair production. In this regard, the goal of the research work is formulated in the form of developing a methodology for assessing the reliability of the technical service enterprise functioning. Based on the analysis of the works of different authors, it has been established that such an assessment should be based on taking into account various organizational and technical indicators (factors) inherent in the activities of repair enterprises. It is shown that the assessment of the reliability of the technical service enterprise functioning should be performed on the basis of a single, measurable, comprehensive criterion that includes factors characterizing the state of the repair and maintenance infrastructure, the level of cooperation of the technical service system, the organization of the processes of restoration of parts and material and technical supply, the state of the means of production, the state of labor resources, the organization and management of the repair system, as well as

the compliance of the applied technology with the requirements of regulatory and technical documentation and technological discipline, and other indicators. It is proposed to perform the evaluation of qualitative information characterizing the specified factors into quantitative indicators using general identification tables (GIT).

Key words: evaluation, reliability, technical service, enterprise, general identification tables.

Введение. Анализ работ в области организации ремонта машин в АПК показывает, что надёжность функционирования предприятия технического сервиса и его подразделений определяется наличием большого числа организационно-технических показателей, связанных с состоянием трудовых ресурсов, технологией и организацией ремонтного производства. В изменившихся условиях производственной деятельности агроремонтных предприятий, обусловленных конкуренцией, нехваткой ресурсов, ужесточения требований потребителей и т.д. острой проблемой остаётся качество и надёжность оказываемых ремонтных услуг. Одним из путей оценки деятельности предприятия технического сервиса и получения показателей его сравнения с другими при поиске решения возникшей задачи является необходимость преобразования качественных организационно-технологических показателей предприятия в количественные характеристики надёжности функционирования и качества услуг [1, 4, 5]. В ряде исследований подобные задачи предложено решать обобщением требований к исследуемым процессам на основе генеральных определительных таблиц (ГОТ) [2, 3, 8, 9, 10].

Цель – оценка деятельности предприятия технического сервиса с помощью генеральных определительных таблиц.

Материалы и методы. Критерием оценки, обобщающей требования к функционированию ПТС, является коэффициент надёжности функционирования, характеризующий отношение фактического расчётного уровня надёжности, к максимально возможному (потенциальному) уровню надёжности исследуемого ПТС [6, 12]:

$$П = \frac{П_ф}{П_{max}},$$

где $П_ф$ – фактическая сумма оценок надёжности по ГОТ;

$П_{max}$ – максимально возможная сумма оценок.

При этом $П$ может принимать значения $0 \leq П \leq 1$, то есть иметь резерв равный $Р = 1 – П$, дополняющий коэффициент $П$ до единицы (100 %).

Прогнозирование надёжности функционирования осуществляется составлением ГОТ в следующей последовательности [8]:

1) С помощью экспертов определяется состав характеристик и их ранжирование;

2) Намечается точность прогнозирования и число характеристик;

3) По результатам опроса экспертов нормируются веса характеристик;

4) Рассчитываются и нормируются веса позиций, входящих в состав характеристик.

Способ оценки с помощью генеральных определительных таблиц успешно применён в работах Д.А. Антонца [2] при установлении критериев технического обслуживания тракторов в условиях низких температур, Н.В. Храмцова [11] для

оценки организации восстановления деталей на ремонтных предприятиях, В.А. Волосухина и Ю.А. Свистунова [10] для сравнения целого ряда конструкций оросительных систем и других.

На основании анализа вышеуказанных работ в данной работе в качестве основного принят следующий состав характеристик (таблица 1).

Таблица 1 – **Организационно-технические факторы**

1	Состояние ремонтно-обслуживающей инфраструктуры
2	Уровень кооперации системы технического сервиса
3	Организация процессов восстановления деталей
4	Организация материально-технического снабжения
5	Состояние средств производства
6	Состояние ремонтного фонда
7	Состояние трудовых ресурсов
8	Организация и управление системой ремонта

Определительная таблица обобщённого фактора – это таблица, содержащая, расположенные в ранжированной последовательности его характеристики и их позиции, пронормированные окончательными оценками в баллах. Окончательные оценки позиций были получены путём умножения базисных оценок (5, 4, 3, 2, 1) на нормирующую функцию вида:

$$\vartheta_j = \frac{j}{2^{j-1}}, \quad (1)$$

где j – порядковый номер (место) характеристики в ранжированной последовательности характеристик обобщённого фактора.

Оценка весов характеристик производилась на основе системного анкетирования (опроса) экспертов, в качестве которых выступили специалисты по ТО и ремонту ТТМ ООО «ЮникАГРО», имеющие продолжительный стаж и большой производственный опыт работы, позволяющие выявить и оценить перспективность форм ремонтообслуживания (таблица 2). Эксперты определяли причины отказов по каждому из основных элементов производства, дополняли или вычеркивали несущественные из них, ранжировали причины отказов в порядке убывания их воздействия на анализируемый элемент производства.

Таблица 2 – **Ранжирование факторов, вызывающих отказы и сбои элемента**

Специалист (эксперт)	**Фактор**							
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	1	4	2	5	8	3	6	7
2	4	2	3	1	5	7	6	8
3	3	2	1	4	6	5	7	8
4	1	4	2	6	3	8	7	5
5	1	2	4	5	3	7	6	8
6	2	1	3	4	6	5	8	7
7	4	2	1	3	5	7	6	8
8	2	3	4	1	6	7	8	5
9	1	3	2	4	5	6	8	7
10	2	1	4	3	6	5	7	8
11	3	2	1	5	4	7	8	6
12	2	1	4	6	3	5	8	7

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	4	3	2	5	1	7	8	6
14	1	4	3	2	5	6	7	8
15	1	3	4	2	6	8	8	5
16	2	3	4	6	1	5	7	8
17	3	4	2	5	1	8	6	7
18	1	2	3	5	4	7	8	6
19	2	3	4	6	1	5	7	8
20	1	2	4	5	3	6	8	7
S_p	40	51	56	83	82	124	144	139
J_i	-50	-39	-34	-7	-8	34	54	49
J_i^2	250	1531	1156	49	64	1156	2916	2401

Эксперты выделили пять наиболее значимых составляющих b_{ij} для каждой характеристики S_i, на втором – определялись веса избранных составляющих. Результаты легли в основу построения ГОТ для прогнозирования уровня надёжности функционирования ПТС (таблица 3).

В результате статистической обработки опросных анкет экспертов были определены позиции и средние веса характеристик.

Таблица 3 – **Генеральная определительная таблица логистической поддержки предприятия технического сервиса ТТМ**

Код	Характеристика критерия	Оценки K_{ij} позиций
1	**2**	**3**
S_1	**Организация материально-технического снабжения (φ = 1)**	
b_{11}	Востребованность в полнокомплектных агрегатах и сборочных единицах	5
b_{12}	Снабжение запасными частями и ремкомплектами	4
b_{13}	Необходимость в ремонтных материалах (металл, электроды, краска, ТСМ и т.д.)	3
b_{14}	Уровень и качество размещения и хранения материальных ресурсов	2
b_{15}	Снабжение через обменный фонд предприятия	1
S_2	**Состояние средств производства (φ = 1)**	
b_{21}	Станки металлорежущие	5
b_{22}	Инструменты (слесарные, измерительные, режущие)	4
b_{23}	Технологическое оборудование (стенды, сварочное оборудование, моечное, покрасочное и т.д.)	3
b_{24}	Оснастка заводская	2
b_{25}	Собственное изготовление	1
S_3	**Состояние ремонтного фонда (φ = 0,75)**	
b_{31}	Устаревшие конструкции машин	3,75
b_{32}	Высокая степень износа ремонтных объектов	3
b_{33}	Нарушение норм технической эксплуатации пользователем	2,25
b_{34}	Ремонтопригодность конструкции машин	1,5
b_{35}	Взаимозаменяемость элементов	0,75
S_4	**Состояние трудовых ресурсов (φ = 0,5)**	
b_{41}	Нарушение трудовой дисциплины	2,5

Окончание таблицы 3

1	2	3
b_{42}	Дефицит рабочих требуемой специальности и квалификации	2
b_{43}	Отсутствие навыков работы в т.ч. во внештатных ситуациях	1,5
b_{44}	Высокая текучесть кадров	1,0
b_{45}	Невыполнение производственных норм	0,5
S_5	**Организация и управление системой ремонта (φ = 0,31)**	
b_{51}	Неполнота и недостоверность информации	1,55
b_{52}	Отсутствие ремонтной документации	1,24
b_{53}	Использование устаревших технологий	0,93
b_{54}	Нарушение норм технического контроля	0,62
b_{55}	Непредвиденные и сверхурочные работы	0,31

Уровень надёжности функционирования $У_i$-го обобщённого фактора, выраженный в процентах от уровня нормальной эксплуатации МТП:

$$У_i = \frac{\sum_j^m K_{ij}}{\sum_j^{m\Sigma} K_{ij_{max}}}, \quad (2)$$

где K_{ij}, K_{ijmax} – фактическая в максимально возможная оценки j-ой характеристики i -го обобщённого фактора по ГОТ;

m – число характеристик обобщённого фактора в ГОТ.

Семантические оценки характеристик уровня надёжности функционирования ПТС проводились с использованием рекомендаций [10] (таблица 4).

Таблица 4 – **Семантические оценки уровня надёжности функционирования**

Коэффициент полноты надёжности	**Уровень функционирования**	
	семантическая оценка	**уровень оценки**
1,0 - 0,80	Весьма перспективно	Высокий
0,79 - 0,60	Перспективно	Средний
0,59 - 0,40	Малоперспективно	Низкий
0,39 - 0,20	Неперспективно	Очень низкий

Для количественной оценки уровня ООО «ЮникАГРО» была собрана информация в соответствии с перечнем характеристик обобщённых факторов, помещённых в ГОТ. Сопоставление этой информации с позициями характеристик, включенными в ГОТ, показало картину, приведённую в таблице 4.

Таблица 5 – **Позиции характеристик обобщённых факторов, соответствующие фактическому состоянию дел ООО «ЮникАГРО» и их оценки (в числителе указаны коды позиций, в знаменателе оценки)**

Обозначение обобщённого фактора	**Наименование факторов**	**Номера позиций, их окончательные по ГОТ оценки в баллах по пяти характеристикам обобщённых факторов**				
		$\sum_j^m K_{ij}$	$\sum_j^{m\Sigma} K_{ij_{max}}$	$У_1$ %		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
S_1	Организация материально-технического снабжения	b_{12} / 4	15	26	1,0	4

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
S_2	Состояние средств производства	b_{21} / 5	15	33	1,0	3
S_3	Состояние ремонтного фонда	b_{31} / 3,75	11,25	33	0,75	3
S_4	Состояние трудовых ресурсов	b_{42} / 2	7,5	26,6	0,5	2
S_5	Организация и управление системой ремонта	b_5 / 0,93	4,65	20,0	0,31	0,93

Подставляя в формулу (2), находим уровни состояния обобщённых факторов

Максимальная сумма оценок по данным ГОТ	17,80
Сумма экспертных оценок	12,93
Коэффициент уровня надёжности ПТС	0,72

Сопоставляя полученные значения общего уровня и уровня обобщённых факторов с данными таблицы 2, приходим к заключению, что общий уровень надёжности функционирования ПТС в ООО «ЮникАГРО» средний, семантическая оценка – перспективно.

Выводы: для дальнейшего совершенствования деятельности ПТС можно рекомендовать произвести улучшения по направлениям [7]:

- Необходимо использовать современные теоретические и практические разработки логистики запасных частей, материалов, сменно-обменных комплектующих и других ресурсов в ремонтном производстве;

- Обеспечить обновление технологического оборудования с высокими показателями безотказности, долговечности, ремонтопригодности, приспособленностью к новым инновациям в технологии ремонта;

- Улучшить подготовку и переподготовку рабочих и ИТР, обеспечить максимальные удобства для их работы на производстве;

Обеспечить внедрение на предприятии новых технологий ремонта на инновационной основе.

Список литературы

1. *Аносова, А.И.* Оценка технологического уровня сервисных мастерских в сельском хозяйстве / *А.И. Аносова, А.В. Косарева, М.К. Бураев* // Сборник научных трудов / Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. – Улан-Удэ : Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2018. – С. 40 - 43.

2. *Антонец, Д.А.* Теоретические основы количественной оценки уровня технической эксплуатации тракторов / *Д.А. Антонец* // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 6. – С. 2 - 4

3. *Беломестных, В.А.* Оценка надежности элементов зерноуборочного комбайна «Вектор 410» при эксплуатации в гарантийный период / *В.А. Беломестных, П.И. Ильин, Д.М. Рожков* // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 61 - 68.

4. *Бондарева, Е.В.* Об использовании критерия Вилкоксона в практике педагогических исследований / *Е.В. Бондарева, Е.А. Мазепа* // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 26 - 32.

5. *Бураев, М.К.* К методике оценки надежности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4 (83). – С. 46 - 53.

6. *Бураева, Г.М.* К методике оценки факторов технического сервиса ТТМ / *Г.М. Бураева, А.В. Шистеев* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Иркутск, 28-29 апреля 2022 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 236 - 243.

7. *Бураева, Г.М.* К оценке надёжности и работоспособности предприятий технического сервиса / *Г.М. Бураева* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06-08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 123 - 129.

8. *Бураева, Г.М.* Оценка внешних и внутренних факторов организации технического сервиса машин в АПК / *Г.М. Бураева* // Технический сервис машин. – 2022. – № 4 (149). – С. 13 - 20.

9. *Гайдо, А.Н.* Методические подходы к оценке качества разработки проектов производства работ / *А.Н. Гайдо* // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1 (109). – С. 571 - 592.

10. *Кожухар, В.М.* Ранжирование инвестиционных проектов путём использования аналога генеральной определительной таблицы В.Г. Гмошинского / *В.М. Кожухар* // Вестник ТОГУ, 2009 № 2 С. 165 - 168.

11. *Свистунов, Ю.А.* Оценка перспективности конструкций затворов и подпорно-перегораживающих устройств / *Ю.А. Свистунов, А.А. Луговой* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2005. – № 10. – С. 81 - 89.

12. *Храмцов, Н.В.* Надёжность отремонтированных автотракторных двигателей / *Н.В. Храмцов*. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 159 с.

13. *Шуханов, С.Н.* Надёжность работы машинно-тракторного агрегата / *С.Н. Шуханов, А.В. Кузьмин, П.А. Болоев* // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 1. С. 8 - 20.

Сведения об авторах

Бураева Галина Михайловна – старший преподаватель кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: e-mail: buraev@mail.ru.

Information about the authors

Buraeva Galina M. – senior lecturer of the department «Technical service and general technical disciplines» of the engineering faculty, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel.: 8(3952)237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Shisteev Alexey V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Technical service and general technical disciplines» of the engineering faculty, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel.: 8(3952)237431, e-mail: drive-er@yandex.ru).
Buraev Mikhail K. – doctor of technical sciences, professor of the department «Technical service and engineering disciplines» of the engineering faculty, Irkutsk state agricultural university of A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, 664038, Russia, tel.: 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

УДК 629.083:629.4.084.4

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ

И.Б. Егоров, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Аддитивные технологии (АМ) применяются при послойном наращивании и синтезе изделий. Объект формируется на специальной основе и по завершение процесса полностью готов к эксплуатации. В статье рассмотрен вопрос обеспечения работоспособности машин и оборудования применением аддитивных технологий при техническом сервисе. Аддитивные технологии (*Additive Manufacturing*) – метод создания трёхмерных объектов, деталей или вещей путём послойного добавления материала. Приведены этапы создания запасных частей и деталей с помощью 3*D*-печати. Рассмотрены самые распространённые методы изготовления деталей при помощи аддитивных технологий. Приведены основные достоинства применения аддитивных технологий в обеспечении работоспособности машин и оборудования.

Ключевые слова: технический сервис, аддитивные технологии, работоспособность, запасные части, 3*D*-печать.

ENSURING THE OPERABILITY OF MACHINES AND EQUIPMENT BY USING ADDITIVE TECHNOLOGIES IN TECHNICAL SERVICE

I.B. Egorov, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Additive technologies (AM) are used for layer-by-layer build-up and synthesis of products. The object is formed on a special base and upon completion of the process is completely ready for use. The article considers the issue of ensuring the operability of machines and equipment using additive technologies in technical service. Additive Manufacturing is a method of creating three–dimensional objects, parts or things by layer-by-layer addition of material. The stages of creating spare parts and parts using 3D-printing are given. The most common methods of manufacturing parts using additive technologies are considered. The main advantages of using additive technologies

in ensuring the operability of machines and equipment are given.

Key words: technical service, additive technologies, operability, spare parts, 3D printing.

Введение. Технический сервис – это комплекс услуг, оказываемых потребителю по техническому обслуживанию и ремонту транспортно-технологических машин (ТТМ) и оборудования, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации [7, 12].

Материалы и методы. Функции технического сервиса:

- Предпродажная подготовка и торговля ТТМ и другими техническими средствами;
- Гарантийное обслуживание;
- Послегарантийное обслуживание;
- Утилизация ТТМ и оборудования;
- Оказание услуг по техническому обслуживанию;
- Оказание услуг по ремонту;
- Обеспечение запасными частями [11].

Результаты и обсуждение. Одной из основных задач технического сервиса является обеспечение работоспособного состояния машин и оборудования [5, 8, 10]. Для этого необходимо своевременное снабжение ремонтных баз запасными частями [14]. В последние годы активно набирает популярность использование аддитивных технологий при изготовлении запасных частей и деталей для сельскохозяйственной техники и оборудования [6, 9].

Аддитивные технологии (от английского *Additive Fabrication*) – обобщённое название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или *CAD*-модели) методом послойного добавления (*add*, англ. – добавлять, отсюда и название) материала [2]. Получение изделия происходит послойно, шаг за шагом путём формирования (тем или иным способом) слоя материала, отверждения или фиксации этого слоя в соответствии с конфигурацией сечения *CAD*-модели и соединения каждого последующего слоя с предыдущим (рисунок 1) [4].

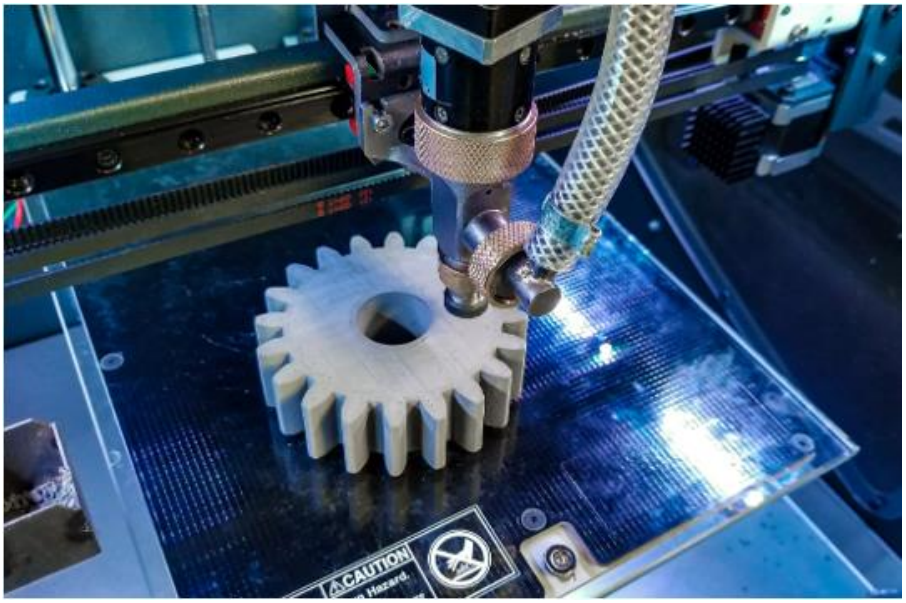


Рисунок 1 – **Изготовление детали на 3*D*-принтере**

Для создания запасной части или детали нужна её компьютерная модель и непосредственно её изготовление при помощи специального оборудования. Компьютерную модель можно получить, используя 3*D*-сканирование уже существующей детали, либо создав её в программном обеспечении с нуля.

Использование технологии 3*D*-сканирования позволяет печатать объекты со сложной геометрией, при этом количество отходов производства сокращается практически до нуля. Этот способ идеально подходит для быстрого прототипирования, поскольку изменения в конструкцию можно внести в любой момент, а отсутствие потерь материала обеспечивает снижение затрат на сырьё. Кроме того, детали, которые ранее требовали сборки из нескольких частей, на аддитивном производстве могут быть изготовлены как единый объект, что повышает прочность и долговечность конечного продукта [6, 13].

Этапы создания деталей с помощью аддитивных технологий (рисунок 2):

1. Создание программного эскиза, отражающего геометрию изделия – *CAD*-моделирование (*Computer Aided Design*);

2. Создание *STL*-файла. Этот формат поддерживает большинство установок для 3*D*-печати. Этап необходим для вычисления срезов и разделения модели на слои;

3. Настройка оборудования. Загрузка файла, при необходимости – коррекция форм, положения и т.д.;

4. Непосредственно печать изделия по заданному технологией процессу. Автоматизированный этап, в котором человек выступает наблюдателем.

Этапы могут корректироваться. Например, иногда требуется создание прототипа перед печатью необходимого предмета, а порой – финишная доработка, очистка [3].



Рисунок 2 – **Этапы изготовления трехмерного изделия**

Существует множество методов изготовления деталей при помощи аддитивных технологий, различаются они в зависимости от материала, конечного результата и рабочих технологий на аддитивной установке.

Рассмотрим самые распространённые методы изготовления деталей при помощи аддитивных технологий:

SLA – Laser Stereolithography, лазерная стереолитография. Используемый при производстве материал – жидкие фотополимеры. Они послойно затвердевают под действием лазера. Аналогичный метод, но более быстрый в работе – *DLP*, прямая обработка светом.

SLS – Selective Laser Sintering, селективное лазерное спекание. Технология предполагает, что порошок полимеров наносится на платформу для печати, сканируется лазером и частично запекается – только зоны, соответствующие модели. Затем наносится ещё один слой, снова обрабатывается лазером – и так далее. Итоговый продукт окружён неспечённым порошком и требует очистки от последнего.

SLM – Selective Laser Melting, выборочное лазерное спекание. Процесс подобен *SLS*, но в качестве материала для производства используется металлический порошок.

FDM – Fused Deposition Modeling, послоённое наплавление. Применяются фотополимеры в виде прутов, нитей или гранул. Материал проходит через сопло машины, расплавляется, головка аппарата распределяет его согласно модели, после чего вещество затвердевает. Один из распространённых методов этой технологии – работа домашних 3*D*-принтеров.

Аддитивные технологии предлагают ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами производства. Они позволяют создавать сложные и детализированные объекты, которые могут быть трудно или невозможно выполнить традиционными методами. Благодаря возможности печати на месте, они также сокращают время и стоимость транспортировки [3].

Кроме того, аддитивные технологии позволяют экономить материал, поскольку используют только необходимое количество, в отличие от традиционного производства, где изделия часто изготавливаются путем вырезания или выточки из большего блока материала, что приводит к отходам.

Аддитивные технологии также предлагают большую гибкость в производстве, поскольку позволяют быстро и легко, при необходимости, изменять изготавливаемую деталь, не требуя дорогостоящих преобразований оборудования.

В совокупности все эти преимущества делают применение аддитивных технологий мощным инструментом для совершенствования процесса обеспечения новыми запасными частями предприятий технического сервиса [1, 15].

Заключение. Применение аддитивных технологий в обеспечении работоспособности машин и оборудования позволяет:

1. Повысить качество деталей. Компоненты формируются послойно, что минимизирует остаточные напряжения и расширяет область применения изделий;

2. Снизить издержки. Цифровые технологии минимизируют количество отходов, не сопровождаются появлением стружки, обрезков. Предприятие рационально использует сырьё, сокращает расходы на обслуживающий персонал и сервисные операции;

3. Расширить номенклатуру. Аддитивное производство является наиболее гибким, его возможности не ограничены функционалом станков или умениями мастера. Предприятие изготавливает любые изделия, быстро меняя их номенклатуру;

4. Реализовать индивидуальные проекты. Специфика материалов аддитивного производства исключает организацию многоуровневых технологических процессов. Предприятие может принимать разовые заказы, не опасаясь

перерасхода средств и непредвиденных сложностей;

5. Работать с деталями любой конфигурации. Методы аддитивного производства имеют минимум ограничений. С их помощью создаются сложные компоненты с множеством нестандартных элементов;

6. Быть мобильным. Информация о заготовках передаётся в рамках изометрических моделей. Это исключает доставку габаритных образцов, большого количества чертежей и прочие неудобства.

Список литературы

1. *Абалуев, Р.Н.* Перспективы использования аддитивных технологий в агропромышленном комплексе / *Р.Н. Абалуев, С.О. Чиркин* // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 311.

2. Аддитивные технологии и 3*D*-печать: что это и какая сфера применения? / maket-3d [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://maket-3d.ru/additivnye-tehnologii/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F - 09.09.2024.

3. Аддитивные технологии и их возможности / РБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trends.rbc.ru/trends/futurology/6284222d9a79472c8b9a67bc - 13.09.2024.

4. *Балашов, А.В.* Исследование структуры и свойств изделий, полученных 3*D*-печатью / *А.В. Балашов, М.И. Маркова* // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1(52). – С. 66.

5. *Белоусов, И.В.* К повторному использованию деталей при ремонте машин / *И.В. Белоусов, М.К. Бураев* // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно-практической конференции молодых учёных, п. Молодёжный, 16-17 марта 2023 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 334 - 341.

6. *Бердюгина, О.В.* Применение аддитивных технологий в ремонте сельскохозяйственной техники и обзор материалов, используемых при этих процессах / *О.В. Бердюгина, М.А. Евшин* //Аграрное образование и наука. 2023. № 2. С. 7.

7. *Бураев, М.К.* К методике оценки надежности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4 (83). – С. 46 - 53.

8. *Бураева, Г.М.* Применение ремонтно-логистических цепей при техническом сервисе транспортно-технологических машин / *Г.М. Бураева, А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2024. – № 50. – С. 8 - 18.

9. *Дорохов, А.С.* Применение аддитивных технологий при техническом сервисе садовой техники / *А.С. Дорохов, А.С. Свиридов* // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 39 - 44.

10. *Егоров, И.Б.* К вопросу последовательности проведения профилактических мероприятий машинно-тракторному парку / *И.Б. Егоров, П.И. Ильин, Ц.В. Цэдашиев* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах, Иркутск, 16-17 февраля 2023 года. Том II. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 73 - 77.

11. *Егоров, И.Б.* Рециклинг технических объектов в АПК / *И.Б. Егоров, Г.М. Бураева* // Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области : Материалы очно-заочной научно-практической конференции посвящённой Дню Российской науки, п. Молодёжный, 09 февраля 2023 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 37 - 38.

12. Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева, А.И. Аносова* // Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3 (86). – С. 56 - 62. – DOI 10.53980/24131997_2022_3_56.

13. *Толочко, Н.К.* Аддитивные технологии в ремонтном производстве / *Н.К. Толочко, Н.Н. Романюк, О.В. Сокол* // Современные проблемы освоения новой техники, технологий,

организации технического сервиса в АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 07-08 июня 2018 года. – Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2018. – С. 76 - 82.

14. *Шистеев, А.В.* Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / *А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 120 - 123.

15. To clarify the standards of spare parts for technical service of autotractors in zone conditions / *M. Buraev, A. Shisteev, A. Zhabin* [et al.] // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26-28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 05001. – DOI 10.1051/e3sconf/202017505001.

Сведения об авторах

Егоров Игорь Борисович – аспирант кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, 89041209854, e-mail: yashik.ei@mail.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

Information about authors

Egorov Igor B. – postgraduate student of the department of technical service and general engineering disciplines of Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, 89041209854, e-mail: yashik.ei@mail.ru).

Buraev Mikhail K. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical service and general engineering disciplines, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

УДК 338.48

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИН

Е.В. Елтошкина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Показатели машин при эксплуатации неизбежно отличаются от возможного эталонного образца. Оптимальное проектирование новых машин и механизмов невозможно без применения автоматизированного проектирования, которое позволяет выбирать основные параметры рассматриваемых устройств, механизмов и машин.

При проектировании механизма с заданными динамическими свойствами различают два вида задач, таких как определение внешних сил или моментов, обеспечивающие требуемое движение звеньев и определение динамических характеристик механизма.

В статье рассмотрен алгоритм энергетического метода определения динамических характеристик при проектировании машин.

Ключевые слова: машина, механизм, проектирование, эксплуатация, характеристика.

ENERGY METHOD FOR DETERMINING DYNAMIC CHARACTERISTICS WHEN DESIGNING MACHINES

E.V. Eltoshkina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation.The performance of machines during operation inevitably differs from a possible reference sample. Optimal design of new machines and mechanisms is impossible without the use of computer-aided design, which allows you to select the main parameters of the devices, mechanisms and machines under consideration.

When designing a mechanism with given dynamic properties, two types of tasks are distinguished, such as determining external forces or moments that ensure the required movement of the links and determining the dynamic characteristics of the mechanism.

The article discusses the algorithm of the energy method for determining dynamic characteristics when designing machines.

***Key words*:** machine, mechanism, design, operation, characteristics.

Введение. Показатели машин при эксплуатации неизбежно отличаются от возможного эталонного образца. При этом отклонения могут проявится при использовании простейших схем механизма на стадии проектирования, ошибками заводского изготовления и монтажа деталей, влиянии внешних сил, вызывающих деформацию деталей [2, 3, 4]. Можно перечислить следующие главные причины возникновения погрешностей механизмов машин:

- Погрешности применяемой кинематической схемы конструкции, в результате чего, приближённо выполняются заданные изначально соотношения между движениями ведущих и исполнительных звеньев машин;
- Технологические погрешности изготовления используемых деталей и сборки машин, приводящих к отклонениям параметров кинематических цепей;
- Погрешности режима работы всей машины или его частей, вызванные появлением процессов, таких как, например деформации, связанные с жёсткостью деталей, появлением сил трения, возникновения вибраций;
- Температурные погрешности, возникающие при эксплуатации, которые изменяют размеры деталей и характер их соединений;
- Погрешности от износа деталей возникающие во время эксплуатации машин.

Материалы и методы. В большинстве случаев отдаётся предпочтение более простому кинематическому механизму с предполагаемой теоретической ошибкой схемы, так как чем меньше звеньев в механизме, тем более точнее он будет выполнен. Направления и характер действующих сил, степень износа и деформации зависят от направления смещения элементов звеньев механизма и их перекосы, которые определяются условиями эксплуатации механизма.

Результаты и обсуждение. К погрешностям изготовления деталей относятся: погрешности размеров, погрешности форм, погрешности относительного расположения.

При работе механизма постепенно проявляются эксплуатационные составляющие передаточных отношений, такие как износ поверхностей, силовые и температурные деформации деталей, смещения в зазорах подвижных соединений с учётом сил трения. В этих случаях экспериментальные ошибки, не поддаются предварительному расчёту, а фиксируются в базу по опытным данным [6, 7].

Оптимальное проектирование новых машин и механизмов практически невозможно без применения автоматизированного проектирования, которое позволяет быстро и обоснованно выбирать основные параметры рассматриваемых устройств, механизмов и машин, и сопоставлять важнейшие показатели качества для выбора оптимальной конструкции [9, 10].

Проектирование механизма с заданными динамическими свойствами включает в себя основные две задачи:

- Определение внешних сил или моментов, обеспечивающие требуемое движение звеньев;

- Определение динамических характеристик механизма с заданным силовым приводом.

При решении динамической задачи, механизм считается уже заданным и приведён размерный синтез, то есть проверена возможность прохождения механизма через желаемые положения без достаточных усилий. Для задачи второго типа следует ещё определить характер приложенных сил. При этом начальные значения всех входных переменных известны с необходимой точностью.

Общий алгоритм метода решения динамической задачи по оценке всех остальных переменных кинематических пар q_i описывается следующими этапами [1, 5, 8]:

1. Расчёт матриц преобразования и проведения анализа перемещений таким образом, чтобы все переменные пар были вычислены с заданной степенью точности;

2. Анализ скоростей с целью отыскания безразмерных относительных скоростей (скоростей изменения кинематических пар) и матрицы скоростей V_i;

3. Определение кинетической энергии каждого звена и полной кинетической энергии $\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} S_p(V_i \cdot J_i \cdot V_i^t)$ при равенстве обобщённого параметра q_1 одному. Если при этом необходимо, то можно определить также распределение кинетической энергии;

4. Расчёт работы внешних сил при перемещении механизма из предшествующего положения в текущее. Эта работа должна включат работу приложенных сил от пружин и механических устройств, работу всех других зависящих от перемещений сил, изменение потенциальной энергии и потери на трение;

5. Суммирование полученной работы с фактической кинетической энергией механизма в предшествующем положении. Эта сумма равна кинетической энергии в текущем положении;

6. Расчёт фактической скорости ведущего звена по формуле:

$$K = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} S_p(V_i \cdot J_i \cdot V_i^t) \cdot \dot{q}_1^2,$$

$$V_i = \sum_{j=1}^{i} B_{j-1,j} \cdot \Phi_{0i} \cdot q'_{j-1,j},$$

где J_i – матрица инерции;

Φ_{0i} – матрица перехода от начальной системы к i-ой;

V_i – матрица скоростей, $q'_{j-1,j} = \frac{dq_{j-1,j}}{dq_{01}}$.

Таким образом, фактическое значение скорости ведущего звена будем находить по формуле:

$$\dot{q}_i = \sqrt{\frac{K}{\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} S_p(V_i \cdot J_i \cdot V_i^t)}};$$

7. Если на механизм действуют силы, зависящие от скорости, например, силы вязкого трения, следует определить скорость точки приложения этих сил. По скорости оценивается работа, совершаемая данной силой. Используя эту работу, уточняется значение кинетической энергии механизма и повторяются п. 5-7 до тех пор, пока скорости ведущих звеньев и кинетическая энергия не будут определены с заданной точностью. При этом, работа зависящих от времени сил может быть найдена аналогичным итерационным методом. Время, необходимое для достижения конкретного положения, может быть определено из зависимости скоростей или ускорения от времени;

8. По известной фактической скорости ведущего звена любые другие требуемые скорости могут быть найдены при помощи соотношения:

$$\dot{R}_i = V_i \cdot r_i \cdot \dot{q}_1,$$

где координаты центра тяжести i-го звена в собственной системе координат найдём по формуле:

$$r_i = \frac{J_i \cdot \bar{e}}{m_i}.$$

При этом введён единичный вектор $\bar{e} = (1,0,0,0)$, m_i – масса i-го звена;

9. Если необходимо знать другие динамические характеристики, например, зависимость скоростей или ускорений от времени, то их можно найти применением метода конечных разностей к соотношениям между скоростями рассматриваемых точек и их положениями;

10. Изменение входной переменной на Δq_i.

Используя истинные значения переменных пар q_i для предшествующего положения в качестве начальных оценок для нового положения, повторим процедуру расчёта.

Заключение. Для определения величины внешних сил, необходимых для воспроизведения заданных динамических характеристик, может быть использована методика во многом аналогичная описанной. Единственное различие состоит в том, что кинетическая энергия должна вычисляться по заданной скорости. Затем величина внешней силы определится как величина силы, необходимой для обеспечения этого количества кинетической энергии в процессе движения в заданное положение.

Список литературы

1. *Верхотуров, Н.П.* Анализ механизма с учётом изменения веса и потенциальной энергии / *Н.П. Верхотуров, А.А. Зайцев* // Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области : Материалы очно-заочной научно-практической конференции посвящённой 90-летию Иркутского ГАУ и Дню Российской науки, Иркутск, 07-09 февраля 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 115 - 116.

2. *Белоусов, И.В.* Факторы, влияющие на эксплуатацию автотракторной техники в Сибирских условиях / *И.В. Белоусов, М.К. Бураев* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодёжный, 25-26 апреля 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 157 - 161.

3. *Болоев, П.А.* Влияние условий эксплуатации на динамику работы двигателя / *П.А. Болоев, Т.П. Гергенова, А.И. Аносова, П.И. Ильин* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06-08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 11 - 15.

4. *Егоров, И.Б.* Диагностирование двигателя внутреннего сгорания по форме и виду диаграммы прокручивания коленчатого вала / *И.Б. Егоров, П.И. Ильин, Ц.В. Цэдашиев* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах, Иркутск, 16-17 февраля 2023 года. Том II. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 68 - 72.

5. *Елтошкина, Е.В.* Метод преобразованного механизма для учёта влияния первичных ошибок на его самоустанавливаемость / *Е.В. Елтошкина* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодёжный, 25-26 апреля 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 198 - 204.

6. *Ильин, П.И.* Зависимость рабочих характеристик асинхронных двигателей осевых вентиляторов от частоты их вращения / *П.И. Ильин* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20-22 апреля 2021 года. Том 1 Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 232 - 235.

7. *Федоров, А.Л.* Диагностирование привода газораспределительного механизма автомобильных ДВС по параметрам изменения давления во впускном коллекторе : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / *А.Л. Федоров*, 2011. – 230 с.

8. *Ханхаев, Г.А.* Применение метода возмущений для идентификации динамических систем / *Г.А. Ханхаев, Е.В. Елтошкина, Т.В. Бодякина* // Прикладные вопросы математики в экономике, технике и сельском хозяйстве : Материалы студенческой научно-практической конференции, посвященной 90-летию Иркутского ГАУ, Иркутск, 22 мая 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 117 - 119.

9. *Шистеев, А.В.* Разработка стенда ультразвуковой очистки деталей двигателей внутреннего сгорания / *А.В. Шистеев* // Эпоха науки. – 2023. – № 33. – С. 49 - 54.

10. Application of galvanic zinc-iron coating in the repair of transport and technological machines / *D.M. Rozhkov, E.V. Eltoshkina, P.I. Ilyin, O.A. Svirbutovich* // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1022. – P. 181-193. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.1022.181.

Сведения об авторах

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89041292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru.

Information about the authors

Eltoshkina Evgenia V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of mathematics, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89041292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru.

УДК 631.3.004.6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Н.А. Поздняков, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. 3*D*-печать – это крайне перспективная технология, которая способна изменить принципы производства многих вещей. Помимо этого, использование 3D-принтеров существенно сократит время производства различных изделий и снизит их конечную стоимость.

В данной статье приведена актуальность 3*D*-печати при производстве запасных частей для ремонта машин и оборудования в АПК, основные виды 3*D*-печати: послойное наплавление, фотополимерная печать, селективное лазерное спекание, многоструйное моделирование. Приведена главная проблема физического хранения запасных частей, в отличие от цифровых запасных частей. Описаны сложности на пути расширения производства запчастей с помощью 3*D*-печати: отсутствие цифровых 3*D*-моделей деталей; недостаточные функциональные возможности современных 3*D*-принтеров, а именно ограничения в размерах создаваемых деталей, материалах для их изготовления, размерной точности изготовления, качестве поверхности. С учётом высоких темпов развития технологий 3*D*-печати в ближайшие годы эти сложности и проблемы будут в значительной мере снижены или полностью сняты.

Ключевые слова: цифровые запасные части, 3*D*-принтер, 3*D*-печать, ремонт, автотракторная техника, оборудование.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF REPAIR AND MAINTENANCE OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT USING DIGITAL SPARE PARTS

N.A. Pozdnyakov, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. 3D printing is an extremely promising technology that can change the principles of production of many things. In addition, the use of 3D printers will significantly reduce the production time of various products and reduce their final cost.

This article describes the relevance of 3D printing, the main types of 3D printing: layer-by-layer deposition, photopolymer printing, selective laser sintering, multi-jet modeling. The main problem of physical storage of spare parts, as opposed to digital spare parts, is presented. The difficulties in expanding the production of spare parts using 3D printing are described: the lack of digital 3D models of parts; insufficient functionality of modern 3D printers, namely, limitations in the size of the parts being created, materials for their manufacture, dimensional accuracy of manufacture, and surface quality. Given the high pace of development of 3D printing technologies in the coming years, these difficulties and problems will be significantly reduced or completely eliminated.

Key words: digital spare parts, 3D printer, 3D printing, repair, automotive machinery, equipment.

Введение. 3*D*-печать в настоящее время очень перспективная технология, которая способна изменить принципы производства многих вещей. Помимо этого, использование 3*D*-принтеров существенно сократит время производства различных изделий и снизит их конечную стоимость [3, 11]. Цифровизация ремонта автотракторной техники предполагает использование современных цифровых технологий в сфере технического обслуживания и ремонта техники и оборудования. Эта технология включает в себя применение автоматизированных систем, цифровых платформ, сбор и анализ данных для оптимизации процессов обслуживания и ремонта [12].

Результаты и обсуждение. При помощи трёхмерной печати создаются экспериментальные модели будущих запчастей и деталей, которые в дальнейшем позволяют произвести изделия идеального качества [8, 10]. Это возможно благодаря детальной проработке трёхмерного объекта во время его создания и печати готовой компьютерной модели, которая отличается высоким уровнем детализации [4].

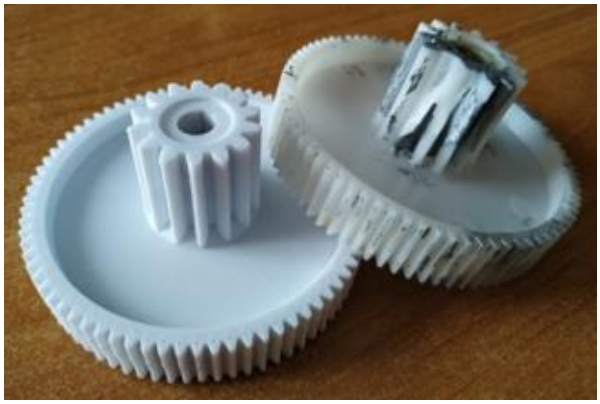


Рисунок 1 – **Напечатанная запасная деталь (шестерня) на 3*D*-принтере**

Основные виды 3*D*-печати:

1. Послойное наплавление (*FDM* / *FFF*). Термопластичный материал прогревается в печатной головке до полужидкого состояния и нитью выдавливается на поверхность;

2. Фотополимерная печать (*SLA* / *DLP* / *LCD*). В качестве сырья применяется жидкий фотополимер;

3. Селективное лазерное спекание (*SLS*). Исходным материалом является порошок, равномерно распределённый по плоскости. Под воздействием лазера порошок в нужных местах спекается;

4. Селективное лазерное сплавление (*SLM*). Лазер плавит слой металлического порошка, затем наносится новый слой порошка и плавление повторяется;

5. Многоструйное моделирование (*MLM*). В качестве исходного сырья может использоваться пластик, фотополимер и даже воск. Через мелкие сопла печатной головки материал подаётся на ровную поверхность [2].

В большей степени запчасти изготавливаются и поступают в продажу разными по размеру партиями, которые зачастую подлежат длительному хранению. Запчасти привязывают к себе значительную часть финансовых средств, при этом довольно сложно предугадать, когда и сколько запчастей потребуется [8]. Порой некоторые из них никогда не используются. Многие компании производят высоко индивидуальные запасные части, что ещё больше увеличивает количество запчастей и, таким образом, усложняет управление запасами.

Не исключено, что длительно хранящиеся на складе запасные части, уже не будут соответствовать эксплуатационным требованиям на тот момент, когда их будут устанавливать на сельхозтехнику или сельскохозяйственное оборудование [7]. Кроме того, нередко нужно проводить ремонт и техобслуживание машин и оборудования, которые уже настолько устарели, что запчасти для них больше не существуют, а изготовление таких запчастей являются дорогостоящим и длительным, особенно если для их изготовления требуются специальные инструменты, пресс-формы, литейные формы и т.п.

В полной мере решить эти проблемы может переход к концепции цифровых запчастей, т.е. к новой форме организации ремонта и техобслуживания, предполагающей хранение всех данных о запчастях в цифровом виде [6]. В соответствии этой концепции, запчасти изготавливаются в соответствии с реальными потребностями с помощью 3*D*-принтеров, которые обычно расположены близко к использованию. В данный момент к категории цифровых запчастей, изготовление которых с помощью 3*D*-печати является не только технологически возможным, но и экономически целесообразным [13].

Благодаря использованию цифровых запчастей повышается эффективность ремонта: улучшается доступность запчастей, сокращаются сроки их доставки, а изготовление отдельных деталей или небольших партий деталей станет экономически выгодным [1]. Помимо затрат на производство, важно также учитывать затраты от простоя, которые могут стать настолько значительными, что цена самой запчасти будет по сравнению с ними очень малой [15].

При необходимости цифровые запчасти могут быть изготовлены очень быстро, поскольку никаких специальных инструментов для их изготовления не требуется, а вся информация о запчастях доступна в цифровом формате [9]. Цифровые запчасти не занимают физические места в складских помещениях, а также сокращают сроки доставки и пути транспортировки. Использование цифровых запчастей также может снизить затраты, связанные с таможенным оформлением. Цифровое производство позволяет настроить детали по мере необходимости, делая возможным модернизировать и повысить износостойкость, универсальность

и так далее [5]. Цифровые запчасти также могут быть перепроектированы для оптимизации 3*D*-печати, поскольку каждой технологии 3*D*-печати соответствуют свои конструкции изготавливаемых деталей, оптимальные как по свойствам, так и по стоимости.

Главной сложностью на пути расширения производства запчастей с помощью 3*D*-печати является отсутствие цифровых 3*D*-моделей деталей, создание которых требует много времени и подготовленных профессиональных кадров. Переход на цифровые запчасти способствует увеличению скорости печати, более широкому выбору печатных материалов и более низкими ценами на их печатание. Более полная доступность печатных материалов и деталей может быть достигнута с помощью цифровой сети запчастей, например, как оригинальные каталоги физических автотракторных запасных частей [14].

В том числе имеется проблема, сдерживающая производство запчастей с помощью 3*D*-печати – это недостаточные функциональные возможности современных 3*D*-принтеров, а именно ограничения в размерах создаваемых деталей, материалах для их изготовления, размерной точности изготовления, качестве поверхности.

Следует ожидать, что с учётом высоких темпов развития технологий 3*D*-печати в ближайшие годы эти сложности и проблемы будут в значительной мере снижены или полностью сняты.

Выводы:

1. Более полная доступность печатных материалов и деталей может быть достигнута с помощью цифровой сети запчастей;

2. С помощью использования цифровых запчастей повышается эффективность ремонта и техобслуживания;

3. При необходимости цифровые запчасти могут быть изготовлены очень оперативно, что снизит простой автотракторной техники и оборудования.

Список литературы

1. *Бураев, М.К.* К методике оценки надежности логистических систем на предприятиях технического сервиса / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева* // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4 (83). – С. 46 - 53. – DOI 10.53980/24131997_2021_4_46.

2. Виды, технологии и классификация 3D-принтеров для успешной 3D-печати / habr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/823254/ - 07.09.2024.

3. Всё о 3*D*-печати. Аддитивное производство. Основные понятия / 3dtoday [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology - 10.09.2024.

4. Особенности 3*D*-моделирования для 3*D*-печати / digitalcraft3d [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digitalcraft3d.com/blog/3d-modelirovanie/osobennosti-3d-modelirovaniya-dlya-3d-pechati/ - 10.09.2024.

5. Повышение работоспособности системы подачи топлива трактора New Holland TD 5.110 / *И.Б. Егоров, Н.А. Поздняков, А.А. Рудых, Ц.В. Цэдашиев* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции : в IV томах, Иркутск, 17-18 февраля 2022 года. Том IV. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 51 - 58.

6. Проблемы качества 3D-печати / 3dpt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dpt.ru/page/faq - 10.09.2024.

7. Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева, А.И. Аносова* // Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3 (86). – С. 56 - 62.

8. *Пуляев, Н.Н.* Цифровизация в современных станциях технического обслуживания / *Н.Н. Пуляев, А.В. Куриленко, У.Н. Шакзада*. – Текст : электронный // Наука без границ. - 2021. -№ 4 (56). - С. 57-61. - URL: https://nauka-bez-granic.ru/No-4-56-2021/4-56-2021/.

9. Путеводитель по технологиям 3D-печати / compuart [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://compuart.ru/article/25392/ - 05.09.2024.

10. *Толочко, Н.К.* Концепция цифровых запчастей: зарубежный опыт технического сервиса / *Н.К. Толочко, О.В. Сокол* // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК, Минск, 06-07 июня 2019 года. – Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2019. – С. 24 - 27.

11. *Толочко, Н.К.* Цифровые технологии в техническом сервисе / *Н.К. Толочко, Н.Н. Романюк* // Цифровизация агропромышленного комплекса : Сборник научных статей, Тамбов, 10-12 октября 2018 года. Том 1. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2018. – С. 141 - 143.

12. *Федоренко, В.Ф.* Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники / *В.Ф. Федоренко, И.Г. Голубев*. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 137 с. - (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11459-1. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/542480 (дата обращения: 12.09.2024).

13. Что такое 3D-печать: просто о сложном / top3dshop [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://top3dshop.ru/blog/what-is-3d-printing.html - 10.09.2024.

14. *Шистеев, А.В.* Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / *А.В. Шистеев, М.К. Бураев* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 120 - 123.

15. To clarify the standards of spare parts for technical service of autotractors in zone conditions / *M. Buraev, A. Shisteev, A. Zhabin* [et al.] // E3S Web of conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 05001. – DOI 10.1051/e3sconf/202017505001.

Сведения об авторах

Поздняков Никита Андреевич – аспирант кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89994222742, e-mail: nick.pozdnyackcov2017@yandex.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

Information about authors

Pozdnyakov Nikita A. – postgraduate student of the department of technical service and general engineering disciplines of Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89994222742, e-mail: nick.pozdnyackcov2017@yandex.ru.

Buraev Mikhail K. – doctor of technical sciences, professor of the department of Technical Service and general engineering disciplines, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 8(3952)237431, e-mail: buraev@mail.ru).

УДК 629.113

КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА АВТОМОБИЛЕЙ *TOYOTA* ЧЕРЕЗ РАЗЪЁМЫ *DLC*1 И *DLC*2

А.С. Потапов, О.А. Свирбутович, В.Н. Ховайко, А.Е. Кушаев, А.А. Щербаков

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается способ компьютерной диагностики автомобилей *Toyota* через разъёмы *DLC*1 и *DLC*2, с использованием доступного, простого прибора для получения данных от блока управления двигателем и разработанного программного обеспечения *CarTester* 8000 *bychem* 407. Рассмотрен принцип его действия. Представлены методика теста автомобиля и результаты проведённых испытаний.

Современные производители автомобильного рынка постоянно стремятся увеличить показатели безопасности, а также сделать свои авто наиболее понятными и легкими в управлении. Для этого внедряются электронные схемы и создаются единые системы управления. Электронные микропроцессы нового поколения контролируют не только сигнализацию и подушки безопасности, но и работу двигателя, тормозной системы, трансмиссии и ходовой части.

Ключевые слова: компьютерная диагностика, автомобиль, *DLC*1, *DLC*2, методика, программное обеспечение.

COMPUTER DIAGNOSTICS OF TOYOTA CARS VIA DLC1 AND DLC2 CONNECTORS

A.S. Potapov, O.A. Svirbutovich, V.N. Khovaiko, A.E. Kushaev, A.A. Shcherbakov

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

Annotation. The article discusses a method for computer diagnostics of Toyota cars via DLC1 and DLC2 connectors, using an accessible, simple device for receiving data from the engine control unit and the developed CarTester 8000 bychem 407 software. The principle of its operation is considered. The vehicle test methodology and the results of the tests are presented.

Modern manufacturers of the automobile market constantly strive to increase safety indicators, as well as to make their cars more understandable and easier to operate. For this purpose, electronic circuits are introduced and unified control systems are created. Electronic microprocessors of the new generation control not only the alarm and airbags, but also the operation of the engine, brake system, transmission and chassis.

Key words: computer diagnostics, car, DLC1, DLC2, methodology, software.

Введение. Любая неисправность в автомобилях *Toyota*, возникающая в ходе эксплуатации может быть предупреждена на стадии профилактических работ, которые необходимо проводить периодически, в соответствии с режимом обслуживания [4, 5]. Своевременное выявление неисправностей позволяет избежать аварийных ситуаций, больших затрат на капитальный ремонт и других негативных последствий [6]. Однако учитывая сложности конструкции и высокую технологичность современных автомобилей *Toyota*, обнаружить неполадки

обычным визуальным осмотром практически невозможно. Точно оценить состояние рабочих узлов можно только с помощью компьютерной диагностики [7].

Материалы и методы. Обычные способы компьютерной диагностики, которая является частью полной и имеет несколько видов (поставарийная, плановая, предпродажная, предварительная) не подходят для старых двигателей автомобилей *Toyota* [1, 3].

Поэтому в данной работе рассмотрен диагностический способ с разработанным программным обеспечением *CarTester* 8000 *bychem* 407 на основе прибора (рисунок 1), соединяющего диагностический разъём *DLC*1 и стационарный компьютер, предложенный автолюбителями форума *Carina-e* [8].

Результаты и обсуждение. Для апробации данного диагностического способа нами были выполнены подготовительные работы к проведению испытания, которые включили в себя: подключение прибора к *DLC*1 (рисунок 2); включение зажигания (при этом индикатор неисправности двигателя должен моргать с частотой около 2 раз в секунду); запуск программы для считывания параметров (если все параметры не считываются, то необходимо проверить контакты) [9, 10].



Рисунок 1 – **Разъём прибора для чтения данных с ЭБУ двигателя через *DLC*1**

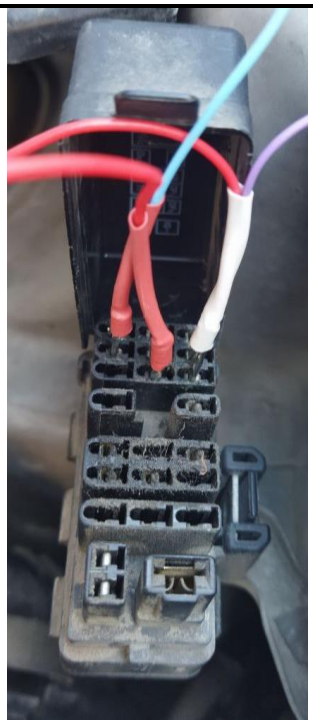


Рисунок 2 – **Пример подключения**

При проведении испытаний необходимо обратить внимание, что внизу кадра есть его номер, при этом цифры должны увеличиваться. В данный момент идёт запись параметров в память программы. Дальше остаётся только запустить двигатель и наблюдать принимаемые параметры (при этом индикатор неисправности двигателя должен погаснуть) [2].

Для удобства можно считанные данные просмотреть в графическом виде. Для этого выбирается соответствующий пункт меню и появляется новое окно. В этом окне можно выбрать до шести параметров для отображения в графическом виде.

В ходе проведённых исследований нами разработана методика проведения теста автомобиля, которая включает в себя следующие этапы:

1. Выключить все потребители (иначе корректировки впрыска могут сбить с толку)! Поставить автомобиль в *P* или *N*;

2. Прогреть двигатель до температуры не ниже 85 градусов и выключить двигатель;

3. Включить в программе <Запись> (включаем зажигание, записываем секунд 10-15 незаведённый двигатель (запись не останавливаем до конца теста));

4. Завести двигатель и ждать отключения пускового обогащения (параметр 11.0);

5. Установить обороты двигателя 2500-3000 (записываем 2,5-3 минуты);

6. Резко перевести в режим *XX*, выдернув щепочку (записываем *XX* 2,5-3 минуты);

7. Если авто с АКПП, жмём на тормоз, переводим селектор на *D* (записываем 2,5-3 минуты);

8. Выключаем двигатель (останавливаем / сохраняем запись).

Длительность этапов в 2,5-3 минуты требуются для стабилизации режимов работы двигателя.

Для проведения испытаний и проверки прибора было выбрано 2 автомобиля *Toyota Ipsum* 1998 года выпуска и *Toyota Vista* 1992 года выпуска. Пример и реализация подключения к *Toyota Ipsum* и процесс чтения данных показан на рисунках 2, 3 и 4.



Рисунок 3 – **Реализация подключения**

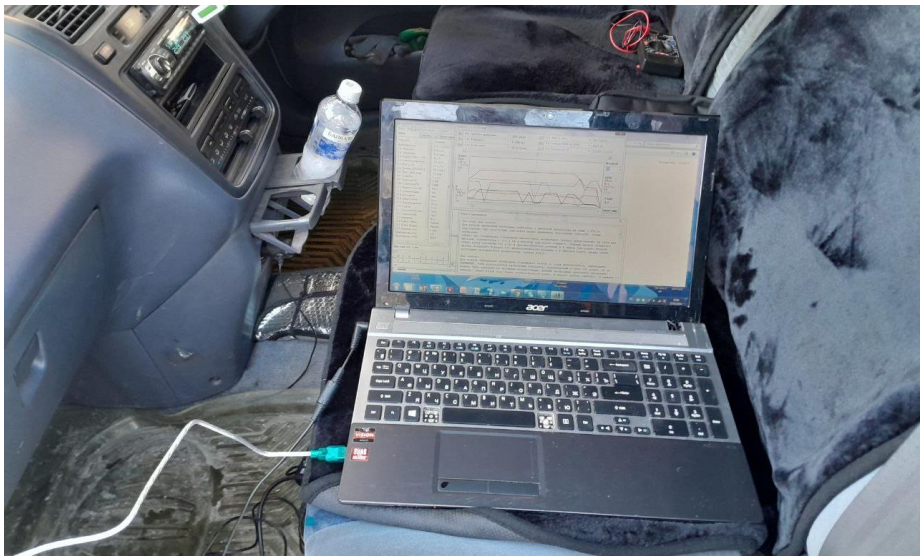


Рисунок 4 – **Процесс чтения данных**

При попытке подключения к *Toyota Vista* 1992 года выпуска была обнаружена особенность старых диагностических разъёмов, а именно отсутствие вывода данных с ЭБУ в едином потоке, что говорит об отсутствии возможности чтения данных в реальном времени через прибор.

При подключении была выявлена малая скорость передачи данных, что не помешало провести эксперимент, но повлияло на его точность. Так же заметна потеря данных, что возможно связано с качеством сборки прибора.

Из графиков видно чёткое изменение оборотов двигателя, топливную коррекцию, давление на впуске, динамическую корректировку угла опережения зажигания и работу клапана холостого хода (рисунок 5).

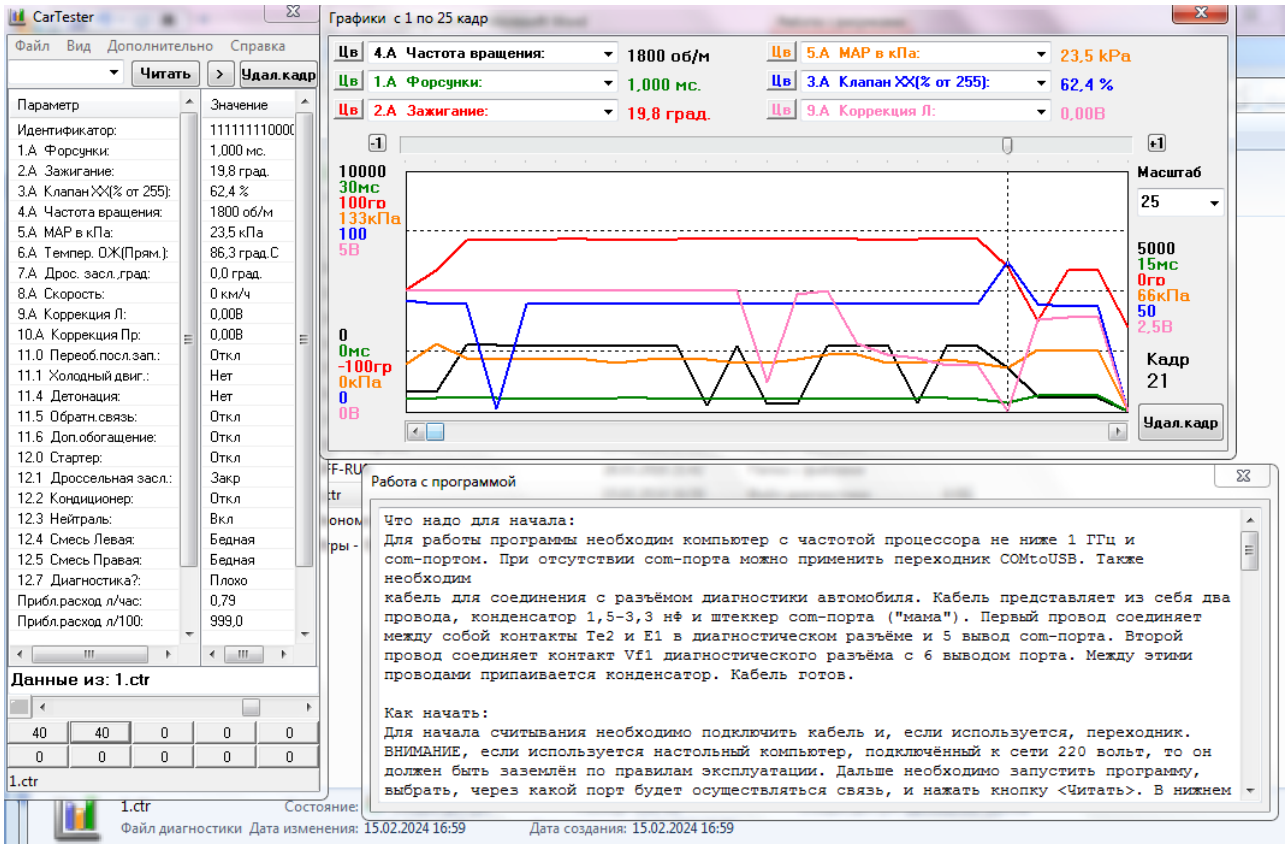


Рисунок 5 – **Полученные данные**

На основе экспериментов компьютерного диагностирования автомобилей *Toyota* программным обеспечением *CarTester* 8000 *bychem* 407 с помощью прибора, соединяющего разъём *DLC*1 и стационарный компьютер, можно сделать **выводы:**

1. Данный прибор позволит упростить выявление неисправностей в автомобилях марки *Toyota*, но конструкции данной разработки необходимы ряд изменений;

2. Программное обеспечение нуждается в развитии, поэтому необходимо: продолжить расшифровку протокола для получения большего количества данных; добавить возможность чтения импульсов лампы *checkengine*; использовать остальные контакты *DLC*1 и *DLC*2 для получения данных об всех электронных системах автомобиля.

Список литературы

1. Второй вариант исполнения прибора пользователя с форума Drive2.Электронный ресурс: [https: //www.drive2.ru/l/1807803/]; (дата обращения 17.02.2024).

2. *Потапов, А.С.* Исследование погрешности измерения угловой скорости вращения колёс автомобиля на диагностических стендах с беговыми барабанами с помощью ролика

следящей системы / *А.С. Потапов, О.А. Свирбутович, В.В. Винокуров* // Вестник ИрГТУ. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2017. № 3 (122) С. 166 - 173. Поступила в редакцию 09.01.2017.

3. Пример исполнения прибора пользователя с форума Drive2. Электронный ресурс: [https://www.drive2.ru/l/406224686388833299 7/]; (дата обращения 17.02.2024).

4. *Скляр, Д.* Для «Чайников». Ремонт и обслуживание автомобилей. / *Д. Скляр*. – М. : Вильямс, 2014. - 528 с.

5. *Скляр, Д.* Ремонт и обслуживание автомобилей для «Чайников» / *Д. Скляр*; Пер. с англ. И.В. Берштейн. – М. : Вильямс, Диалектика, 2012. - 528 с.

6. *Туревский, И.С.* Техническое обслуживание автомобилей. Т. 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: Учебное пособие / *И.С. Туревский*. – М. : ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с.

7. *Туревский, И.С.* Техническое обслуживание автомобилей.Т. 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: Учебное пособие / *И.С. Туревский.* – М. : ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 432 с.

8. *Федотов, А.И.* Диагностика автомобиля, учебник для студентов вузов / *А.И. Федотов*. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, - 2012. - 468 с.

9. Форум разработчика прибора и программы. Электронный ресурс: [https://carina-e.ru/viewtopic.php?t=1145]; (дата обращения 18.02.2024).

10. DLC1 назначение контактов. Электронный ресурс: [https: //www.drive2.ru/l/6880932/]; (дата обращения 17.02.2024).

Сведения об авторах

Потапов Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89025150608, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Свирбутович Ольга Александровна – кандидат социологических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-121, тел.: 89148706351, e-mail: olga_svirbutovich@mail.ru.

Ховайко Вадим Николаевич – студент группы ТЭАм-24 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89500950616, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Кушаев Алексей Евгеньевич – студент группы АСб-21-1 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89248217240, e-mail: Lesha.kushaev@mail.ru.

Щербаков Александр Андреевич – студент группы АСб-21-1 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-121, тел.: 89041237506, e-mail: mr.sawa123453@mail.ru.

Information about authors

Potapov Anton S. – candidate of technical sciences, associate professor of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel. 89025150608, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Svirbutovich Olga A. – candidate of sociological sciences, associate professor of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-121, tel. 89148706351, e-mail: olga_svirbutovich@mail.ru.

Khovaiko Vadim N. – student of the TEAm-24 groups of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel. 89500950616, e-mail: batoha32303@rambler.ru.
Kushaev Aleksey E. – student of the ASb-21-1 group of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel. 89248217240, e-mail: Lesha.kushaev@mail.ru.
Shcherbakov Aleksandr A. – student of group ASb-21-1 of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. FSBEI HE IRNITU, 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-121, tel. 8 9041237506, e-mail: mr.sawa123453@mail.ru.

УДК 629.113

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ *ТОЙОТА* ЧЕРЕЗ РАЗЪЁМЫ *DLC*1 И *DLC*2

А.С. Потапов, О.А. Свирбутович, В.Н. Ховайко, К.Д. Кондратьев, Д.А. Кубасов

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия

Аннотация. Процесс управления современным автомобилем стал более простым и понятным за счёт наличия электронных систем. Электроника регулирует все процессы и механизмы, начиная с сигнализации и заканчивая двигателем и подвеской.

Благодаря компьютерной диагностике электронного управления можно быстро и достоверно выявить неисправности авто Toyota и своевременно их устранить. В статье рассматривается доступное и простое устройство и методы получения данных о работе двигателя автомобилей *Toyota*. Представлена принципиальная схема прибора для получения данных от блока управления двигателем в режиме реального времени подключатемая к ЭБУ (электронным блокам управления) автомобиля через порт *OBD*-2. Принцип действия прибора для получения данных от блока управления двигателем.

***Ключевые слова*:** диагностика, автомобиль, *DLC*1, *DLC*2, электронный блок управления.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR CAR TOYOTA DIAGNOSTICS VIA DLC1 AND DLC2 CONNECTORS

A.S. Potapov, O.A. Svirbutovich, V.N. Khovaiko, K.D. Kondratyev, D.A. Kubasov

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

Annotation. The process of driving a modern car has become simpler and more understandable due to the presence of electronic systems. Electronics regulates all processes and mechanisms, from the alarm system to the engine and suspension.

Thanks to computer diagnostics of electronic control, it is possible to quickly and reliably identify faults in Toyota cars and eliminate them in a timely manner. The article examines an accessible and simple device and methods for obtaining data on the operation of the Toyota car engine.

The basic diagram of the device for receiving data from the engine control unit in real time is presented. It is connected to the ECU (electronic control units) of the car via the OBD-2 port. The principle of operation of the device for receiving data from the engine control unit.

Key words: Diagnostics, car, DLC1, DLC2, electronic control unit.

Введение. Обычные способы диагностирования работы старых двигателей автомобилей *Toyota* ограничивается самодиагностикой, которая имеет свои преимущества и недостатки [1]. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых методик и приборов, которые позволят упростить выявление неисправностей автомобилей марки *Toyota* в автосервисных предприятиях и в гаражах автолюбителей [6, 7, 8, 9].

Материалы и методы. Принцип самодиагностики заключается в замыкании контактов *TE*1 и *E*1. Замыкание данных контактов активирует режим чтения ошибок с приборной панели с помощью подсчёта морганий лампы *check engine*. Коды самодиагностики считываются по числу вспышек индикатора «*CHECK ENGINE*» при замкнутых выводах «*TE*1» - «*E*1» разъёма *DLC*1 под капотом или «ТС» - «*CG*» разъёма *DLC*3 под приборной панелью и включенном зажигании. Так же встречается разъём *DLC*2 в нём замыкаются «*TE*1» - «*E*1» [10].

Результаты и обсуждение. При отсутствии неисправности индикатор мигает с частотой 0,25 секунды.

При наличии неисправности индикатор выдаёт с начало десятки через 0,5 секунды, потом пауза 1,5 секунды и единицы с паузой 0,5 секунды.

При наличии двух и более кодов, пауза между ними 2,5 секунды.

После вывода всех кодов, наступает пауза 4,5 секунды, а затем коды повторяются. Плюсом данного метода является то, что для него необходимо лишь металлическая проволока. Минус самодиагностики старых автомобилей *Toyota*: малая информированность.

Более современные автомобили *Toyota* оснащены диагностическими разъёмами *OBD*-2, к которым могут подключаться как универсальные сканеры, так и дилерские оснащённые специальным программным обеспечением *Toyota Techstream*.

На автомобилях *Toyota* используется 3 вида диагностических разъёмов.

На автомобилях до 1992 года выпуска используется старый формат *DLC*1 с 17 контактами (рисунок 1), в зависимости от комплектации в них может отсутствовать контакт *Vf*1 или *TE*1 / 2, что делает невозможной диагностику с помощью данного прибора.

Автомобили после 1992 года комплектуются новой версией *DLC*1 с 22 контактами (рисунок 2) [4, 5, 10].

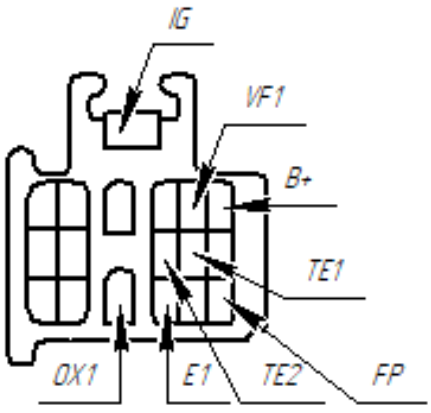


Рисунок 1 – ***DLC*1 до 1992 года**

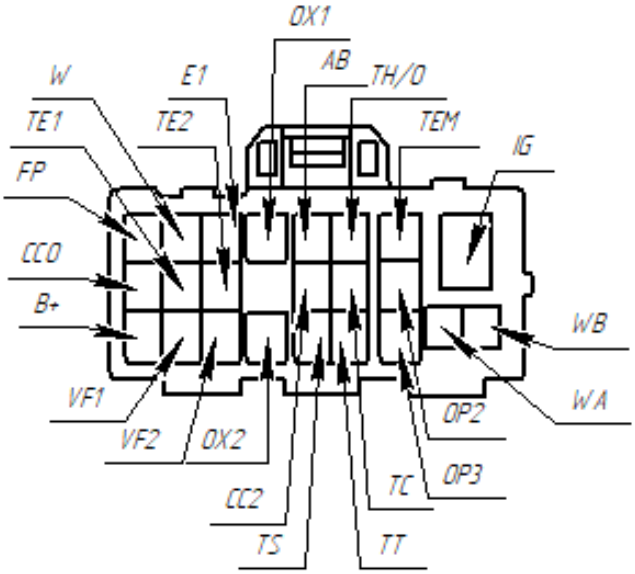


Рисунок 2 – ***DLC*1 после 1992 года**

Так же автомобили *Toyota* в салоне имеют диагностический разъём *DLC*2, он дублирует *DLC*1 и охватывает оборудование салона (рисунок 3).

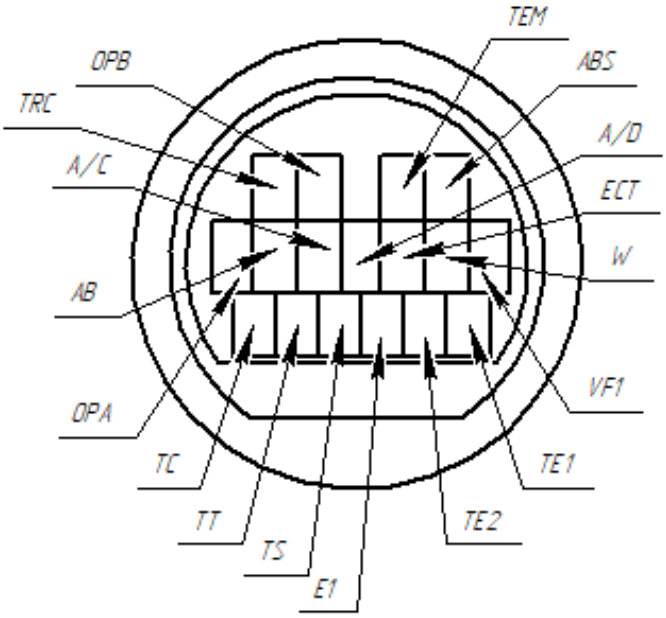


Рисунок 3 – ***DLC*2**

Назначение контактов в диагностических разъёмах [4]:

*E*1 – Отрицательный вывод АКБ;

B+ – Положительный вывод АКБ. Подаётся при включении зажигания;

IGN – Вывод коммутатора – возможно использование для считывания числа оборотов коленчатого вала ДВС;

*TE*1 – Вывод для чтения кодов системы впрыска (*EFI*);

*TE*2 – Диагностика: «*Test mode*»;

W – Вывод сигнальной лампочки *Check Engine*;

Ox – Вывод напряжения датчика кислорода;

Fp – Вывод для проверки работоспособности бензонасоса4

*Vf*1 – *Vf-feedback voltage* – контакт, с которого поступает информация о работе ЭБУ двигателя;

TC – Используется для считывания кодов самодиагностики дополнительного оборудования, установленного на автомобиле;

AB – Контакт, предназначенный для чистки кодов неисправностей системы *SRS*;

TS – Контакт, предназначенный для считывания кодов самодиагностики системы *ABS*;

TT – Контакт, предназначенный для диагностики АКПП;

*Vf*2, *CC*2, *Ox*2 – Контакты, дублирующие *Vf*1, *CC*0 и *Ox*1;

*OP*1 – Контакт, предназначенный для считывания кодов самодиагностики иммобилайзера;

TD – Контакт, предназначенный для проверки пневматической подвески;

WA / *WB* – Контакты, предназначенные для перемычки режима проверки;

TRC (*Traction Control*): контактная шина отвечает за систему управления тракцией, которая помогает улучшить управляемость и предотвращать слишком активное вращение колёс на слабых дорожных условиях;

OPB (*Oil Pressure*): контактная шина контролирует давление масла в двигателе. При снижении давления или его отсутствии, система предупреждает водителя о необходимости проверить масляный фильтр или добавить масло;

TEM (*Transmission Electronic Module*): контактная шина связывает трансмиссионный модуль с другими системами автомобиля, обеспечивая управление передаточными отношениями и переключением передач;

ABS (*Anti-lock Braking System*): контактная шина отвечает за систему противобуксовочного торможения, которая предотвращает замораживание колёс при резком торможении, позволяя управлять автомобилем более стабильно;

OPA (*Oil Pressure Alert*): контактная шина связана с предупреждением о давлении масла. Оно включается, когда давление масла падает ниже определённого уровня, предупреждая водителя о необходимости проверить систему масляного оборота;

AB (*Air Bag*): контактная шина связана с системой безопасности автомобиля, включая подушки безопасности и сигнализацию опасности;

A / *C* (*Air Conditioning*): контактная шина контролирует систему климатического контроля, обеспечивая комфорт водителю и пассажирам при различных погодных условиях;

A / *D* (*Air Distributor*): контактная шина отвечает за распределение воздуха в системе климатического контроля, обеспечивая правильный обмен воздухом в салоне автомобиля;

ECT (*Engine Coolant Temperature*): контактная шина контролирует температуру охлаждающей жидкости двигателя. Система регулирует температуру, чтобы поддерживать оптимальные условия работы двигателя.

Автолюбители с форума *Carina-e* [11, 12] смогли расшифровать почти всю кодировку информации, поступающей от электронного управления двигателем к диагностическому разъёму *DLC*1. Ими был предложен диагностический способ и разработано программное обеспечение *CarTester* 8000 *bychem* 407. Так же

ими была представлена конструкция прибора, соединяющего диагностический разъём *DLC*1 и стационарный компьютер (рисунок 4 и 5).

Прибор представляет собой 3 провода, 3 ножевых клеммы, конденсатор ёмкостью 3,3 нФ, разъём *RS*232 *DB*9-*M*, и конвертер данных *RS*232 *to USB*. Конденсатор требуется для гашения помех [1, 3].

Программное обеспечение реализовано на расшифровке битов информации, поступающих на контакт *VF*1 от ЭБУ двигателя [5].

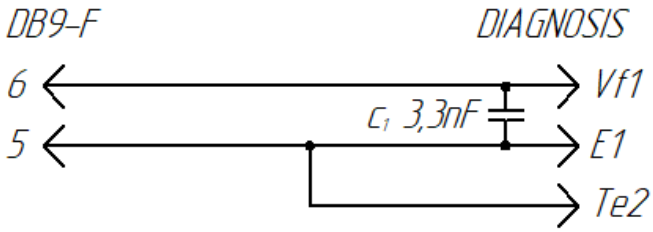


Рисунок 4 – **Принципиальная схема прибора для чтения данных с ЭБУ двигателя через *DLC*1**

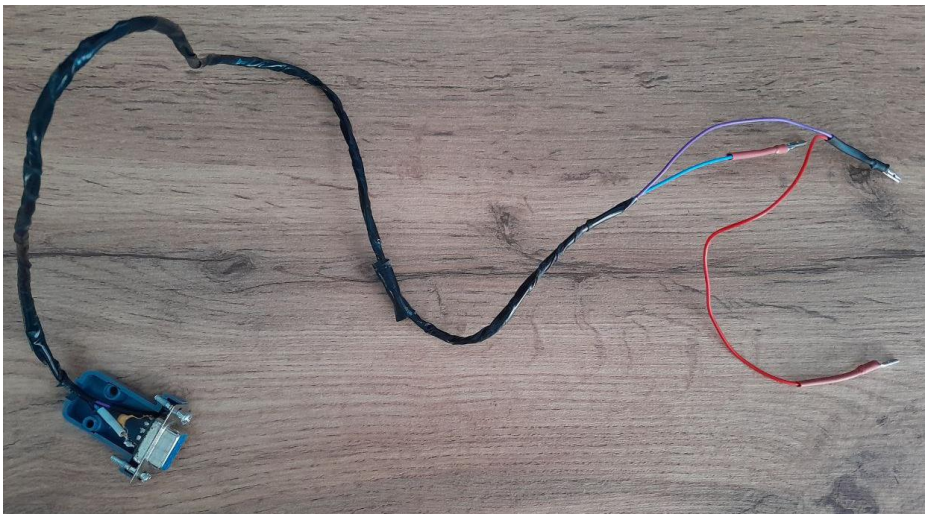


Рисунок 5 – **Разработанный прибор для чтения данных с ЭБУ двигателя через *DLC*1**

Интерфейс программы *CarTester* (рисунок 6) позволяет в реальном времени отслеживать такие данные, как: время открытия форсунок, угол опережения зажигания, работу клапана холостого хода, частоту вращения коленчатого вала двигателя, давление *MAP* сенсора, температуру ОЖ, скорость автомобиля, коррекции форсунок, детонацию ДВС, качество топливовоздушной смеси, расход топлива, положение дроссельной заслонки, работу кондиционера, работу стартера и дополнительного обогащения топлива [3, 11, 12].

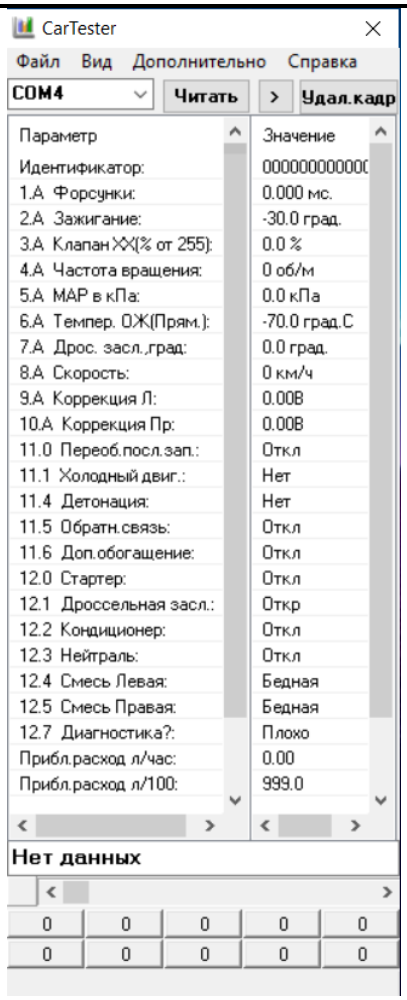


Рисунок 6 – **Общий интерфейс программы *CarTester***

Данные выводятся списком, в программе предусмотрен вывод данных в графические виды ради удобства восприятия информации (рисунок 7). Они могут быть представлены графиками (назначение каждого графика настраивается отдельно), или же ездовыми параметрами (рисунок 8), с привычных всех автолюбителей интерфейсом под приборную панель автомобилей [8].

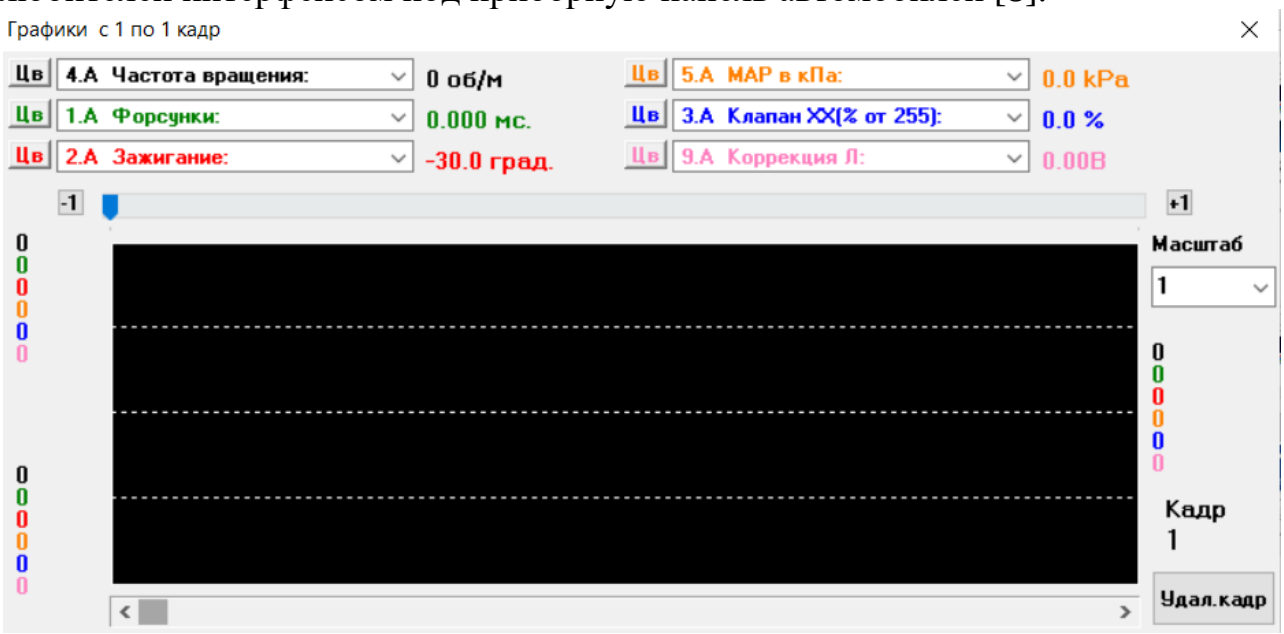


Рисунок 7 – **Вывод данных в графическом виде**

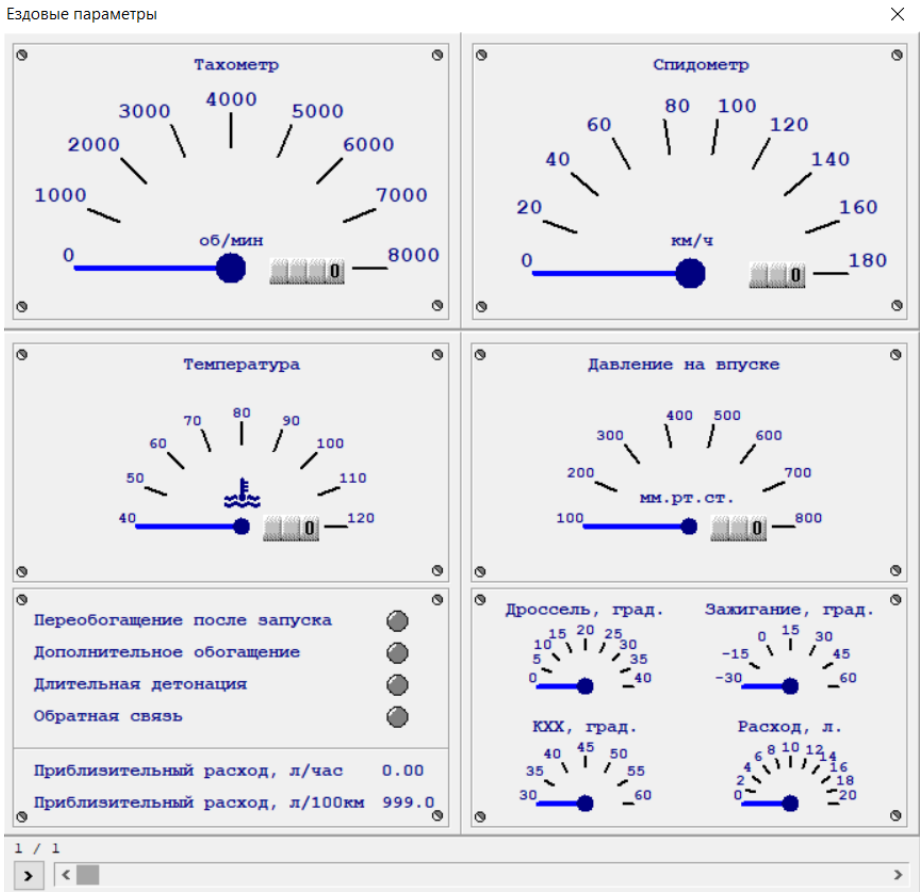


Рисунок 8 – **Вывод данных ездовых параметров**

Все данные диагностики можно сохранять в формате *CarTester* или *Excel* [2]. В настройках программы *CarTester* можно выбрать тестируемый двигатель или назначить свои настройки и вывод показателей в нужном формате (рисунок 9).

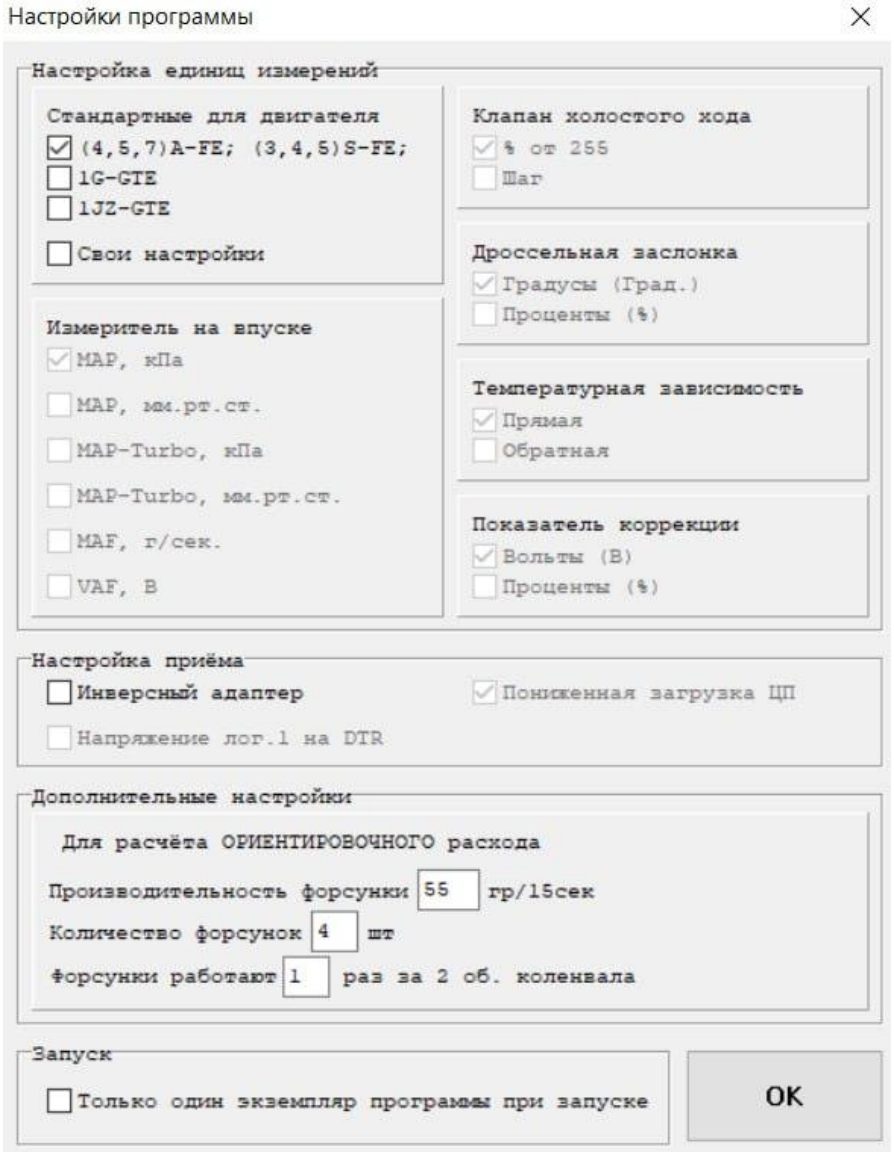


Рисунок 9 – **Настройки программы**

Заключение. Проанализировав предложенный диагностический способ, разработанное программное обеспечение *CarTester* 8000 *bychem* 407 и представленную конструкцию прибора, можно сделать вывод, что данная разработка при всех своих преимуществах требует ряда доработок:

1. Необходим конвертер данных с высокой пропускной способностью;

2. Ножевые клеммы стоит заменить на распечатанный на 3*D*-принтере ответный разъём;

3. Предохранители от высоких скачков напряжения бортовой сети автомобиля.

При устранении недостатков данный прибор позволит значительно упростить выявление неисправностей в автомобилях марки *Toyota*.

Список литературы

1. Второй вариант исполнения прибора пользователя с форума Drive2.Электронный ресурс: [https: //www.drive2.ru/l/1807803/]; (дата обращения 17.02.2024).

2. *Потапов, А.С.* Исследование погрешности измерения угловой скорости вращения колёс автомобиля на диагностических стендах с беговыми барабанами с помощью ролика

следящей системы / *А.С. Потапов, О.А. Свирбутович, В.В. Винокуров* // Вестник ИрГТУ. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2017. № 3 (122) С. 166 - 173. Поступила в редакцию 09.01.2017.

3. Пример исполнения прибора пользователя с форума Drive2. Электронный ресурс: [https://www.drive2.ru/l/4062246863888332997/]; (дата обращения 17.02.2024).

4. *Скляр, Д.* Для «Чайников». Ремонт и обслуживание автомобилей. / *Д. Скляр*. – М. : Вильямс, 2014. - 528 с.

5. *Скляр, Д.* Ремонт и обслуживание автомобилей для «Чайников» / *Д. Скляр*; Пер. с англ. И.В. Берштейн. – М. : Вильямс, Диалектика, 2012. - 528 с.

6. Патент на полезную модель № 30165 U1 Российская Федерация, МПК F02B 77/00. Компьютерный диагностический комплекс для диагностирования двигателей внутреннего сгорания при прокручивании коленчатого вала : № 2002126501/20 : заявл. 10.10.2002 : опубл. 20.06.2003 / *П.И. Ильин, И.П. Терских, А.И. Федотов* [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение Иркутская государственная сельскохозяйственная академия.

7. Трекер для измерения параметров работы автомобиля в движении / *С.Н. Кривцов, П.И. Ильин, А.И. Тирских* [и др.] // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 36. – С. 11-20.

8. *Туревский, И.С.* Техническое обслуживание автомобилей. Т. 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: Учебное пособие / *И.С. Туревский*. – М. : ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с.

9. *Туревский, И.С.* Техническое обслуживание автомобилей.Т. 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: Учебное пособие / *И.С. Туревский.* – М. : ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 432 с.

10. *Федотов, А.И.* Диагностика автомобиля, учебник для студентов вузов / *А.И. Федотов*. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, - 2012. - 468 с.

11.Форум разработчика прибора и программы. Электронный ресурс: [https://carina-e.ru/viewtopic.php?t=1145]; (дата обращения 18.02.2024).

12. DLC1 назначение контактов. Электронный ресурс: [https: //www.drive2.ru/l/6880932/]; (дата обращения 17.02.2024).

Сведения об авторах

Потапов Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89025150608, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Свирбутович Ольга Александровна – кандидат социологических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-121, тел.: 89148706351, e-mail: olga_svirbutovich@mail.ru.

Ховайко Вадим Николаевич – студент группы ТЭАм-24 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89500950616, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Кондратьев Константин Дмитриевич – студент группы АСб-21-1 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-020, тел.: 89149145585, e-mail: kostya-kondratiev38@mail.ru.

Кубасов Денис Алексеевич – студент группы АСб-21-1 кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет. ФГБОУ ВО ИРНИТУ, 664074, Россия, Иркутская область, Иркутск, Лермонтова, 83, К-121, тел.: 89149503704, e-mail: Kubasov.ang@mail.ru.

Information about authors

Potapov Anton S. – candidate of technical sciences, associate professor of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel.: 89025150608, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Svirbutovich Olga A. – candidate of sociological sciences, associate professor of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-121, tel.: 89148706351, e-mail: olga_svirbutovich@mail.ru.

Khovaiko Vadim N. – student of the TEAm-24 group of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel.: 89500950616, e-mail: batoha32303@rambler.ru.

Kondratiev Konstantin D. – student of the ASb-21-1 group of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-020, tel.: 8 9149145585, e-mail: kostya-kondratiev38@mail.ru.

Kubasov Denis A. – student of the ASb-21-1 group of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university. 664074, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Lermontov, 83, K-121, tel.: 8 9149503704, e-mail: Kubasov.ang@mail.ru.

УДК 631.356.4:658.562

О ПРОБЛЕМАХ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ И НАПРАВЛЕНИЯХ ИХ РЕШЕНИЙ

И.А. Сусликов, А.В. Кузьмин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Картофелеводство относится к значимым отраслям сельского хозяйства. Важным этапом является уборка картофеля. Механизация этого процесса позволяет повысить эффективность производства картофеля, однако остаётся нерешённой проблема уменьшения механических потерь. Пути модернизации ориентированы на совершенствование органов сепарации и связаны с изменением конструкции органов или режимов их работы. Перспективным направлением является применение композитных материалов. Уменьшение механических потерь достигается за счёт повышения ударной вязкости и упругих свойств прутков из композитного материала.

Ключевые слова: картофель, картофелеуборочная техника, сельское хозяйство, модернизация, композитные материалы.

ABOUT THE PROBLEMS OF POTATO HARVESTING AND THE DIRECTIONS OF THEIR SOLUTIONS

I.A. Suslikov, A.V. Kuzmin

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Potato growing is one of the significant branches of agriculture. An important stage is potato harvesting. Mechanization of this process allows to increase the efficiency of potato production, however, the problem of reducing mechanical losses remains unsolved. Modernization

paths are focused on improving the separation organs and are associated with changing the design of the organs or their operating modes. A promising direction is the use of composite materials. Reduction of mechanical losses is achieved by increasing the impact strength and elastic properties of rods made of composite material.

***Key words*:** potatoes, potato harvesting equipment, agriculture, modernization, composite materials.

Введение. Одним из приоритетных векторов развития экономики России в целом и её продовольственной независимости в частности является увеличение производства сельскохозяйственной продукции [13]. Картофель относится к одним из самых потребляемых продуктов питания. Он возделывается в более чем 100 странах. По различным оценкам, ежегодно в мире собирают более 300 миллионов тонн картофеля, и Россия занимает в этом процессе одно из ведущих мест (до 14 % от всего производимого продукта) [3]. Такое широкое распространение картофелеводства обусловлено несколькими причинами: возможностью выращивать культуру в большом климатическом диапазоне, на разных типах почв, хорошей урожайностью, особенно в районах умеренного пояса, широтой использования. Картофель является не только продуктом питания, но и используется в животноводстве в качестве корма, а также является сырьём для пищевой промышленности [10].

Материалы и методы. Выращивание картофеля – высокотехнологичный и поэтапным процесс. Условно его можно разделить на несколько этапов. Это вспашка, подготовка семян с дальнейшей их посадкой, уход за посадками и, конечно же, уборка полученного урожая с последующим хранением. Неэффективность любого из этих этапов может стать причиной неэффективности всей технологической цепочки. К наиболее значимым факторам возможной нерентабельности выращивания картофеля могут быть отнесены сравнительно низкий уровень производства высококачественного семенного материала, распространённость болезней и вредителей, недостаточная эффективность мероприятий по уборке картофеля, связанная с недостаточной оснащённостью производителей технологическими комплексами, ненадлежащее соблюдение условий доработки и хранения картофеля [2, 3].

Результаты и обсуждение. Критическим этапом, с точки зрения трудозатрат, является уборка картофеля (до 70 % всех трудозатрат) [8, 10, 11, 12]. Механизация только этого процесса позволяет снизить трудоёмкость и повысить эффективность производства картофеля в целом. Следует отметить, что климат Сибири существенно сужает сроки проведения уборочных работ, что подчёркивает актуальность применения сельскохозяйственной техники. Однако при механизации уборки остаётся нерешённой проблема уменьшения механических потерь, которые в результате работы картофелеуборочной техники достигают 40 % [1]. К механическим повреждениям относятся обдир кожуры, вырывы, разрезы, вмятины, потемнениями мякоти и другие повреждения [10], из которых наибольшее число повреждений приходится именно на потемнение мякоти глубиной до 5 мм и свыше (до 70 % всех повреждений) [10]. Чаще всего такие повреждения наблюдаются при соударении клубней о рабочие поверхности при перепадах.

Таким образом, важным условием является обеспечение баланса между агротехническими требованиями, предъявляемыми к процессу уборки картофеля и возможностями современной техники [8]. Например, повышение чистоты клубней в таре не всегда сопровождается минимизацией повреждений клубней и плохо сочетается с высокой скоростью движения агрегатов.

Механические повреждения клубней являются комплексной проблемой. Повреждения клубней зависят от выращиваемого сорта, степени зрелости клубней, качества почвы, влажности и погодных условий, применения той или иной уборочной техники. При помощи математических расчётов было установлено [10], что из всей совокупности факторов больше всего повреждаемость картофеля зависит от особенностей конструкции применяемой уборочной техники (рисунок 1).

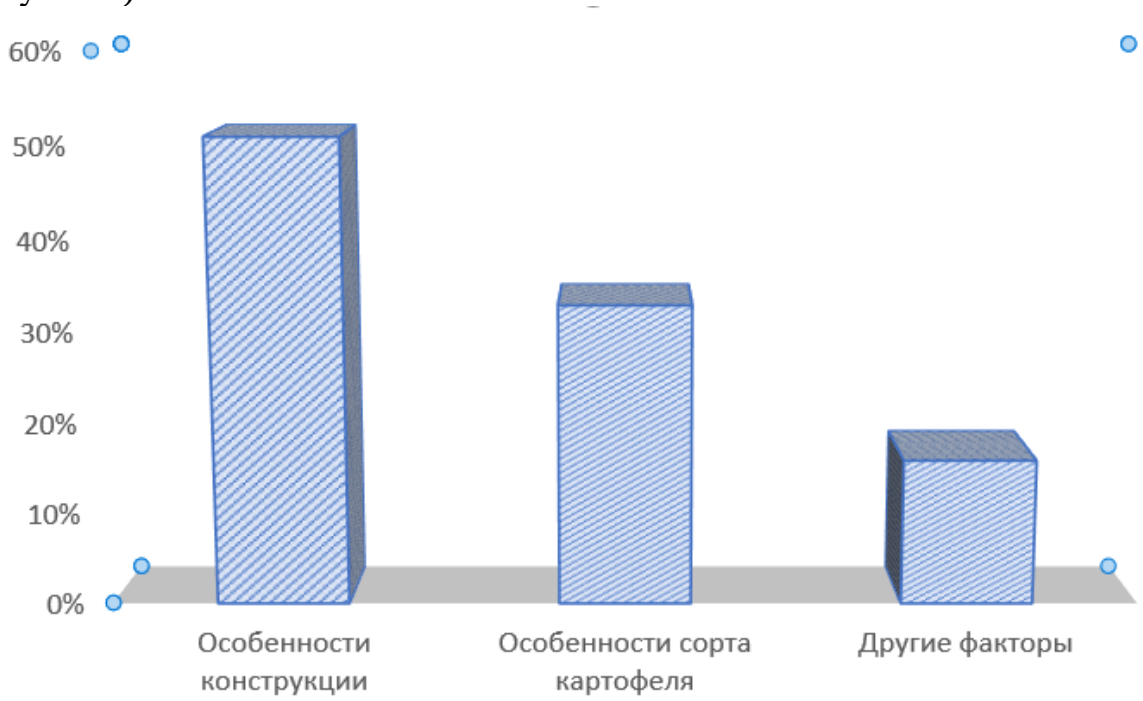


Рисунок 1 – **Факторы, влияющие на повреждаемость клубней (в %)**

Согласно данным литературы, наиболее перспективными направлениями являются работы, ориентированные на совершенствование подкапывающего рабочего органа и сепарирующих рабочих органов [1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Однако так как наибольшее количество повреждений зафиксировано именно при сепарации, данному направлению уделяется приоритетное внимание. Применяются различные способы модернизации, связанные с изменением конструкции рабочих органов или режимов их работы (частоты вращения валов сепаратора, скорости движения рабочих органов, угла наклона сепарирующих поверхностей, степени перекрытия пальцев, количества валов и др.) [7, 8, 10, 11, 12]. Внедряя новые или модернизированные рабочие органы, например, такие как ворошители активного типа, интенсивно перемещающие ворох вдоль прутков, можно добиться уменьшения повреждений клубней. Изменение конструкции сортировочного барабана тоже существенно способствует снижению механических потерь. Предлагаются варианты с отдельными секционными элементами и возможностью радиального изменения положения, что обеспечивает требуемый

рабочий зазор. Появление прутков сложной формы, которые увеличивают эффективность разделения почвы и картофельной массы, также влияет на эффективность уборки.

Кроме того, наблюдается тенденция к снижению массы не только картофелеуборочной, но и всей сельскохозяйственной техники в целом, что приведёт к улучшению проходимости, за счёт уменьшенного тягового сопротивления и косвенно повлияет на повреждаемость клубней в виду возможности использования облегчённых рабочих органов.

Снижение механических потерь при сепарации может быть достигнуто использованием новых материалов, таких как резина, пластик, стекловолокно. Перспективным и малоисследованным направлением является применение композитных материалов [4, 5, 14]. Композитные материалы состоят из нескольких слоёв, имеющих сильную межслойную связь слоя-наполнителя и слоя-матрицы. За счёт сочетания в одном материале слоёв с разными параметрами образуется новый продукт со свойствами, отличными от характеристик каждого слоя в отдельности. Композитные материалы различают по структуре на слоистые, волокнистые, упрочненные частицами и по матрице: на композиты с полимерной, керамической или металлической матрицей.

В сельском хозяйстве применение композитных материалов охватывает не все возможные направления. На данный момент из них изготавливаются кузовные элементы тракторов и другие различные навесные детали. При некоторых видах ремонта, в качестве альтернативы традиционным методам, используются композитные материалы, такие как эпоксидные клеевые композиции [14]. Это особенно актуально при ремонте различных трещин и пробоин. Однако такие композиции всё ещё остаются малоизученными и нуждаются в различных испытаниях с целью определения таких параметров, как предел сжатия, предел упругости, прочности, текучести и др. [5].

Ряд предприятий уже работает над созданием композитных материалов с антифрикционными свойствами, которые могут быть использованы в качестве подшипников трения и других деталей [5].

Применение композитных материалов в области картофелеуборочной техники на данный момент находится на стадии разработки. При подготовке данной работы была встречена только одна статья [4], где рассматривались физико-механические свойства композитов, используемых для внедрения в качестве материала рабочего органа картофелеуборочной техники. Было установлено, что применение такого рода материалов в целом положительно влияет на качество сепарации [4]. Это достигается за счёт повышенных ударной вязкости и упругих свойств прутков, в которых был использован композитный материал.

Закдючение. Таким образом, исследования физико-механических свойств деталей, изготавливаемых из композитных материалов и возможностей их применения в картофелеуборочной технике с целью снижения механических потерь, является перспективным направлением модернизации сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / *А.А. Симдянкин* [и др.] // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета – 2015. - №. 114. − С. 120 - 143. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25280392_46023843.pdf (дата обращения: 15.09.2024).

2. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / *А.В. Коршунов* [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 3 (32). – С. 12 - 20. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-i-prioritetnye-napravleniya-razvitiya-kartofelevodstva (дата обращения: 17.09.2024).

3. *Девяткина, Л.Н.* Производство картофеля: глобальные и национальные дискусы / *Л.Н. Девяткина*. – Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 5 (84). – С. 122 - 134. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_34908652_97586800.pdf – 18.09.2024.

4. Исследование свойств композиционных материалов, применяемых в картофелеуборочных машинах / *Н.С. Жбанов* [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. Костычева. – 2020. - №. 2 (46). − С. 69 - 75. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43137346 – 18.09.2024.

5. *Борисов, Г.А.* Применение современных неметаллических композиционных материалов для автотракторной и сельскохозяйственной техники / *Г.А. Борисов, И.Н. Колодяжная* // Вестник ФГБОУ ВПО РГАТУ, № 3 (15), 2012. – 2012. - № 3 (15). – С. 44 - 45. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sovremennyh-nemetallicheskih-kompozitsionnyh-materialov-dlya-avtotraktornoy-i-selskohozyaystvennoy-tehniki – 18.09.2024.

6. *Канатьева, А.В.* Перспективные направления интенсификации подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / *А.В. Канатьева, Д.А. Лапин, А.С. Лучина, М.А. Фархатов* // Молодой ученый. – 2017. - № 11.3 (145.3). – С. 7 - 10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://moluch.ru/archive/145/40844/ (дата обращения: 19.09.2024).

7. *Кузьмин, А.В.* Анализ работы роторного сепаратора картофелекопателя / *А.В. Кузьмин, В.А. Беломестных* // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конф., посвященной дню российской науки – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2020. − С. 102 - 106. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42779511_42331063.pdf (дата обращения: 10.09.2024).

8. Новые технические решения сепарирующих органов картофелеуборочных машин / *Б.А. Нефедов* [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. - №. 124 (10). − С. 1 - 20. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnicheskie-resheniya-separiruyuschih-organov-kartofeleuborochnyh-mashin – 18.09.2024.

9. Повышение эксплуатационно-технологических показателей транспортной и специальной техники на уборке картофеля [Электронный ресурс] / *Г.К. Рембалович* [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. - № 88. – С. 155 - 164. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf (дата обращения: 15.09.2024).

10. *Остроумов, С.С.* Направления развития картофелеуборочных машин с целью снижения повреждаемости картофеля / *С.С. Остроумов, А.В. Кузьмин, М.К. Бураев.* – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – 227 с.

11. Совершенствование картофелеуборочной техники / *О.А. Тетерина* [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. - №. 182 (08). − С. 1 - 10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-kartofeleuborochnoy-tehniki – 18.09.2024.

12. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / *Н.В. Бышов* [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. - №. 89 (05). − С. 2 - 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-i-prakticheskie-osnovy-primeneniya-sovremennyh-separiruyuschih-ustroystv-so-vstryahivatelyami-v-kartofeleuborochnyh – 18.09.2024.

13. Федеральная научно - техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minobrnauki.gov.ru/about/deps/dkdovssn/federalnaya-nauchno-tekhnicheskaya-programma-razvitiya-selskogo-khozyaystva-na-2017-2025-gody/ (дата обращения: 18.09.2024).

14. *Чуприкова, А.А.* Восстановление деталей сельскохозяйственной техники полимерными материалами / *А.А. Чуприкова, Ю.С. Поветкина, М.Ю. Фунбаю* // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск, 2020. – Т. II. – С. 286 - 289. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44779520 – 18.09.2024.

Сведения об авторах

Сусликов Иван Александрович – аспирант кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89041379149, email: markovnik1998@mail.ru).

Кузьмин Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89503835361, email: Kuzmin_burgsha@mail.ru).

Information about the author

Suslikov Ivan A. – graduate student of the department «Technical service and general engineering disciplines» (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel.: 89041379149, email: markovnik1998@mail.ru).

Kuzmin Alexander V. – doctor of technical sciences, professor of the department «Technical service and general engineering disciplines» (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel.: 89503835361, email: Kuzmin_burgsha@mail.ru).

УДК 631.3; 621.789

СТРУКТУРА РЕЖУЩИХ ЧАСТЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛИ 30*MnB*5 ПОСЛЕ НАПЛАВКИ РЕЛИТА С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЗАКАЛКОЙ

[1]С.А. Яковлев, [1]Е.В. Сидоров, [2]Б.В. Кузнецов, [3]И.А. Сагитов

[1] ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина
Ульяновск, Россия
[2]ООО «Буинский машиностроительный завод»
Буинск, Россия
[3]ООО «Сенгилеевский цементный завод»
п. Сенгилей, Сенгилеевский р-он, Ульяновская обл., Россия

Аннотация. В России особо остро стоит проблема повышения ресурса рабочих

органов почвообрабатывающей техники. Износостойкость деталей почвообрабатывающей сельскохозяйственной техники отечественного производства из-за низкой твёрдости 45-48 *HRC* после термообработки не обеспечивается их достаточный ресурс.

В работе приведены данные анализа применяющихся материалов и технологий при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающей техники и их режущих частей. Представлены результаты исследований структуры режущих частей на примере лап культиваторов КПИР-3,6 и КПУ-5,4, изготовленных из стали 30*MnB*5 после наплавки зернового релита «ЛВЗ»-Т3 У-11-7 ТУ 197250-001-76942199-2006 и последующей закалки.

Ключевые слова: почвообрабатывающая техника, рабочий орган, режущая часть, сталь, наплавка, закалка, структура, прочность, твёрдость.

STRUCTURE OF CUTTING PARTSOF WORKING ORGANS OF SOIL TILLAGE EQUIPMENT MADE FROM 30MnB5 STEEL AFTER OVERLAYING RELITT WITH SUBSEQUENT HARDENING

[1]S.A. Yakovlev, [1]E.V. Sidorov, [2]B.V. Kuznetsov, [3]I.A. Sagitov

[1]FSBEI HE Ulyanovsk SAU named after P.A. Stolypin
Ulyanovsk, Russia
[2]Buinsky Machine-Building Plant
Buinsk, Russia
[3]Sengileevsky cement plant
Sengilei village, Sengileevsky district, Ulyanovsk region, Russia

Annotation. In Russia, the problem of increasing the resource of working parts of tillage equipment is particularly acute. The wear resistance of parts of domestically produced soil-cultivating agricultural machinery due to low hardness of 45-48 HRC after heat treatment does not ensure their sufficient service life.

The paper presents analysis data of the materials and technologies used in the manufacture of working bodies of soil-cultivating equipment and their cutting parts. The results of studies of the structure of cutting parts are presented using the example of the paws of the KPIR-3.6 and KPU-5.4 cultivators, made of 30MnB5 steel after surfacing grain relit «LVZ»-T3 U-11-7 TU 197250-001-76942199 -2006 and subsequent hardening.

Key words: tillage equipment, working element, cutting part, steel, surfacing, hardening, structure, strength, hardness.

Введение. При изготовлении рабочих органов отечественной почвообрабатывающей техники применяют в основном конструкционные качественные стали, а также стали обыкновенного качества. Так лапы культиваторов, а также сферические диски дисковых борон или лущильников изготавливают обычно из рессорно-пружинных сталей 60Г2 и 65Г, лемеха плугов – из лемешных сталей Л-56 и Л-53, отвалы плугов – из стали Ст 2, полевые диски плугов – из стали Ст6. Эти конструкционные материалы характеризуются «Высокими технологическими, механическими и эксплуатационными свойствами, а также относительно низкой стоимостью, что не приводит к значительному удорожанию» [1, 10] почвообрабатывающих машин.

Материалы и методы. Анализ показал [2], что у иностранных производителей рабочие органы почвообрабатывающей техники всё чаще изготавливаются из борсодержащих сталей 30*MnB*5, 32*CrB*4 (*DIN EN* 10083-3 версия 1-2009). Эти

стали характеризуются ещё более высокой технологичностью и лучшими эксплуатационными свойствами, а также достаточно низкой ценой. Использование борсодержащих сталей при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающей техники приводит к увеличению прочности и стойкости этих органов к абразивному истиранию. Дополнительной положительной особенностью борсодержащих сталей является их высокая прокаливаемость при выполнении термической обработки. Прокаливаемость борсодержащих сталей наиболее выражена у низкоуглеродистых сталей. Увеличение содержания углерода уменьшает эффект прокаливаемости за счёт бора, и у эвтектоидных сталей такой эффект практически отсутствует [3].

Результаты и обсуждение. Для увеличения эксплуатационных свойств почвообрабатывающих рабочих органов в России в основном применяют технологии объёмной закалки всего изделия, а также закалки ТВЧ его режущих частей. Такие же способы упрочнения при изготовлении рабочих органов используют европейские и другие производители, например, при производстве лап культиваторов *John Deere* [2]. Перечисленные выше способы повышения долговечности не обеспечивают, в виду получаемой при упрочнении однородности структуры режущих частей, «Эффект самозатачивания» в процессе работы рабочих органов [4, 5].

Для обеспечения эффекта самозатачивания рабочих органов почвообрабатывающей техники необходимо при изготовлении создавать неоднородные по структуре и свойствам режущие части [6, 7]. Для таких целей в ООО «Буинский машиностроительный завод» было предложено на одну из сторон режущей части рабочего органа наплавлять твёрдые и износостойкие покрытия релита [8].

Материалом исследований являлись режущие части лап культиваторов КПИР-3,6 и КПУ-5,4, изготовленные из стали 30*MnB*5 после наплавки зернового релита «ЛВЗ»-Т3 У-11-7 ТУ 197250-001-76942199-2006 и последующей закалки.

Для обеспечения эффекта самозатачивания на одну из сторон режущего лезвия культиваторной лапы наплавляли слой релита, после чего выполняли закалку всего рабочего органа. Макроструктуру металла режущей части изделий исследовали в сечении микрошлифа, изготовленном по общепринятой методике, вырезанном с выходом на режущую кромку. При макроструктурных исследованиях использовали стереоскопический микроскоп фирмы «*MEIJI RZ*» с увеличением до 7 крат. Микротвёрдость детали измеряли по методу Виккерса (ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007) при различной нагрузке на микротвёрдомере *MicroMet* 5104.

В результате проведённых исследований макроструктуры режущей кромки (рисунок 1) установлено, что геометрические размеры наплавленного слоя релита соответствуют технической документации предприятия для данного типа культиваторных лап (ширина перпендикулярно режущей кромке – до 21,40 мм; толщина от 0,95 мм до 1,64 мм). При этом показатели толщины нанесённого твёрдого износостойкого покрытия несколько превышают требования отраслевого стандарта ОСТ 23.2.164-87. Согласно этому нормативному документу, толщина наплавленного слоя должна составлять $0,4^{+0,25}_{-0,1}$ мм [9].

Микроструктурные исследования показали, что лезвие культиваторной

лапа на поверхности имеет наплавленный слой с дендритной литой структурой вольфрама с микротвёрдостью 900…1020 *HV* 0,05 и карбидов вольфрама с микротвёрдостью 2315…2460 HV 0,05. Максимальный размер карбидов составляет ~ 0,69 х 1,33 мм.

Под наплавленным слоем релита наблюдается никелевая «Подложка» максимальной толщиной до 9 мкм, что позволяет обеспечивать достаточную прочность сцепления износостойкого покрытия со стальной основой.

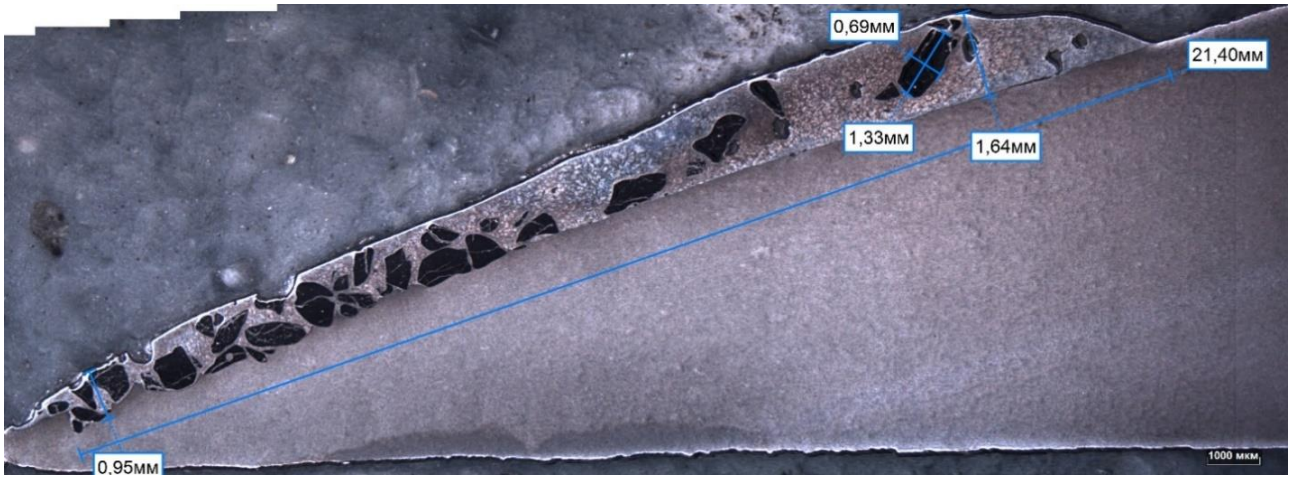


Рисунок 1 – **Макроструктура лезвия культиваторной лапы в поперечном сечении после наплавки на неё релита с последующей закалкой**

Микроструктура стальной основы изделия представляет собой троостомартенсит с микротвёрдостью ~ 564 HV 0,3. Общеизвестно, что такая структура сталей отличается «Высокой прочностью и более низкими, по сравнению с мартенситом, остаточными внутренними напряжениями, что позволяет обеспечивать высокую выносливость и износостойкость материала» [6].

Заключение. Проведённый анализ применяющихся материалов и технологий при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающей техники и их режущих частей позволил определить, что при производстве таких изделий экономически и технически целесообразно применять борсодержащие стали.

Для обеспечения эффекта самозатачиваемости рабочих органов, изготовленных из стали борсодержащих сталей, следует наплавлять на их режущие части износостойкие сплавы, например зерновой релит, и выполнять последующую закалку всего рабочего органа.

Исследования проводились на собственные средства.

Список литературы

1. *Яковлев, С.А.* Анализ применения материалов и упрочняющих технологий при изготовлении почвообрабатывающих рабочих органов современных сельскохозяйственных машин / *С.А. Яковлев, Е.В. Сидоров, Б.В. Кузнецов* // Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы: Сборник материалов III международной научно-практической конференции, Луганск, 23-24 ноября 2023 года. – Луганск: Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова, 2023. – С. 334 - 335.

2. Результаты исследований структуры и микротвердости режущих частей лап культиваторов John Deere / *С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин* [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2023. – Т. 19, № 12 (228). – С. 538 - 542.

3. *Haretski H.P., Solovey N.F., Shenets S.L., Tereshchenko A.V., Avdeev S.V., Pokrovskii A.I., Tolkacheva O.I.* Structure and characteristics of boron-containing steels for fasteners. Foundry production and metallurgy, 2020, no. 1, pp. 25 - 30.

4. Обеспечение самозатачивания режущих частей рабочих органов сельскохозяйственной техники точечной электромеханической обработкой / *С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов, А.А. Глущенко* [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17. – № 9 (201). – С. 419 - 423.

5. Results of metallographic observations of cultivator shares after spot electromechanical processing / *S. Yakovlev, V. Kurdyumov, N. Ayugin, A. Mishani*n // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov, 20-24 октября 2021 года. – Saratov : Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2022. – P. 47.

6. *Яковлев, С.А.* Технологическое обеспечение качества электромеханической обработки деталей машин / *С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов*. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – 258 с.

7. *Буйлов, В.Н.* Ремонт рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов: монография / *В.Н. Буйлов, И.В. Люляков*. – Саратов, 2007. – 134 с.

8. *Кузнецов, Б.В.* Обеспечение самозатачиваемости лап культиватора / *Б.В. Кузнецов, С.А. Яковлев, Е.В. Сидоров* // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 475 - 480.

9. ОСТ 23.2.164-87. Лапы и стойки культиваторов. Общие технические условия. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 42 с.

10. Application of galvanic zinc-iron coating in the repair of transport and technological machines / D.M. Rozhkov, E.V. Eltoshkina, P.I. Ilyin, O.A. Svirbutovich // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1022. – P. 181-193. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.1022.181.

Сведения об авторах

Яковлев Сергей Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология производства и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (432017, Россия, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 88422559597, e-mail: jakseal@mail.ru).

Сидоров Евгений Владимирович – аспирант кафедры «Технология производства и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (432017, Россия, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 88422559597, e-mail: jakseal@mail.ru).

Кузнецов Борис Викторович – инженер по качеству ООО «Буинский машиностроительный завод», (422430, р. Татарстан, Буинск, Чапаева, 16, тел.: +79374566710, e-mail: aksongqik@gmail.com.).

Сагитов Ильдус Амирханович – директор ООО «Сенгилеевский цементный завод», (433381, Россия, Ульяновская обл., Сенгилеевский р-он, р.п. Цемзавод, Кооперативная, 5а, тел.: +78423329133, e-mail: sagitov@cemros.ru).

Information about the authors

Yakovlev Sergey A. – doctor of technical sciences, professor of the department of production technology and machine repair of the federal state budgetary educational institution of higher education Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin (432017, Russia, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 88422559597, e-mail: jakseal@mail.ru).

Sidorov Evgeniy V. – postgraduate student of the department of production technology and machine repair of the federal state budgetary educational institution of higher education Ulyanovsk state

agrarian university named after P.A. Stolypin (432017, Russia, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1, tel.: 88422559597, e-mail: jakseal@mail.ru).
Sagitov Ildus A. – director of Sengileevsky cement plant LLC, (433381, Russia, Ulyanovsk region, Sengileevsky district, Tsemzavod settlement, Kooperativnaya, 5a, tel.: +78423329133, e-mail: sagitov@cemros.ru).

УДК 664.66

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ ИЗ ХИТОЗАНА И ЦИНКА НА ГАЗООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МУКИ

Е.В. Белокурова, М.А. Саргсян

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. В связи с особенностями и различиями биогеохимических провинций в современной пищевой промышленности актуальным направлением остается разработка и оптимизация методов обогащения функциональных изделий, входящих в перечень минимального продуктового набора. В частности, интерес представляет разработка хлебобулочных изделий, обогащенных эссенциальным цинком. В статье рассматривается влияние внесения композиции из хитозана и цинка на газообразующие свойства смеси муки пшеничной второго сорта и муки пшеничной цельнозерновой.

Ключевые слова: цинк, хитозан, хлеб, обогащение, иммобилизация, газообразующая способность муки.

THE EFFECT OF THE CHITOSAN AND ZINC COMPOSITION ON THE GAS-FORMING PROPERTIES OF FLOUR

E.V. Belokurova, M.A. Sargsyan

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. Due to the peculiarities and differences of biogeochemical provinces in the modern food industry, the development and optimization of methods for enriching functional products included in the list of the minimum food set remains an urgent direction. In particular, the development of bakery products enriched with essential zinc is of interest. The article examines the effect of adding a composition of chitosan and zinc on the gas-forming properties of a mixture of second-grade wheat flour and whole wheat flour.

Key words: zinc, chitosan, bread, enrichment, immobilization, gas-forming ability of flour.

Введение. Здоровье человека неразрывно связано с образом его жизни, который включает в себя ключевые элементы, такие как отказ от курения, умеренное потребление алкоголя, физическая активность и сбалансированное питание. Однако, даже при соблюдении описанных принципов, глобальное распространение «Скрытого голода» может существенно влиять на состояние здоровья. Данная проблема обусловлена недостатком жизненно важных питательных веществ и затрагивает многие регионы мира, где такие факторы, как климат, воздействие человека на окружающую среду, качество воды и экономическое положение, играют значительную роль. Дефицит необходимых нутриентов, включая витамины и микроэлементы, может вызывать различные расстройства здоровья, от авитаминозов до микроэлементозов [1-3].

Материалы и методы. И хотя общественность уже давно осведомлена об опасности нехватки витаминов, тема дефицита микроэлементов остаётся менее доступной для понимания. Регулярное поступление в организм эссенциальных микроэлементов жизненно важно для поддержания здоровья. В случае выявленного дисбаланса незаменимых элементов возможна коррекция рациона питания. Однако, необходимо учитывать, что даже жизненно необходимые нутриенты в избыточных количествах могут негативно влиять на здоровье человека, что подчёркивает важность обогащения продуктов лишь в регионах с зафиксированным дефицитом выбранных элементов. В связи с различиями биогеохимических провинций в современной пищевой промышленности актуальным направлением остаётся разработка и оптимизация методов обогащения мучных и хлебобулочных изделий эссенциальными микроэлементами, в частности, цинком [4-7].

Результаты и обсуждение. Для оценки влияния готовой композиции из хитозана и цинка на процесс брожения теста была исследована газообразующая способность муки. Процесс газообразования в тесте обусловлен как естественными сахарами, содержащимися в муке, так и сахарами, образующимися в результате гидролиза крахмала. Важно отметить, что собственные сахара играют ключевую роль лишь на начальных этапах брожения, тогда как успешное завершение технологического процесса хлебопечения зависит от газообразования, происходящего в конце брожения теста, во время его расстойки и на ранних стадиях выпечки. Резюмируя, газообразующая способность муки, определяемая её способностью к образованию сахаров, имеет важное технологическое значение при производстве хлеба, особенно в рецептурах, не предусматривающих внесения дополнительных источников сахаров. Понимание газообразующей способности используемой муки позволяет прогнозировать интенсивность брожения теста, а также его расстойку. Сниженный объём готового изделия, и слабая разрыхленность могут свидетельствовать о низкой газообразующей способности выбранной муки [8-9].

Обогащающая композиция приготовлена путём иммобилизации цинка при равномерном перемешивании и настаивании раствора сульфата в присутствии заданного количества хитозана. После настаивания в течении минимум 120 мин. хитозан фильтруют через беззольный фильтр и сушат при температуре 100° С до постоянной массы. Использовались $ZnSO_4*7H_2O$ и хитозан торговой марки «*ZHEJIANG AOXING BIOTECHNOLOGY CO., LTD*» с заявленной степенью деацетилирования более 90 %.

Газообразующую способность муки (ГОС) определяли ускоренным волюметрическим методом с применением прибора Яго-Островского. Фиксировали количество выделившегося объёма CO_2 на протяжении 180 мин. брожения с интервалом в 30 минут. Тесто выдерживали в термостате при постоянной температуре 35 °С. По результатам анализа построен график изменения объёма диоксида углерода, где по оси ординат отмечены объём CO_2 в $см^3$, по оси абсцисс – продолжительность брожения в мин. С целью экономии сырьевых ресурсов определение производилось ускоренным методом. В таком случае накопленные в процессе брожения значения оксида углерода менее 850 $см^3$ указывают на низкую

газообразующую способность муки, значения в диапазоне от 850 до 1050 см^3 – среднюю, значения свыше 1050 см^3 – повышенную газообразующую способность [10].

В качестве контрольной пробы выступала смесь муки пшеничной второго сорта и муки пшеничной цельнозерновой. В качестве ориентира при выборе муки выступала рецептура хлеба забайкальского формового, изготавливаемого в соответствии с ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия». В испытуемый образец вносили композицию из хитозана с иммобилизированным на его поверхности цинком в количестве 2,5 мг. Количество закреплённого цинка устанавливалось методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с ГОСТ Р 56372-2015 «Комбикорма, концентраты и премиксы. Определение массовой доли железа, марганца, цинка, кобальта, меди, молибдена и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии».

На рисунке 1 изображен график, демонстрирующий изменение объёма углекислого газа выделившегося в процессе брожения контрольной и испытуемой проб.

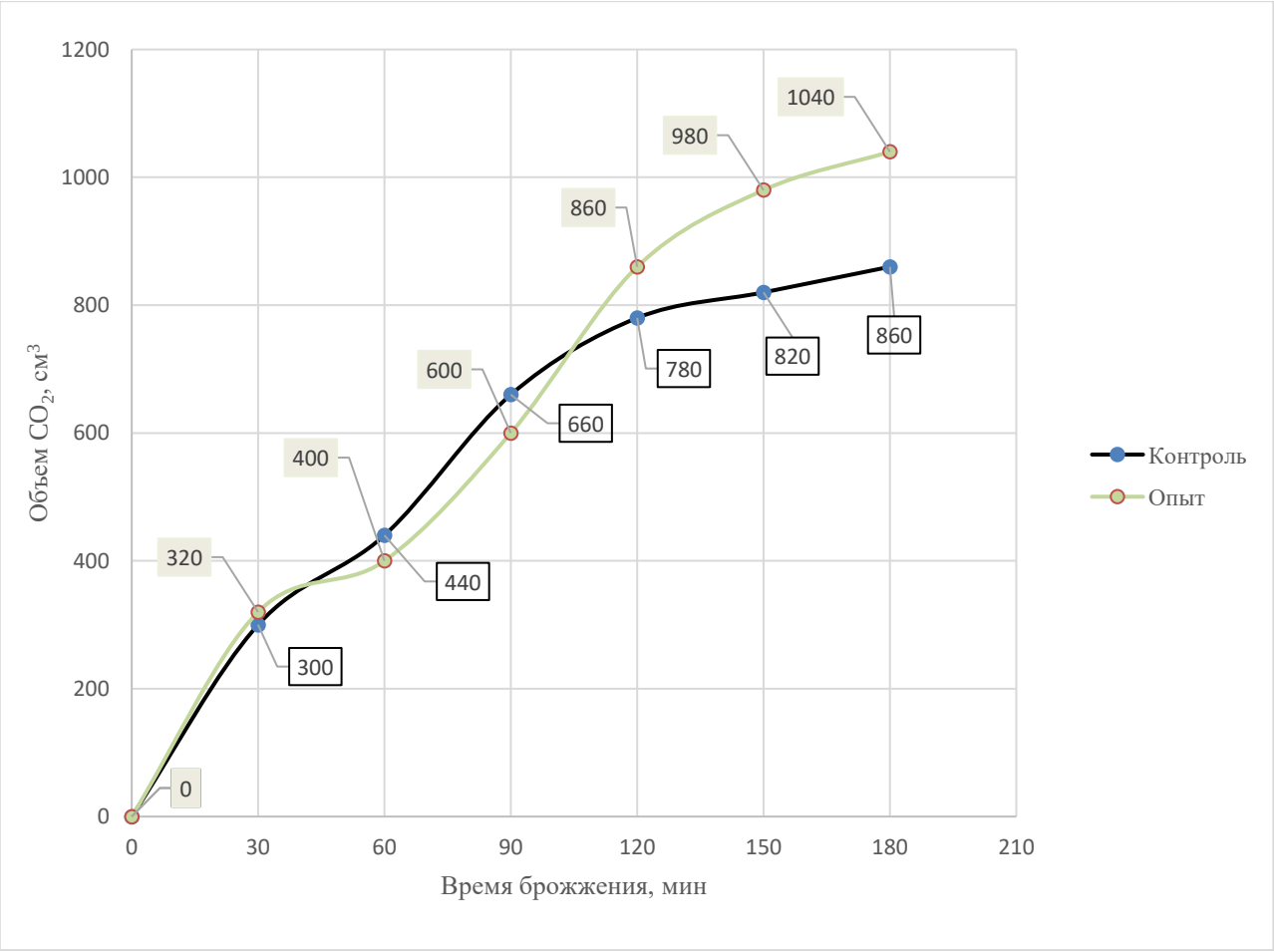


Рисунок 1 – **Влияние вносимой обогащающей композиции на ГОС муки**

Исходя из полученных данных контрольный и опытный образец характеризуются средней газообразующей способностью муки. Период наиболее интенсивного брожения приходится на первые 90 минут. Опытный образец, после

завершения интенсивного периода брожения, продолжал стабильное выделение углекислого газа, приближаясь на 180 минуте к значениям, соответствующим муке с повышенной газообразующей способностью. В тоже время, контрольный образец, незначительно превосходящий опытный в промежутке от 30 до 90 минут брожения, продемонстрировал стабильное снижение скорости образования углекислого газа, к 180 минуте приближаясь к пороговым значениям, характеризующим смесь муки как обладающую средней газообразующей способностью.

Смесь из муки пшеничной второго сорта и муки пшеничной цельнозерновой изначально обладает газообразующей способностью на подходящем для реализации технологическом уровне, однако, внесение в рецептуру, на этапе замеса теста, композиции из хитозана и цинка оказывает положительное влияние на жизнедеятельность дрожжей приводя к интенсификации процесса брожения. По всей видимости, по завершению наиболее интенсивного этапа брожения дрожжи используют внесённые компоненты в качестве дополнительного источника эссенциального микроэлемента. Продукты большого ряда ферментативных реакций, участие в которых принимает и цинк, имеют углеводную природу и способны участвовать в разных видах брожения, в том числе спиртовом, что положительно сказывается на итоговом газообразование теста.

Заключение. Полученные результаты станут подспорьем в исследованиях по разработке и оптимизации технологий обогащения хлебобулочных изделий эссенциальными элементами в рамках научно-исследовательской работы кафедры товароведения и экспертизы товаров Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

Список литературы

1. *Васюкова, А.Т.* Макро-и микроэлементы в новых продуктах для населения экологических территорий группы риска. / *А.Т. Васюкова, Д.А. Тихонов, Р.А. Эдварс, М.В. Васюков, Т. Моунир* // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. – Красноярск : 2022. – С. 617 - 621.

2. *Саидова, Г.Т.* Биологическое Значение Важных Микроэлементов, Таких, Как Цинк, Йод, Железо, В Организме Человека / *Г.Т. Саидова, У.Ф. Борибоев* // Research Journal of Trauma and Disability Studies. – 2024. – Т. 3 - № 2. – С. 433 - 435.

3. *Мирсаидова, Х.* Исследование причин дефицита макро и микроэлементов у женщин репродуктивного возраста / *Х. Мирсаидова, С. Гулямов* // Современные проблемы охраны окружающей среды и общественного здоровья. – 2023. – Т. 1. - № 1. – С. 104 - 107.

4. *Скальный, А.В.* Значение коррекции дефицита цинка в практической медицине: обзор / *А.В. Скальный, Т.И. Сотникова, Т.В. Коробейникова, А.А. Тиньков* // Сеченовский вестник. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 4 - 17.

5. *Болотова, Н.В.* Проявление микроэлементозов у детей с различным нутритивным статусом / *Н.В. Болотова, А.А. Скальный, Н.Ю. Филина* [и др.] // Микроэлементы в медицине. – 2022. – Т. 23, № 4. – С. 62 - 69.

6. *Яшин, А.Н.* Актуальность разработки обогащенных микроэлементами продуктов питания для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях. / *А.Н. Яшин, А.Н. Петров* // Пищевые системы. – 2023. – С. 272.

7. *Матвеева, Ю.П.* Распространенность дефицита макро- и микроэлементов у жителей северных территорий / *Ю.П. Матвеева, О.В. Жукова, Д.В. Варганова, И.А. Виноградова* // Непрерывное фармацевтическое образование - формирование индивидуальной

профессиональной траектории : Материалы Всероссийской конференции, Петрозаводск, 24-26 апреля 2022 года. – Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет, 2022. – С. 42 - 43.

8. *Маслов, А.В.* Влияние комплексной добавки на хлебопекарные свойства муки и теста при брожении / *А.В. Маслов* [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2023. – Т. 53. - № 2. – С. 347 - 356.

9. *Смирнова, Т.Б.* Разработка технологического решения по использованию семян амаранта / *Т.Б. Смирнова, И.В. Темерева, Т.Т. Толстогузова* // Universum : технические науки. – 2022. - №. 4-7 (97). – С. 40 - 45.

10. *Мударисов, Ф.А.* Исследование газообразующей способности пшеничной муки / *Ф.А. Мударисов, С.Н. Сергатенко, Т.Д. Игнатова, М.А. Сергатенко* // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения П.А. Столыпина, Ульяновск, 14-15 апреля 2022 года. Том 2022. – Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 106 - 112.

Сведения об авторах

Белокурова Елена Владимировна – к.т.н., доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра Первого, 394087, Воронежская обл., Воронеж, Мичурина, 1, e-mail: zvezdamal@mail.ru.

Саргсян Мартин Александрович – аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров, Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 394087, Воронежская обл., Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89192459341, e-mail: mrmartinok@mail.ru.

Information about the authors

Belokurova Elena V. – phd, associate professor of the department of commodity science and product expertise, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter the great, 394087, Voronezh region, Voronezh, Michurin, 1, e-mail: zvezdamal@mail.ru.

Sargsyan Martin A. – postgraduate student of the department of commodity science and product expertise, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter the great, 394087, Voronezh region, Voronezh, Michurin, 1, tel.: 89192459341, e-mail: mrmartinok@mail.ru.

УДК 637.3

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА «МОЦАРЕЛЛА»

П.В. Железняк, Ю.А. Алексеева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Сыры – это пищевые продукты, получаемые путём концентрирования и биотрансформации основных компонентов молока под воздействием энзимов микроорганизмов и физико-химических факторов. От молока сыры отличаются высоким содержанием сухих веществ, что очень важно для их транспортировки, стойкостью при хранении и широким спектром органолептических показателей, удовлетворяющих любые вкусы потребителей. В статье представлена технология производства сыра «Моцарелла» [2].

Ключевые слова: сыр, «Моцарелла», переработка молока, производство сыра,

сыроделие.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF MOZZARELLA CHEESE

P.V. Zheleznyak, Yu.A. Alekseeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Cheeses are food products obtained by concentrating and biotransforming the main components of milk under the influence of enzymes of microorganisms and physical and chemical factors. Cheeses differ from milk by a high content of dry substances, which is very important for their transportation, durability during storage and a wide range of organoleptic indicators that satisfy any tastes of consumers. The article presents the technology of production of Mozzarella cheese [2].

Key words: agricultural producer, machine and tractor Park, dislocation, gravity, enterprise, technical service, hyperbole.

Введение. Сыроделие является отраслью, значение которой для молочной отрасли трудно переоценить. На сыр в таких странах, как Россия и Беларусь, перерабатывается каждый четвёртый литр товарного молока. В отдельных регионах намного больше, около половины. Поэтому от состояния сыроделия в значительной степени зависит и состояние всей молочной отрасли [1, 2].

Материалы и методы. Сыр – древнейший продукт. Его производство уходит своими корнями в ту эпоху, когда охотники начали приручать диких животных, например тура, от которого произошли все известные на сегодняшний день породы крупного домашнего рогатого скота. Так, ещё за 5000 лет до Рождества Христова в Месопотамии, Палестине, на побережье Черного моря, в Малой Азии, Египте и Северной Африке люди разводили животных с целью получения молока. Шумерам доение было известно уже в период 3500-2800 гг. до н. э [1,3].

В Древнем Риме ассортимент вырабатываемых сыров уже был достаточно разнообразным. Среди них – сыр типа творога, солёный и несолёный, с вином и медом, с пряностями, мягкие домашние сырки для потребления в свежем виде и твёрдый сыр, выдерживавший перевозку за море и др. Сыр хранили в рассоле или набивали в просмоленные бочки и заливали виноградным соком, крышки которых покрывали гипсом. В те времена уже был известен копчёный сыр и твёрдый сыр, высушенный на солнце, который перед употреблением натирали на терке [3, 4, 5].

Мягкий сыр остался излюбленным сортом на равнине, прежде всего на севере и востоке Франции, а также на территории нынешней Бельгии, где поселились франки из области Рейна и Майна. Здесь было положено начало столь популярным во всем мире сортам сыра бри и камамбер. Карл I Великий (742-814), франкский император, слыл большим любителем сыра и придавал огромное значение безупречной чистоте при содержании скота и переработке молока [2,6,7].

Результаты и обсуждение. Сегодня каждая страна выделяется своими сырами. Так, Франция знаменита мягкими сырами, прежде всего сырами с

пикантным острым вкусом, и свежими сырами, выпускаемыми в продажу без созревания. Десятки видов сыров вырабатываются из козьего и овечьего молока [3,7,9].

В мире вырабатывается огромный ассортимент сыров. В настоящий период, согласно общему стандарту, рекомендуемому для сыра, Международная организация ФАО / ВОЗ предложила следующее определение для продукта «Сыр»: «Сыр представляет собой свежий или прошедший созревание продукт твёрдой или полутвёрдой консистенции, получаемый:

а) Путём свертывания отдельно или в виде смеси молока, обезжиренного молока, частично обезжиренного молока, сливок, подсырных сливок или сливок из пахты воздействием сычужного или других молокосвёртывающих ферментов и препаратов с последующим частичным удалением молочной сыворотки, образующейся в результате этого свертывания;

б) С использованием технологий производства, обеспечивающих свёртывание молока и (или) веществ, являющихся его производными, с целью получения готового продукта, основные физические, химические и органолептические характеристики которого идентичны характеристикам продукта, определённого в пункте а» [1, 4, 8].

С каждым годом возрастают объёмы производства сыров. Разнообразился их ассортимент, появляются всё новые виды продукции. Поэтому классификация сыров из-за большого их разнообразия вызывает серьёзные затруднения. Всемирно известные разновидности сыров имеют ряд характерных черт, к которым относят размер, форму, массу, цвет, внешний вид, массовую долю в сухом веществе жира, массовую долю влаги или поваренной соли в обезжиренной сырной массе. Но такие свойства, как вкус и запах (аромат), с трудом поддаются определению [1, 7, 9].

Не сепарированное (цельное) молоко нагревается до 65-68° С. Во время процесса нагревания, молоко необходимо постоянно перемешивать, чтобы оно нагревалось равномерно. Далее необходимо охладить молоко до 18° С.

Добавляем 15 гр. лимонной кислоты, растворённой в дистиллированной воде на 10 л молока. Добавляем сычужный фермент 0,1 гр., липаза (для усиления молочного вкуса), закваска ПС, хлористый кальций.

После того как белок свернулся и выделилась сыворотка, для уплотнения зерна помешивая нагреваем до 42° С. Оставляем на 30 минут.

Наливаем в кастрюлю 2-3 чашки горячей воды или сыворотки (87° С) так, чтобы жидкость слегка покрывала сгусток.

Деревянной ложкой приподнимаем массу, она будет растягиваться под собственным весом. Если масса начинает тянуться хуже, добавляем ещё кружку горячей жидкости.

Когда наша масса начала напоминать расплавленный ирис, приподнимаем её ещё раз деревянной ложкой и наматывем на неё, чтобы получился единый комок.

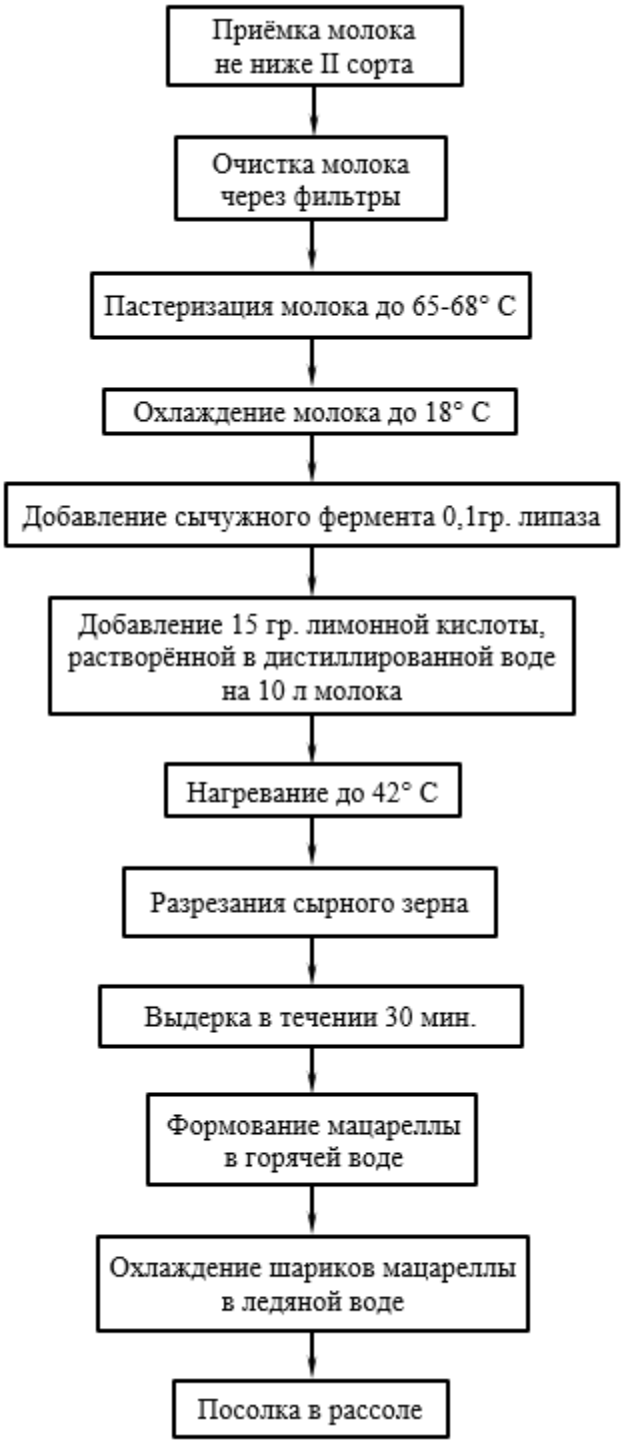


Рисунок 1 – **Технологическая схема производства сыра «Моцарелла»**

Сливаем воду и руками в перчатках несколько раз растягиваем-сжимаем комок моцареллы.

Чтобы придать конечную форму нашей моцарелле, разделите массу на несколько шариков выбранного вами размера. Возьмите один из кусочков массы. Его необходимо сделать гладким и круглым, шарообразным. Для этого берем его двумя руками и как бы начинаем заворачивать внутрь. Повторяем это действие, пока он не станет похожим на маленький шар, гладкий и круглый. Аккуратно пальцами прищипываем низ шарика. Повторяем процедуру для остальных.

Наливаем в чашку ледяной воды и помещаем туда полученные шарики моцареллы, чтобы они затвердели.

Поместим моцареллу в рассол на 2 часа. Чем дольше моцарелла в рассоле, тем солёнее она станет.

Приведём важные для любого пищевого производства сроки годности и требуемые условиях хранения:

- Производители увеличивают срок хранения сыра, упаковывая сыр в герметичные ёмкости. В них также добавляют рассол и немного сыворотки и иногда лимонной кислоты. В таком виде моцарелла может храниться от 14 до 25 дней. При условии хранения + 1 / + 4° С.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод о том, что производство сыра моцарелла технологически очень трудоёмкий и сложный процесс. Для получения правильно приготовленного сыра данного вида, необходимо соблюдать все этапы производства в правильной последовательности. Только при выполнении данных условий можно получить сыр, содержащий большое количество легкоусвояемых полноценных белков, молочного жира, различных солей и витаминов.

Список литературы

1. *Alekseeva, Yu.A.* Ecological and raw material aspects of the production of fermented milk drinks / *Yu.A. Alekseeva, T.A. Khoroshailo, A.A. Brichagina, O.V. Svitenko* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk : IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 022082.

2. *Безверхая, Н.С. Технология производства сыра: учебное пособие* / *Н.С. Безверхая, О.А. Огнева* // Краснодар : КубГАУ, 2018. – 173 с.

3. *Гусева, Т.Ю.* Технология производства сыра и масла: учебное пособие / *Т.Ю. Гусева.* // КГСХА, 2023 – Часть 2 -2023. – 106 с.

4. *Козуб, Ю.А.* Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов / *Ю.А. Козуб* // Состояние и перспективы развития ветеринарии и биотехнологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Иркутской государственной сельскохозяйственной академии и 10-летию первого выпуска ветеринарных врачей, Москва, 10-11 декабря 2014 года / Министерство сельского хозяйства РФ Министерство сельского хозяйства Иркутской области Иркутская государственная сельскохозяйственная академия Монгольский государственный сельскохозяйственный университет Научно-исследовательский институт животноводства, Монголия. – Москва : Издательство «Перо», 2014. – С. 37 - 39.

5. *Козуб, Ю.А.* Влияние углеводно-витаминно-минерального концентрата (УВМК) на качество молока / *Ю.А. Козуб* // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 59. – С. 92 - 96.

6. *Козуб, Ю.А.* Развитие отрасли молочного скотоводства Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Проблемы в животноводстве : Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 09 апреля 2018 года. – Краснодар : ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. – 2018. – С. 30 - 36.

7. *Луфаренко, О.Д.* Параметры технологического процесса производства кисломолочного продукта / *О.Д. Луфаренко, Ю.А. Козуб* // Молодая наука аграрного Дона : традиции, опыт, инновации. – 2018. – № 2-2. – С. 174 - 177.

8. *Раманаускас, И.И.* Технология и оборудование для производства натурального сыра: учебник для вузов / *И.И. Раманаускас, А.А. Майоров, О.Н. Мусина* – 7-е изд., стер. – Санкт-

Петербург : Лань, 2024. – 508 с.

9. *Хорошайло Т.А.* Контроль и управление качеством продукции животноводства / *Т.А. Хорошайло, О.Н. Еременко*. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. – 143 с.

10. *Хорошайло, Т.А.* Повышение продуктивности коров с использованием программы управления / *Т.А. Хорошайло, А.А. Гетман, Ю.А. Алексеева* // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (71). – С. 207 - 212.

Сведения об авторах

Железняк Полина Владимировна – студентка направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 3 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: polina.zheleznyak.03@mail.ru.

Алексеева Юлия Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства сельскохозяйственной продукции Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского; ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Information about the authors

Zheleznyak Polina Vladimirovna – student of the training program 35.03.07 TPPSKHP, 3rd year, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky Irkutsk state agrarian university 664038, Irkutsk region, Irkutsk district, settlement Molodezhny, e-mail: polina.zheleznyak.03@mail.ru.

Alekseeva Yulia Anatolievna – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of animal science and technology of agricultural production; Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, E-mail: yulia_a72@mail.ru.

УДК 664.66.022.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМЯН ПАЖИТНИКА И СЕМЯН ТЫКВЫ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

И.В. Козуб, М.А. Алексеева, Ю.А. Алексеева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Хлебобулочные изделия – одна из групп пищевых продуктов, удобных для обогащения с технологической точки зрения. Это подчёркивает важность разработки новых рецептов и исследования возможности использования нетрадиционного сырья. Хлеб и хлебобулочные изделия относятся к массово потребляемым продуктам, которые занимают важное место в рационе людей. Однако хлеб из пшеничной муки значительно уступает по пищевой ценности продуктам животного и растительного происхождения [3]. Поэтому возникает необходимость, в качестве источника функционального назначения, использовать семян пажитника и тыквы, в хлебобулочных изделиях.

Ключевые слова: хлеб, хлебобулочные изделия, семена пажитника и тыквы, повышения питательной ценности.

USING SEEDS FENUGREEK AND PUMPKIN SEEDS AS A SOURCE OF FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS

I.V. Kozub, M.A. Alekseeva, Yu.A. Alekseeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Bakery products are among the groups of products that are convenient for enrichment from a technological point of view. This emphasizes the importance of developing new recipes and studying the possibility of using non-traditional raw materials. Bread and bakery products are products of mass demand, occupying an important place in the human diet. However, bread made from wheat flour is significantly inferior in nutritional value to products of animal and plant origin [3]. Therefore, there is a need to use fenugreek and pumpkin seeds in bakery products as a source of functional purpose.

Key words: bread, bakery products, fenugreek and pumpkin seeds, increasing nutritional value.

Введение. Хлеб – это уникальный продукт питания, который содержит практически все необходимые компоненты для поддержания здоровья и нормального функционирования организма человека: белки, сложные углеводы, кальций, железо, фосфор, а также важные витамины группы В, включая тиамин, ниацин и рибофлавин, при минимальном содержании жиров. Хлебобулочные изделия также богаты клетчаткой [3, 9].

Материалы и методы. Употребление хлебных изделий практически полностью удовлетворяет потребность человека в железе, а также обеспечивает значительное количество марганца и фосфора. Однако значительным недостатком минерального состава хлеба является низкое содержание кальция и неблагоприятное соотношение с фосфором и магнием. В хлебе также недостаточно калия, хрома, кобальта и некоторых других микроэлементов. Поэтому вопрос повышения минеральной ценности хлеба остаётся актуальной задачей [1, 10].

Результаты и обсуждение. Для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия людей важно регулярно обеспечивать организм всеми необходимыми питательными веществами. Учитывая, что хлеб и хлебобулочные изделия остаются основными продуктами питания, они представляют собой удобный способ для корректировки пищевой и профилактической ценности рациона. В этом контексте использование вторичных растительных ресурсов в хлебопекарной отрасли вызывает особый интерес, так как они широко распространены, доступны и не ведут к значительному увеличению стоимости продукции. Перспективными видами такого сырья считаются продукты переработки фруктов и овощей, а также семена масличных культур [1, 4, 6, 7].

Ассортимент хлебобулочных изделий расширяется, с каждым годом, с добавлением в них различных полезных растительных добавок, используются специи и травы – это базилик, укроп, анис, пажитники паприка. Тыквенные семена

представляют собой многообещающий источник растительных белков и важных биологически активных веществ, что обосновывает необходимость исследований по их применению в пищевой промышленности, особенно в технологии хлебопечения [1, 3, 6].

По данным Департамента сельского хозяйства отходы переработки тыквы, включающие остатки кожицы, плодоножки и семена, составляют 15-20 % от массы использованной тыквы, при этом на семена тыквы приходится около 30 % [3, 5].

В тыквенных семенах содержится жирное масло (до 40 %), в состав которого входят глицериды линоленовой (до 45 %), олеиновой (до 25 %), пальмитиновой и стеориновой (около 30 %) кислот; эфирное масло, фитостерины – кукурбитол, смолистые вещества, органические кислоты; витамины *A, C, E, B*1; аминокислоты: жиры Омега-6 и Омега-3.

Семена тыквы содержат в своем составе цинк, железо, марганец, кальций, магний, селен, медь, фосфор и т.д., например, цинк способствует улучшению работы мозга, нормализации сна, снижению раздражительности и улучшению состояния кожи. Он также защищает от воспалений предстательной железы и может способствовать восстановлению волос на голове [2, 8].

Пажитник – это однолетние растение, семена которого обладают приятно-ароматическими свойствами.

Пажитник относится к разряду растений, известных человеку, как самые полезные. Пажитник богат белками и углеводами, калием, фосфором, магнием железом, кальцием, витаминами *A, C, B, PP*, фолиевой кислотой, каротиноидами, фитостеринами, аминокислотами, полисахаридами и др.

Все эти вещества, крайне важные для нашего организма, сформировали полезные свойства пажитника:

- Витамин *PP* обеспечивает положительное влияние на работу нервной, сердечной и сосудистой систем, нормализацию жирового обмена и защиту от заболеваний суставов, развития сахарного диабета;

- Витамин А повышает иммунитет, избавляет от болезней мочеполовой системы, почек, ЖКТ, нормально распределяет жировые отложения и усиливает регенеративные способности органов;

- Витамин *C* улучшает эмоциональное состояние, сохраняет стройную фигуру;

- Витамин *B*1 нейтрализует токсины, сохраняет память и внимание, защищает клетки;

- Витамин *B*2 обеспечивает здоровье глаз, усиливает стрессоустойчивость, превращает жиры и углеводы в энергию;

- Витамин *B*9 нормализует ЖКТ и поднимает настроение, улучшает кроветворение;

- Каротиноиды насыщают клетки кислородом и нормализуют водный баланс.

- Улучшают иммунитет фитостерины, улучшают работу сердца;

- Железо делает внешний вид привлекательным, а кожу, ногти и волосы здоровыми;
- Калий снижает утомляемость, питает мозг, нормализует давление;
- Натрий насыщает клетки глюкозой и отвечает за водный баланс;
- Фосфор обмен энергии и работу мозга обеспечивает;
- Селен защитные функции организму обеспечивает [11, 12].

Целью работы явилось повышение пищевой ценности хлеба и хлебобулочных изделий с использованием семян пажитника и тыквы.

По данным исследованиям установлена оптимальной дозировки тыквенных семян [9]. При добавлении 2,0-6,0 г тыквенных семян, хлебобулочные изделия получаются большего объёма, повышается пористость мякиша, структура мякиша равномерная и тонкостенная. Удельный объём изделий возрастает от 1,9 % до 4,7 %, пористость от 2,7 % до 5,6 %.

Использование тыквенных семян улучшает состав хлеба и хлебобулочных изделий за счёт содержания в семенах минеральных веществ, витаминов и провитаминов.

Для увеличения выпуска хлебобулочных изделий функционального назначения определяем оптимальную дозировку пажитника.

За основу была взята рецептура домашнего хлеба на прессованных дрожжах, семена пажитника использовали в запаренном виде – 1, 2, 3 и 4 %, все семена вносили в жидкую основу теста (500 г муки, 2,0-6,0 г тыквенных семян, 7,5 г прессованных дрожжей, 125 г тёплой воды, 25,5 г растительного масла, 20 г сахара, 6,25 г соли).

В опытах использовался безопарный способ приготовления теста, температура воды при замесе составляла 35° С, замес теста проводился ручным способом. Выпечка проводилась при температуре 220-240° С в течение 35 мин. [9, 11].

Заключение. Полученные результаты исследований позволили рекомендовать применение в рецептуру хлеба с использованием тыквенных семян и семена пажитника в количестве 1-2 %, которые положительно влияют на его органолептические свойства. Хлеб приобретает лёгкий пряный аромат, во вкусе появляется небольшая острота, а внешний вид становится более привлекательным. При введении тыквенных семян хлебобулочные изделия черствеют более медленно; изделия обогащаются белком, минеральными и балластными (клетчатка) веществами. Всё это свидетельствует о целесообразности использования тыквенных семян и семян пажитника для повышения пищевой ценности хлеба и хлебобулочных изделий, и в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов.

Список литературы

1. *Бегеулов, М.Ш.* Применение продуктов переработки растительного сырья в хлебопечении / *М.Ш. Бегеулов, Е.О. Сычёва* // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2015. - № 10. – С. 47 - 51.

2. *Гиш, А.А.* Комплексная технология переработки бахчевых культур / *А.А. Гиш, Г.И. Косьянов* – Краснодар : КНИИХП, 1999. – 64 с.

3. *Журавлёва, Я.Ю.* Совершенствование ассортимента и повышение пищевой ценности хлеба и хлебобулочных изделий / *Я.Ю. Журавлёва, Е.Г. Моисеенков, О.Н. Оксентюк* // Научное сообщество студентов XXI столетия технические науки: сб. ст. по мат. XIX междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 4 (19).

4. *Козуб, Ю.А*. Развитие отрасли молочного скотоводства Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Проблемы в животноводстве : Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 09 апреля 2018 года. – Краснодар : ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. – 2018. – С. 30 - 36.

5. *Козуб, Ю.А.* Динамика продуктивности коров разных генотипов в период лактации в Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 6 (198). – С. 61 - 64.

6. *Козуб, Ю.А.* Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов / *Ю.А. Козуб* // Состояние и перспективы развития ветеринарии и биотехнологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Иркутской государственной сельскохозяйственной академии и 10-летию первого выпуска ветеринарных врачей, Москва, 10-11 декабря 2014 года / Министерство сельского хозяйства РФ Министерство сельского хозяйства Иркутской области Иркутская государственная сельскохозяйственная академия Монгольский государственный сельскохозяйственный университет Научно-исследовательский институт животноводства, Монголия. – Москва : Издательство «Перо», – 2014. – С. 37 - 39.

7. *Щербаков, В.Г.* Биохимия и товароведение маслиничного сырья / *В.Г. Щербаков.* – М. : Пищевая промышленность, – 1969. – 456 с.

8. Тыквенные семечки: полезные свойства и пищевая ценность [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://zdorov-today.ru/tykvennye-semechki-poleznye-svoystva-i-pischevaya-cennost/.

9. *Луфаренко, О.Д.* Использование растительной добавки в хлебопекарном производстве/ *О.Д. Луфаренко, Ю.А. Козуб* // в сборнике: Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. Материалы международной научно-практической конференции молодых учёных. - 2017. – С. 21 - 26.

10. *Луфаренко, О.Д.* Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с добавлением свекловичной муки / *О.Д. Луфаренко, Ю.А. Козуб* // в сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2018. – С. 212 - 218.

11. *Гарькина, П.К.* Использование пажитника в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов / *П.К. Гарькина, Е.С. Селиванов* // Инновационная техника и технология. - 2023. - Т. 10. - № 1. – С. 19 - 23.

12. Пажитник полезные свойства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://deluxe.com.ua/articles/spice-and-health/pazhitnik-poleznie-svoistva.html.

Сведения об авторах

Козуб Иван Владимирович – студент направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 2 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Алексеева Мария Александровна – студентка направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 3 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Алексеева Юлия Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства сельскохозяйственной продукции Иркутский

государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского; ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Information about the authors

Kozub Ivan V. – student of the training direction 35.03.07 TPPSHP, 2nd year, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, E-mail: yulia_a72@mail.ru.

Alekseeva Maria A. – student of the training direction 35.03.07 TPPSHP, 3nd year, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, E-mail: yulia_a72@mail.ru.

Alekseeva Yulia A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of animal science and technology of agricultural production; Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, E-mail: yulia_a72@mail.ru.

УДК 637.334

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА «КАЧОТТА»

И.В. Козуб, М.А. Алексеева, Ю.А. Алексеева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Сегодня молочная промышленность превратилась в высокотехнологичный сектор экономики и занимает одно из ведущих мест в пищевой отрасли нашей страны. Предприятия оснащены современным, высокопроизводительным оборудованием, включая поточно-механизированные и автоматизированные линии [1, 4, 5]. Технологии производства молочной продукции постоянно совершенствуются, ассортимент расширяется, а также внедряются новые методы обработки. Благодаря этим инновациям потребители могут выбирать продукцию, которая соответствует их вкусовым предпочтениям и финансовым возможностям. Производители и потребители отмечают рост как в количественном, так и в качественном производстве сыров в России. В статье описаны этапы технологии производства сыра «Качотта». Сыроварни оснащаются современным оборудованием, используют молоко высокого качества и тем самым расширяют ассортимент продукции, что делает особенно актуальным изучение технологии производства отдельных видов сыров.

Ключевые слова: молоко, переработка, технология, сыр, Качотта.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CHEESE «CACIOTTA»

I.V. Kozub, M.A. Alekseeva, Yu.A. Alekseeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Today, the dairy industry has become a high-tech sector of the economy and occupies one of the leading positions in the food industry of our country. Enterprises are equipped with modern, high-performance equipment, including flow-mechanized and automated lines [1, 4, 5]. Dairy production technologies are constantly being improved, the range is expanding, and new processing methods are being introduced. Thanks to these innovations, consumers can choose products that match their taste preferences and financial capabilities. Manufacturers and consumers note an increase in both quantitative and qualitative cheese production in Russia. The article describes the stages of the production technology of Caciotta cheese. Cheese factories are equipped with modern equipment, use high-quality milk and thereby expand the range of products, which makes it especially relevant to study the technology of producing individual types of cheese.

Key words: milk, processing, technology, cheese, Caciotta.

Введение. Молоко служит основным сырьём для производства разнообразной молочной продукции, поэтому к его качеству предъявляются строгие требования. Уровень и качество производства молока напрямую влияют на производство молочных продуктов [1, 2, 3]. В связи с этим объёмы производства молока и продовольственная безопасность населения требуют системного регулирования аграрной политики на всех этапах технологической цепочки – от поля и фермы до завода и потребителя.

Материалы и методы. Молоко представляет собой биологическую жидкость, вырабатываемую молочными железами самок млекопитающих. Оно является полноценным и незаменимым продуктом питания для новорождённых животных, а также важно для людей всех возрастов, поскольку содержит все необходимые для жизнедеятельности вещества. Усвояемость молочного жира составляет 93 %, а молочного сахара – 98 %. Молоко стимулирует работу желудочно-кишечного тракта и хорошо усваивается даже при сниженной активности пищеварительных желез [1, 6].

Результаты и обсуждение. Современное производство молочных продуктов представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных процессов, включая химические, физико-химические, микробиологические, биохимические, биотехнологические, теплофизические и другие этапы.

Основой технологии является изучение ключевых принципов и схем производства с учётом множества взаимосвязанных явлений и процессов, происходящих под воздействием технологических факторов. Главная цель технологии и применяемого оборудования заключается в том, чтобы максимально сохранить пищевую и биологическую ценность исходного сырья [4, 7].

Сыр занимает одно из ведущих мест среди продуктов питания благодаря своей высокой пищевой и энергетической ценности. Его питательность обусловлена большим содержанием белков, молочного жира, а также минеральных солей и витаминов, которые находятся в сбалансированных пропорциях и легко усваиваются организмом. В составе сыра присутствует значительное количество свободных аминокислот, включая ненасыщенные [4, 8].

Сыр – полезный с богатой палитрой вкусов, подходит для любого случая в любое время дня.

Сыр принадлежит к древнейшим натуральным продуктам произведённым человеком. Его ценили во все времена и как продукт на каждый день, как принадлежность изысканной трапезы.

Сыр, вырабатываемый из молока путём коагуляции белков, обработанного полученного сгустка и последующего созревания сырной массы. При созревании все составные части сырной массы подвергаются глубоким изменениям, в результате которых в ней накапливаются вкусовые и ароматические вещества, приобретаются свойственные данному виду сыра консистенция и рисунок.

Сыр содержит много легкоусвояемого белка (20 %), минеральных и экстрактивных веществ, которые благоприятно влияют на пищеварение и возбуждают аппетит. Питательные вещества, содержащиеся в сыре, усваиваются организмом почти полностью (98-99 %). В сырах содержатся витамины *A, D, E, B*1, *B*2, *B*12, *PP, C* [2, 9].

Технологии производства цельномолочной продукции постоянно развивается, ассортимент увеличивается, и внедряются новые методы обработки. Благодаря этим инновациям потребители получают возможность выбирать продукцию, которая соответствует их вкусовым предпочтениям и финансовым возможностям. [2, 3, 10]. В производстве сыра соблюдение технологических режимов является обязательным требованием.

Цель работы является углубление теоретических и практических знаний, производства сыра Качотта.

Качотта – сыр, который уже много лет производится в таких регионах Италии, как Умбрия и Тоскана. Здесь его готовят из овечьего молока и овечьего с добавлением коровьего.

Качотта классический сыр, со сроком вызревания 3 месяца. Имеет полутвёрдую кремообразную текстуру, естественную тонкую корку, сливочный, слегка сладковатый вкус.

Полутвёрдые сыры характеризуются характерным «Сырным» ароматом и вкусом, который варьируется в зависимости от сорта, включая фруктовые, мускатные, пряные и ореховые оттенки. Этот ценный продукт содержит все основные компоненты молока: витамины, минеральные соли, жиры и белки. Особенностью их производства является то, что они изготавливаются по технологии твёрдых сыров, но без применения принудительного прессования – сыр формируется под собственным весом. Процесс созревания короткий и происходит с участием ферментов молочнокислых бактерий и микрофлоры сырной слизи.

Качотта – сыр, в котором совсем нет углеводов. Именно поэтому его часто включают в состав эффективных диет. При этом пищевая ценность сыра достаточно высока. Количество белков достигает 16 г, жиров – 18 г, на 100 грамм общего веса.

В отличие от большинства других сортов, он ещё и менее калорийный. В 100 граммах Качотты содержится всего 228 ккал. Все питательные вещества, а особенно белки, содержащиеся в сыре, усваиваются организмом на 99 %. При этом особенно важно, что кальций и фосфор в нём находятся в оптимальном соотношении.

Технологию производства сыра Качотта – классическая, изучили на предприятии ООО «Клевер», соответствующую требованиям НТД. Технологический процесс должен осуществляться с соблюдением настоящей технологической инструкции, санитарные требований и т.д., утверждённых в установленном порядке. Технологический процесс изготовления продукции состоит из следующих этапов (рисунок 1).

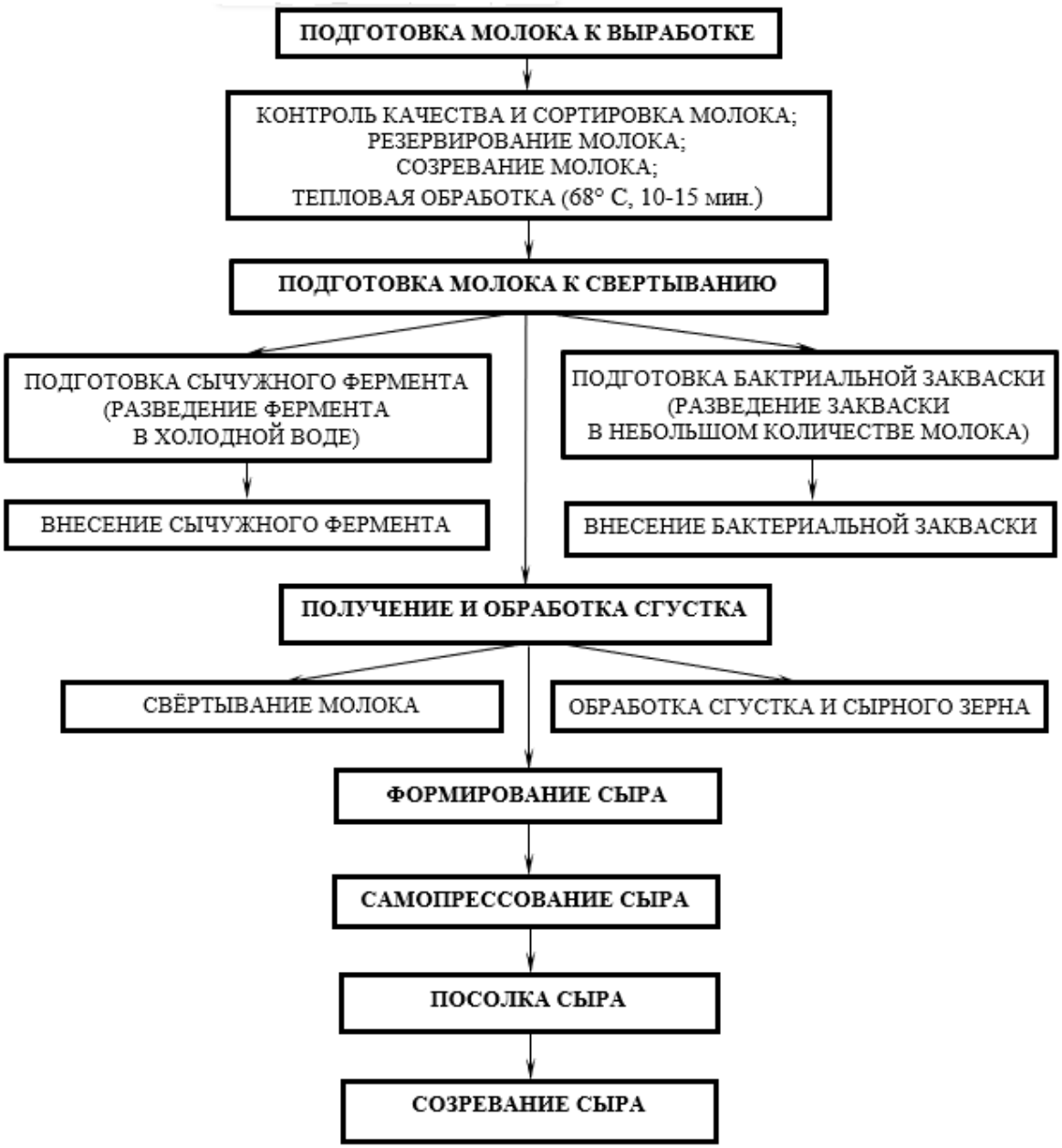


Рисунок 1 – **Блок-схема технологический процесс производства сыра «Качотта»**

По молокопроводам из танка, поступает в танк для пастеризации, устанавливают температуру до 68° С. Идёт пастеризация молока 15 минут, в течение которого оно перемешивается механической мешалкой. Когда температура молока достигла 68° С, его оставляют на 3-5 мин. при такой температуре. Затем температуру понижают до 37-38° С для внесения термофильной закваски.

Закваску разводят в небольшом количестве пастеризованного молока. Перед внесением её, молоко останавливают и вносят закваску, и оставляют на 20-30 мин. Далее вносят сычужный фермент, и оставляют на 30 мин. до образования сгустка.

Через 30 минут проверяем плотность сгустка, излом сгустка должен быть ровный. Когда сгусток достиг нужной плотности, режим его лирой вдоль, а затем поперёк для отделения сыворотки.

Через 5-10 минут режем сгусток лирой до нужного размера сырного зерна (размер фундука или лесного ореха). После перемешивания, сырное зерно подсушивают при температуре 40° С в течение 10 мин., для лучшего отделения сыворотки от казеина.

Далее сырное зерно разливают по формам с отверстиями для слива сыворотки, которые находятся в специальной ванне для созревания, где отходит сыворотка и созревает зерно.

На данном этапе происходит окисление каччоты. Формы с сыром оставляют на 6-7 часов, в течение этого времени уплотнённое сырное зерно нужно перевернуть 6-7 раз и следить за кислотностью (нормальное значение показателя 5,25).

После созревания формы вынимают из ванны, для формирования сыра. Из форм вынимают уплотнённое сырное зерно и помещают их в солевой раствор, где находятся 10 часов. Через указанное время его достают и отправляют на созревание.

Заключительный этап производства качотты классическая – это созревание. Отрезок времени, по истечении которого сыры можно считать готовыми, или вызревшими, составляет от 45 до 90 дней.

При созревании сыра важно выдерживать температурный режим и влажность воздуха. Температура воздуха в помещении должна быть в пределах 5-6° С при влажности 80-90 % [4, 9, 10].

Заключение. При анализе технологии и процессов производства полутвердых сыров ознакомились с процессами, протекающими при производстве кисломолочной продукции, а также приобрели знания по фундаментальным разделам техники и технологии производства полутвердых сыров, необходимыми для решения научно-исследовательских и научно-производственных задач в отрасли.

Список литературы

1. *Alekseeva, Y.A.* Ecological and raw material aspects of the production of fermented milk drinks / *Y.A. Alekseeva, T.A. Khoroshailo, A.A. Brichagina, O.V. Svitenko* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 022082. – DOI 10.1088/1755-1315/981/2/022082.

2. *Ларионов, Г.А*. Разработка технологии производства сыра «Качотта» для фермерских хозяйств / *Ларионов Г.А., Каюкова О.В., Щипцова Н.В.* // Аграрная наука. – 2022, - 1 (11).

3. *Луфаренко, О.Д.* Параметры технологического процесса производства кисломолочного продукта / *О.Д. Луфаренко, Ю.А. Козуб* // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. – 2018. – № 2-2. – С. 174 - 177.

4. *Козуб, Ю.А.* Влияние углеводно-витаминно-минерального концентрата (УВМК) на качество молока / *Ю.А. Козуб* // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 59. – С. 92 - 96.

5. *Козуб, Ю.А*. Развитие отрасли молочного скотоводства Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Проблемы в животноводстве: Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 09 апреля 2018 года. – Краснодар : ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. - 2018. – С. 30 - 36.

6. *Козуб, Ю.А.* Динамика продуктивности коров разных генотипов в период лактации в Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 6 (198). – С. 61 - 64.

7. *Козуб, Ю.А.* Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов / *Ю.А. Козуб* // Состояние и перспективы развития ветеринарии и биотехнологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Иркутской государственной сельскохозяйственной академии и 10-летию первого выпуска ветеринарных врачей, Москва, 10-11 декабря 2014 года / Министерство сельского хозяйства РФ Министерство сельского хозяйства Иркутской области Иркутская государственная сельскохозяйственная академия Монгольский государственный сельскохозяйственный университет Научно-исследовательский институт животноводства, Монголия. – Москва : Издательство «Перо», - 2014. – С. 37 - 39.

8. *Мартемьянова, А.А.* Технология молока и молочных продуктов / *А.А. Мартемьянова, Ю.А. Козуб* ; Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство образования РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – 135 с.

9. *Хорошайло, Т.А.* Контроль и управление качеством продукции животноводства / *Т.А. Хорошайло, О.Н. Еременко.* – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, - 2022. - 143 с.

10. *Хорошайло, Т.А.* Внедрение прогрессивных технологий как стратегия повышения молочной продуктивности коров / *Т.А. Хорошайло, М.Х. Хаткова, А.С. Козубов* // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 1 (190). – С. 95 - 102.

Сведения об авторах

Козуб Иван Владимирович – студент направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 2 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Алексеева Мария Александровна – студентка направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 3 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Алексеева Юлия Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства сельскохозяйственной продукции Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского; ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Information about the authors

Kozub Ivan V. – student of the training direction 35.03.07 TPPSHP, 2nd year, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Alekseeva Maria A. – student of the training direction 35.03.07 TPPSHP, 3nd year, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, e-mail: yulia_a72@mail.ru.
Alekseeva Yulia A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of animal science and technology of agricultural production; Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

УДК 637.041

КОРРЕКЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЯСЕ КРОЛИКОВ

Е.Е. Курчаева, И.М. Глинкина

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. Тяжёлые металлы, такие как свинец, кадмий, ртуть, представляют собой значительную угрозу для здоровья человека. Эти контаминанты могут попадать в организм человека по пищевым цепям, в частности с мясной продукцией. Данная проблема требует серьёзного внимания в первую очередь на этапе производства мяса. Основными источниками тяжёлых металлов в мясе кроликов являются загрязнённые корма, вода и окружающая среда. Необходимо внедрять строгие контрольные меры на всех уровнях производства мяса кроликов: осуществлять регулярный мониторинг и тестирование как кормов, так и конечного продукта на наличие тяжёлых металлов. Эффективной мерой коррекции содержания тяжёлых металлов является введение в рацион кроликов комплексной кормовой добавки «Ветоспорин-актив». В статье описаны результаты исследования крольчатины гибридов кросса Хиколь.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, ртуть, кадмий, свинец, мясо кроликов, энтеросорбент, кормовая добавка, безопасность, «Ветоспорин-актив».

CORRECTION OF HEAVY METAL CONTENT IN RABBIT MEAT

E.E. Kurchaeva, I.M. Glinkina

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. Heavy metals such as lead, cadmium, and mercury pose a significant threat to human health. These contaminants can enter the human body through food chains, in particular with meat products. This problem requires serious attention primarily at the meat production stage. The main sources of heavy metals in rabbit meat are contaminated feed, water and the environment. It is necessary to implement strict control measures at all levels of rabbit meat production: to carry out regular monitoring and testing of both feed and the final product for the presence of heavy metals. An effective measure for correcting the content of heavy metals is the introduction of a complex feed additive «Vetosporin-active» into the rabbit diet. The article describes the results of a study of rabbit meat of hybrids of the Hikol cross.

Key words: heavy metals, mercury, cadmium, lead, rabbit meat, enterosorbent, feed additive, safety, «Vetosporin-active».

Введение. Тяжёлые металлы представляют собой группу химических элементов, которые имеют высокий атомный вес и потенциально опасны для организма человека в виду высокой токсичности. К наиболее опасным относятся свинец, ртуть, кадмий, мышьяк. Эти металлы являются серьёзной проблемой в контексте безопасности пищевых продуктов, особенно мяса.

Материалы и методы. Существует несколько путей контаминации крольчатины тяжёлыми металлами. Одним из основных является загрязнение окружающей среды. Промышленные выбросы, использование пестицидов и удобрений, а также загрязнение водоёмов приводят к накоплению этих веществ в почве и воде. По пищевым цепям тяжёлые металлы попадают в организм животных. Тяжёлые металлы поражают почки, нервную систему и др. Мишенями становятся функциональные группы белков.

Результаты и обсуждение. На сегодняшний день существует необходимость регулярного мониторинга и контроля качества пищевых продуктов, для минимизации рисков для потребителей.

Для разрешения проблемы загрязнения мяса тяжёлыми металлами требуется комплексный подход. Необходимо совершенствование нормативной документации, повышение качества кормов для животных и создание эффективных систем мониторинга загрязнений. Для коррекции содержания токсических элементов в мясе кроликов перспективным методом является применение энтеросорбентов.

«Ветоспорин-актив» – это ветеринарный препарат, используемый для лечения различных инфекционных заболеваний у животных. Он относится к группе антимикробных средств и обладает широким спектром действия. Помимо живых клеток спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis* в состав препарата входит энтеросорбент, что обеспечивает его комплексное действие.

Для проведения исследования влияния комплексной добавки «Ветоспорин-актив» на содержание тяжёлых металлов в мясе кроликов, а также определения оптимального количества препарата по принципу пар-аналогов были сформированы 3 группы гибридных самцов кросса Хиколь. Возраст самцов при формировании групп составлял 30 суток. Откорм кроликов длился до достижения 105-дневного возраста. Группа I (контрольная) не получала препарат, группе II (опытная) в состав комбикорма вводили кормовую добавку «Ветоспорин-актив» в количестве 1,0 г/кг комбикорма, группе III (опытная) – 1,5 г/кг комбикорма.

Содержание тяжёлых металлов в мышечной ткани кроликов представлено в таблице 1. Ни у одной из групп концентрация исследуемых токсических веществ не превышала ПДК, при этом показатели у тушек опытных и контрольной групп отличались.

Ртуть известна своим нейротоксическим действием, поражает нервную систему, особенно опасен данный металл для детей. Динамика изменений содержания ртути на фоне приёма кормовой добавки представлена на рисунке 1.

Таблица 1 – **Содержание тяжёлых металлов в мышечной ткани кроликов, мг/кг**

Показатель	ПДК	№ животного	Группа I	Группа II	Группа III
1	2	3	4	5	6
Мышьяк	0,1	1	0,19	0,02	0,08
		2	0,22	0,04	0,06
		3	0,30	0,06	0,09
		M±m	0,23±0,040	0,04±0,020	0,07±0,010
Кадмий	0,05	1	0,28	0,006	0,01
		2	0,009	0,003	0,007
		3	0,024	0,004	0,003
		M±m	0,020±0,0071	0,0043±0,0011	0,0066±0,0025
Свинец	0,5	1	0,12	0,08	0,09
		2	0,14	0,05	0,08
		3	0,25	0,06	0,02
		M±m	0,170±0,049	0,0633±0,010	0,0633±0,026
Медь	5,0	1	2,46	3,70	3,50
		2	3,80	3,32	2,74
		3	3,68	3,65	3,80
		M±m	3,313±0,524	3,556±0,146	3,346±0,386
Цинк	70,0	1	12,50	23,93	18,67
		2	10,91	31,35	19,27
		3	9,50	38,51	14,94
		M±m	10,97±1,06	31,26±5,15	17,73±1,65
Ртуть	0,03	1	0,01	0,001	0,004
		2	0,007	0,001	0,003
		3	0,009	0,003	0,001
		M±m	0,0087±0,0011	0,0017±0,0008	0,0026±0,0011

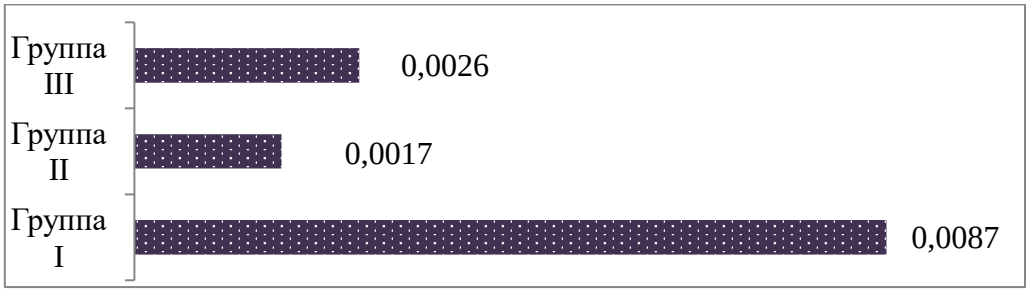


Рисунок 1 – **Динамика содержания ртути в мышечной ткани контрольной и опытных групп кроликов, мг/кг**

Исходя из данных рисунка 1, значительное снижение содержания ртути наблюдалось у группы II. Максимальное содержание отмечено у группы I.

Свинец и кадмий вызывают хронические заболевания почек, а также могут вызывать проблемы с репродуктивной системой.

Содержание свинца в мышечной ткани кроликов фоне приёма препарата снизилось по сравнению с контрольной группой, при этом дозировка не имела значения (рисунок 2).

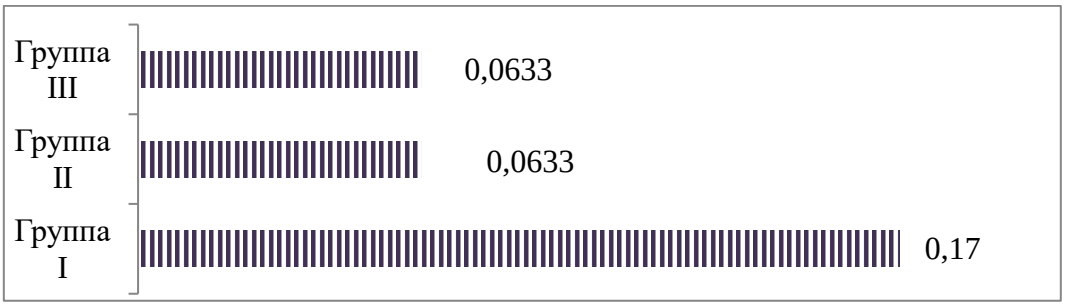


Рисунок 2 – **Динамика содержания свинца в мышечной ткани контрольной и опытных групп кроликов, мг/кг**

Содержание кадмия в группе II снизилось до 0,0043 мг % (рисунок 3).

Важным является правильный подбор и дозировка сорбента, поскольку избыточное количество может нарушить усвояемость питательных веществ корма.

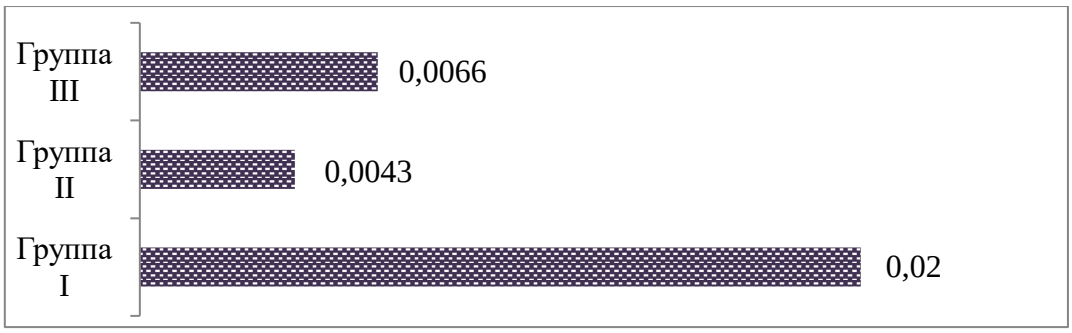


Рисунок 3 – **Динамика содержания кадмия в мышечной ткани контрольной и опытных групп кроликов, мг/кг**

По результатам эксперимента можно сделать **заключение**, что у животных, получавших вместе с рационом «Ветоспорин-плюс», наблюдалось снижение кумуляции токсических элементов в организме. Кроме того, применение энтеросорбента позволило значительно уменьшить содержание тяжёлых металлов в конечной продукции.

Анализ проведённых исследований показал, что «Ветоспорин-актив», адсорбируя тяжёлые металлы в желудочно-кишечном тракте животных и препятствуя их всасыванию в кровь, снижает их концентрацию в мышечной ткани кроликов. Этот препарат имеет высокую сорбционную активность и способен связывать токсические элементы. Таким образом, «Ветоспорин-актив» является высокоэффективным средством для коррекции содержания тяжелых металлов в мясе кроликов.

Список литературы

1. База данных 2021621671 Методы определения показателей качества и безопасности полуфабрикатов из мяса птицы / *И.М. Глинкина, В.Г. Козлов* ; заявитель и правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – Номер и дата поступления заявки: 2021621583 от 29.07.2021. Дата регистрации: 05.08.2021.

2. *Востроилов, А.В.* Пробиотические препараты как фактор повышения мясной продуктивности и качества мяса кроликов / *А.В. Востроилов, Е.Е. Курчаева, В.Л. Пащенко* // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности»: материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Ч. II. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 320 - 327.

3. *Глинкина, И.М.* Показатели качества и безопасности мясного фарша / *И.М. Глинкина* // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 335 - 339.

4. *Глинкина, И.М.* Показатели качества и безопасности полуфабрикатов функционального назначения, содержащих продукты перепеловодства / *И.М. Глинкина, Н.А. Галочкина* // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. -Ч. I. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 353 - 356.

5. *Glinkina, I.M.* Qualitative analysis of quail meat of various genotypes / *I.M. Glinkina, N.A. Kashirina, I.N. Ponomareva* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. – 2020. – С. 012063.

6. *Курчаева, Е.Е.* Влияние пробиотических комплексов на мясную продуктивность и качество мяса кролика / *Е.Е. Курчаева, А.В. Востроилов, О.А. Василенко, М.С. Рязанцев* // Научные инновации-аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летнему юбилею Омского ГАУ. – 2018. – С. 1343 - 1346.

7. *Kurchaeva, E.E.* Probiotic Preparation To Increase Meat Productivity And Physiological Status Of The Rabbits / *E.E. Kurchaeva, A.V. Vostroilov, N.A. Kashirina, E.S. Artemov, S.V. Kalashnikova, I.V. Maksimov*. – 2018 – RJPBCS 9 (5) – pp. 2239 - 2247.

8. *Сулейманов, С.М.* Методы морфологических исследований / *С.М. Сулейманов* [и др.]. - 2-е издание, исправленное и доп. – ГНУ ВНИВИПФиТ. – Воронеж, 2007. – 87 с.

9. *Темираев, Р.Б.* Влияние адсорбента и антиоксиданта на качество мяса молодняка свиней при детоксикации тяжелых металлов / *Р.Б. Темираев, Н.Г. Гулиева, Л.В. Цалиева* // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации. Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 74 - 76.

10. *Хайруллин, Д.Д.* Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса овец и содержание тяжелых металлов в нем при применении современной кормовой добавки / *Д.Д. Хайруллин* [и др.] // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2021. - Т. 248, № 4. – С. 268 - 271.

Сведения об авторах

Курчаева Елена Евгеньевна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», alena.kurchaeva@yandex.ru.

Глинкина Ирина Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», glinkina@srd.vsau.ru.

Information about the authors

Kurchaeva Elena E. – doctor of agricultural sciences associate professor of the dept. of private animal science Voronezh state agrarian university named after Emperor Peter the Great,

alena.kurchaeva@yandex.ru.
Glinkina Irina M. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of commodity science and examination of goods of the Voronezh state agrarian university named after Emperor Peter the Great, glinkina@srd.vsau.ru.

УДК 631.173

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУКОПЧЕНОЙ КОЛБАСЫ

Ю.В. Малыгин, Ю.А. Алексеева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В России мясоперерабатывающие предприятия выпускают колбасные изделия в больших объёмах и разнообразном ассортименте. Эти изделия представляют собой пищевые продукты, изготовленные из солёного мясного фарша с добавлением специй и прошедшие термическую обработку. Колбасные изделия — это мясной фарш, упакованный в оболочку (колбасную, сетку или пакет) и подвергнутый термической обработке, сушке или копчению для придания готовности к употреблению [7]. Существуют различные виды колбас, включая варёные, сырокопчёные, варено-копчёные, ливерные и кровяные. В данной статье описана технология производства полукопчёной колбасы.

Ключевые слова: колбаса, термообработка, посол, осадка, упаковка. полукопчёные колбасы.

PRODUCTION TECHNOLOGY OF SEMI-SMOKED SAUSAGE

Yu.V. Malygin, Yu.A. Alekseeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. In Russia, meat processing plants produce sausages in large volumes and a wide range of products. These products are food products made from salted minced meat with the addition of spices and heat-treated. Sausage products are minced meat packed in a casing (sausage, mesh or bag) and subjected to heat treatment, drying or smoking to make it ready for consumption [7]. There are different types of sausages, including boiled, dry-smoked, boiled-smoked, liver and blood. This article describes the technology for the production of semi-smoked sausage.

Key words: sausage, heat treatment, salting, precipitation, packaging. semi-smoked sausages.

Введение. История колбасы насчитывает многие столетия. Существует несколько версий происхождения самого слова «Колбаса». Согласно одной из них, оно происходит от тюркского выражения «*Kul basti*», что означает «Жареное мясо». В словарях деликатес определяется как изысканный, тонко приготовленный продукт. Искусство приготовления таких продуктов началось ещё в древности. Уже в каменном веке люди вялили мясо на солнце и коптили его в дыму, чтобы продлить срок хранения и улучшить вкус. Индийцы добавляли к мясу специи, египтяне использовали для улучшения вкуса семена растений [1, 4]. Со

временем разные культуры разработали свои рецепты мясных продуктов, таких как сыровяленые, копчёные и запечённые изделия *Scientific Director* [2, 5].

Цель исследования представить технологический процесс производства полукопчёной колбасы.

Материалы и методы. Колбасные изделия подразделяются на следующие группы: варёные, варёно-копчёные, полукопчёные, сырокопчёные, ливерные, колбасные хлебы, сосиски, сардельки, диетические и колбасы домашнего приготовления. Для увеличения срока их годности варёных и других термически обработанных видов колбас используют вакуум-пакеты и специальные барьерные оболочки.

Результаты и обсуждение. Для приготовления фарша мясо сначала перемешивают в фаршемешалке в течение 2-3 минут с добавлением пряностей, затем добавляют измельченную полужирную свинину и продолжают перемешивание ещё 2-3 минуты. В конце добавляют грудинку, шпик, жир-сырец и равномерно распределяют их по поверхности фарша [2, 3].

Перемешивание продолжается до получения вязкой массы с равномерно распределёнными кусочками полужирной свинины, грудинки или шпика. Общая продолжительность этого процесса составляет 6-8 минут. Если используется несолёная грудинка, шпик или курдючный жир, то добавляют 3 % соли от массы исходного сырья [2, 5].

Фарш для полукопчёных колбас может готовиться из замороженных мясных продуктов на механизированных линиях. В процессе измельчения и перемешивания мясо, грудинку и другие ингредиенты перерабатывают на куттере в течение 2,0-3,5 минут, включая грудинку, шпик и курдючный жир на финальном этапе [2, 6].

Для заполнения оболочек фаршем используют гидравлические шприцы с давлением 1,1-1,2 МПа. Для улучшения окраски колбасы и уменьшения расхода оболочек применяют вакуумные шприцы [2, 7].

Клипсование фарша аналогично варёным колбасам: оболочки перевязывают шпагатом или льняной нитью, чтобы уплотнить фарш и сформировать петлю для подвешивания батонов [2, 8].

При штриковке воздух, попавший в фарш, удаляют путём прокалывания оболочек, на рисунке 1 представлена технология производства полукопчёной колбасы.

Для навешивания и осадки колбасные батоны размещают на рамы, оставляя между ними расстояние 8-10 см, чтобы избежать слипания и обеспечить равномерное обжаривание. Затем на рамы устанавливают палки. Полукопчёные колбасы осаживают при температуре 4-8° С в течение 2-4 часов [2, 9].

Термическая обработка в стационарных камерах включает обжарку, варку, охлаждение и копчение. В результате такой обработки снижается содержание влаги в колбасе, что способствует её лучшей сохранности. Колбасы, предназначенные для долгого хранения или отгрузки, дополнительно подсушивают, что уменьшает влажность на 2-8 % и снижает выход готового продукта на 5-9 % в зависимости от состава фарша [1, 2].

Батоны подвергают обжарке (горячему копчению) дымом при температуре 80-100° С в течение 60-90 минут, пока оболочка не станет сухой, а поверхность батона не покраснеет. Для получения дыма используют сухие опилки или древесину твёрдых лиственных пород; при использовании березы кору предварительно снимают [2, 4].

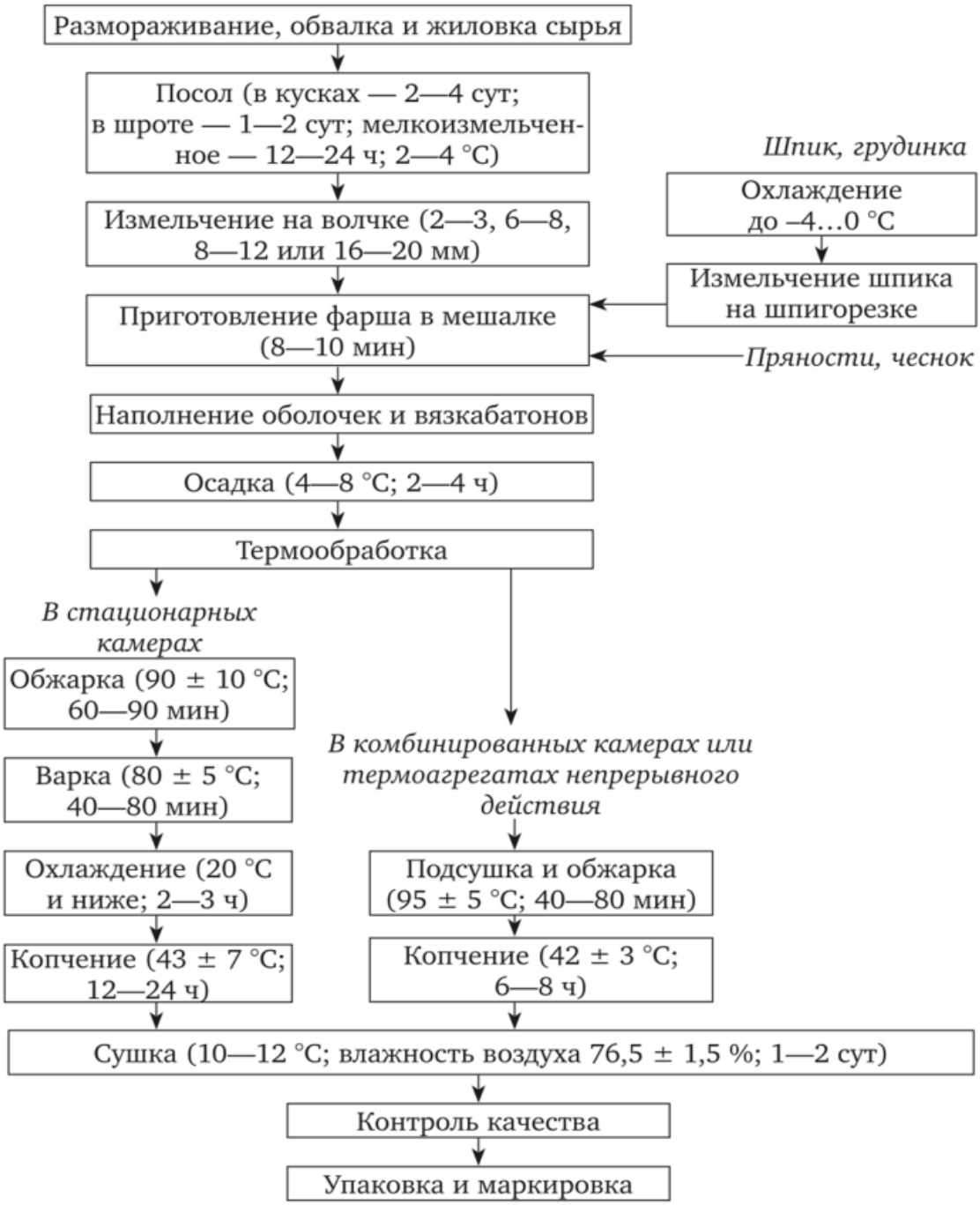


Рисунок 1 – **Схема-технология производства полукопчёной колбасы**

После обжарки батоны варят в пароварочных камерах или в воде при температуре 75-85° С до достижения температуры в центре батона 68-72° С, загружая колбасу в воду, нагретую до 90° С. Продолжительность варки, зависит от типа и диаметра оболочки: для натуральных черев варка занимает 40-50 минут, для кругов и искусственных оболочек – 50-60 минут [2,5].

Охлаждение колбас после варки проводится в течение 2-3 часов до температуры не выше 20° С. Копчение осуществляется в коптильных или обжарочных камерах при температуре 35-50°С на протяжении 12-24 часов.

Термоагрегатах непрерывного действия осуществляется непрерывно путём автоматического регулирования температуры, влажности и скорости движения дымовоздушной среды [2, 6].

Подсушку и обжарку проводят при 90-100° С, относительной влажности 10-25 %, скорости движения воздуха 2 м/с. После достижения температуры в центре батона 50° С, примерно за 15-20 мин. до конца обжарки влажность в камере повышают до 50-55 %. Это позволяет предотвратить излишнюю морщинистость оболочки. Колбасу выдерживают 40-80 мин. при 90-100° С до достижения температуры в центре батона 70-72° С. Колбасу в кругах обжаривают при температуре 100° С в течение 1,0-1,5 ч в зависимости от диаметра оболочки, в более узких оболочках (черевах) – обжаривают в течение 40-70 мин. при температуре 90° С [2, 7].

Копчение производят непосредственно после обжарки в течение 6-8 ч, постепенно понижая температуру в камере от 90-100 до 40-45° С и поддерживая относительную влажность дымовоздушной среды 60-65 % и скорость 1 м/с. При приготовлении полукопчёных колбас с использованием коптильного препарата процесс копчения заменяется двухчасовой подсушкой при температуре 40-50° С. Коптильный препарат добавляют при составлении фарша [2, 8].

После копчения колбасу охлаждают до температуры в центре батона не ниже 0° С и не выше 15° С.

Колбасу сушат при температуре 12° С и относительной влажности воздуха 75-78 % в течение одних-двух суток до приобретения упругой консистенции и достижения стандартной влажности [2, 9].

Контроль качества осуществляется в соответствии с требованиями государственного стандарта. Полукопчёные колбасы с повреждёнными или сломанными батонами, рыхлым фаршем, наплывом фарша на оболочку более чем на 10 см, слипшимися участками длиной более 5 см, бледной оболочкой, серыми пятнами или пустотами не допускаются к реализации [2, 8].

Полукопчёные колбасы упаковывают в деревянные или полимерные ящики, которые должны быть сухими, чистыми, без посторонних запахов и плесени. Колбасы также вакуумируют в прозрачную газонепроницаемую плёнку. В случае сервировочной нарезки продукт выпускается в виде ломтиков с массой нетто от 50 до 270 гр., а при порционной нарезке – целым куском массой от 200 до 500 гр. [2, 5].

Заключение. В работе представлен технологический процесс, соответствующий требованиям нормативно-технической документации по производству полукопченых колбас.

Список литературы

1. *Alekseeva Yu.A.* Ecological and raw material aspects of the production of fermented milk drinks / *Yu.A. Alekseeva, T.A. Khoroshailo, A.A. Brichagina, O.V. Svitenko* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk : IOP

Publishing Ltd, 2022. – P. 022082.

2. *Гетманец. В.Н.* Производство некоторых видов полукопчёных колбас / *В.Н. Гетманец* // Вестник АГАУ. - 2017. - №3 (149).

3. *Гуринович, Г.В.* Технология колбасных изделий, копченых изделий и полуфабрикатов: учебное пособие / *Г.В. Гуринович, О.М. Мышалова, И.С. Патракова.* – Кемерово : КемГУ, 2016. – 224 с.

4. *Исакова, Т.В.* Функциональные мясные полуфабрикаты из мяса птицы / *Т.В. Исакова, В.М. Балабанова, Ю.А. Алексеева* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 04-05 марта 2021 года. Том IV. – Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 124 - 128.

5. *Козуб, Ю.А.* Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов / *Ю.А. Козуб* // Состояние и перспективы развития ветеринарии и биотехнологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию образования Иркутской государственной сельскохозяйственной академии и 10-летию первого выпуска ветеринарных врачей, Москва, 10-11 декабря 2014 года / Министерство сельского хозяйства РФ Министерство сельского хозяйства Иркутской области Иркутская государственная сельскохозяйственная академия Монгольский государственный сельскохозяйственный университет Научно-исследовательский институт животноводства, Монголия. – Москва : Издательство «Перо», 2014. – С. 37 - 39.

6. *Козуб, Ю.А.* Влияние углеводно-витаминно-минерального концентрата (УВМК) на качество молока / *Ю.А. Козуб* // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 59. – С. 92 - 96.

7. *Козуб, Ю.А.* Развитие отрасли молочного скотоводства Иркутской области / *Ю.А. Козуб* // Проблемы в животноводстве: Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 09 апреля 2018 года. – Краснодар : ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. - 2018. – С. 30 - 36.

8. *Тахо-Годи, А.З.* Технология, оборудование и проектирование предприятий мясной отрасли: Учебник / *А.З. Тахо-Годи, В.И. Комлацкий, Т.А. Подойницына, Ю.А. Козуб*. – Краснодар: ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2019. – 283 с.

9. *Хорошайло Т.А.* Контроль и управление качеством продукции животноводства / *Т.А. Хорошайло, О.Н. Еременко*. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. – 143 с.

Сведения об авторах

Малыгин Юрий Владимирович – студент направления подготовки 35.03.07 ТППСХП, 3 курс, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Иркутский государственный аграрный университет 665832, Иркутская область, Ангарский район, 6 микрорайон дом 13/13а, 87, e-mail: rubyk.misterdoh@mail.ru.

Алексеева Юлия Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства сельскохозяйственной продукции Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского; ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

Information about the authors

Malygin Yuri V. – student of the training program 35.03.07 TPPSKHP, 3rd year, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky Irkutsk state agrarian university 665832, Irkutsk region, Angarsk district, 6th microdistrict home 13/13a, 87, e-mail: rubyk.misterdoh@mail.ru.

Alekseeva Yulia A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of animal science and technology of agricultural production; Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, e-mail: yulia_a72@mail.ru.

УДК 633.854

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СУШКИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

И.А. Попов, И.В. Максимов

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена сравнительная характеристика способов сушки плодоовощного сырья. В промышленности применяются различные методы сушки, такие как конвективный, кондуктивный, радиационный, микроволновой, сублимационный и другие. Отмечено, что при выборе метода сушки важно учитывать форму связи влаги с материалом. В настоящее время одним из самых актуальных и перспективных методов сушки продуктов питания является использование инфракрасного излучения. Инфракрасное излучение воздействует на твёрдые тела путём возбуждения их молекул и атомов за счёт теплового движения.

Ключевые слова: сушка, овощи, плоды, влага, хранение.

MODERN DRYING METHODS FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS

I.A. Popov, I.V. Maksimov

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. The article considers the comparative characteristics of the methods of drying fruit and vegetable raw materials. Various drying methods are used in industry, such as convective, conductive, radiation, microwave, sublimation and others. It is noted that when choosing a drying method, it is important to take into account the form of moisture bonding with the material. Currently, one of the most relevant and promising methods of drying food is the use of infrared radiation. Infrared radiation affects solids by exciting their molecules and atoms due to thermal motion.

Key words: drying, vegetables, fruits, moisture, storage.

Введение. Процесс сушки – один из самых старых и широко распространённых методов сохранения продуктов, заключающийся в удалении из них влаги и увеличении концентрации сухих веществ.

Материалы и методы. Отечественные предприятия производят разнообразные сушёные овощи и фрукты. Производство сушёных продуктов имеет огромное экономическое значение, поскольку они играют ключевую роль в

рационе жителей отдалённых районов страны, где сложно доставить свежие фрукты и овощи.

Результаты и обсуждение. В промышленности применяются различные методы сушки, такие как конвективный, кондуктивный, микроволновой, сублимационный и другие.

При выборе метода сушки важно учитывать форму связи влаги с материалом. Существуют три основные формы связи влаги: химическая, физико-химическая и физико-механическая. Химическая связь является наиболее прочной и может быть разрушена только химическими или термическими методами. Влага, связанная химически, находится в строго заданных пропорциях в материале и не может быть удалена путём обычной сушки. Физико-химическую связь влаги с материалом можно разделить на адсорбционную и осмотическую. Адсорбционная влага находится на поверхности материала и в порах продукта, в то время как осмотическая влага находится внутри клеток продукта.

При адсорбировании влаги материал сжимается из-за того, что объём набухшего вещества меньше суммы объёма исходного сухого продукта и объёма поглощённой влаги. Этот процесс обусловлен молекулярными силами, создающими сильное давление, которое сопровождается выделением тепла.

Для удаления адсорбированной влаги необходимо превратить её в пар, что требует значительных энергозатрат. Образовавшийся пар перемещается внутри материала.

Связь влаги с материалом может быть механической и разделяется на микрокапиллярную, макрокапиллярную и связь, обусловленную силами смачивания.

В процессе сушки влажных пористых материалов, таких как фрукты и овощи, сначала испаряется влага смачивания и капиллярная влага. Она испаряется как с поверхности материала, так и изнутри капилляров. Этот тип влаги называется свободной, так как её испарение подчиняется законам испарения жидкости с открытой поверхностью.

Затем происходит испарение адсорбционной влаги, для удаления которой требуются значительные энергетические затраты. Испарение осмотической влаги происходит на протяжении всего процесса сушки, так как из-за испарения всех видов влаги повышается осмотическое давление. После выхода осмотической влаги из клеток она смешивается с капиллярной и испаряется вместе с ней [4, 6].

Процесс испарения влаги из материала завершается при установлении равновесия между процессами десорбции (высыхания) и сорбции (поглощения) влаги материалом. Точка равновесия определяется параметрами окружающей среды и соответствует определенной влажности окружающего воздуха. Этот показатель определяет способность материала удерживать влагу, влияет на требования к упаковке и на возможность окружающего воздуха осуществлять процесс десорбции. Чем ближе характеристики влажного материала и сушильного агента к значениям равновесной влажности, тем медленнее происходит процесс сушки [1, 7, 9].

Сушёные плоды представляют собой концентрированные продукты питания, богатые углеводами и другими питательными веществами. Их ценность заключается в высоком содержании сахаров, органических кислот, минеральных солей и других полезных компонентов. В процессе сушки плоды уменьшаются в весе, однако сохраняют витамины, которые содержатся в свежих плодах. Сушёные плоды легко хранятся, транспортируются и не требуют сложной упаковки. По сравнению с другими видами консервации, сушка обладает рядом преимуществ, таких как более удобная транспортировка, экономия упаковочных материалов и отсутствие необходимости сложного оборудования для их производства [3, 5, 8].

Сушка фруктов для их сохранения на зиму имеет древние корни. При удалении из фруктов значительной части влаги микроорганизмы не могут использовать её для своего размножения, что предотвращает порчу продуктов. Существуют два основных метода сушки: естественный (воздушно-солнечный) и искусственный. В южных районах страны чаще используется первый способ для сушки плодов и ягод, в то время как второй способ применяется в промышленности. Подвергают воздушно-солнечной сушке такие плоды и овощи, как виноград, яблоки, груши, абрикосы, вишни, сливы, персики, дыни и многие другие.

Для проведения сушки продуктов обычно используют специально подготовленные площадки, чаще всего расположенные прямо в садах. Эти площадки должны быть удалены от дорог и земли, чтобы избежать поднятия пыли ветром. Вблизи площадок обычно устанавливают навесы, под которыми подготавливают сырьё, а также специальные камеры или другие устройства для проведения процесса сульфитации [10].

В настоящее время одним из наиболее распространённых методов сушки продуктов является конвективный способ. Он основан на передаче тепла просушиваемому продукту за счёт энергии, которую передаёт нагретый сушильный агент − воздух или парогазовая смесь.

При данном методе сушки продуктов происходит омывание нагретым газом, воздухом, топочными газами, перегретым паром и другими теплоносителями, которые имеют температуру, отличную от температуры материала, подвергаемого сушке. В результате подачи тепловой энергии продукту происходит испарение влаги из него, а пары влаги удаляются с помощью сушильного агента. Существует несколько видов конвективной сушки материалов: сушка в слое, при которой используются различные типы сушилок (туннельные, камерные, петлевые, валковые, турбинные, ленточные, шахтные) со смыванием материала агентом сушки, а также конвективная сушка с сопловым обдувом.

Существует несколько методов конвективной сушки овощей и фруктов, включая сушку во взвешенном и полувзвешенном состоянии. Эти методы могут реализовываться с использованием различного оборудования, такого как барабанные установки, установки с кипящим слоем, пневматические трубы-сушилки, вихревой поток и сушка распылением. Хотя такое оборудование отличается простым устройством, оно обладает высокими удельными энергозатратами. Однако использование этого метода может сопровождаться нерациональным

расходованием энергии из-за потерь тепла на нагрев конструкций и окружающей среды [2].

Этот метод сушки продуктов имеет свои недостатки, которые негативно сказываются на качестве конечного продукта. Одним из основных недостатков является то, что при таком способе сушки происходит только испарение влаги с поверхности, что приводит к образованию пленки, затрудняющей процесс сушки и негативно влияющей на внешний вид, вкус и аромат сухопродукта. Высокая температура и продолжительность процесса сушки способствуют окислительным процессам, что приводит к потере витаминов и биологически активных веществ в готовом продукте, и не способствует подавлению первичной микрофлоры.

Сублимационная сушка широко применяется в производстве лекарственных препаратов, ферментов, заквасок, экстрактов лекарственных трав и других продуктов, требующих сохранения всех полезных компонентов в сухом виде на протяжении длительного времени. Благодаря очень низкому содержанию влаги в сублимационно-вакуумных материалах (обычно 2-5 %), они могут храниться в течение продолжительных периодов времени при нерегулируемых температурных условиях.

В производстве продуктов питания широко применяется сублимационно-вакуумная сушка как эффективное средство консервации. Она заключается в замораживании свежих продуктов и удалении из них жидкости, что позволяет сохранить до 95 % питательных веществ, микроэлементов и витаминов, а также сохранить первоначальную форму, натуральный вкус, цвет и аромат продукта на длительное время (от двух до пяти лет) при широком диапазоне температур окружающей среды (от -50 до +50° С). Сублимационно-вакуумная сушка делает излишним применение ароматизаторов, консервантов и красителей в производстве продуктов питания [1, 6].

Одним из основных преимуществ вакуумной сушки продуктов является минимальное снижение объёма исходного продукта, что позволяет избежать их повреждения и быстро восстановить пористую структуру сублимированных сухопродуктов путём добавления воды. В среднем, вес сублимированных сухопродуктов составляет от 1/5 до 1/10 от начальной массы, что имеет огромное значение для сокращения расходов на их транспортировку. Кондуктивный метод сушки пищевых продуктов основан на передаче тепла непосредственно высушиваемому продукту через контакт с нагретой поверхностью сушильного оборудования.

Для сушки продуктов питания этот способ редко используется из-за недостаточного качества конечного сухопродукта. Неравномерность влажности может привести к пересушиванию продукта, контактирующего с нагретой поверхностью во время процесса сушки, что затрудняет восстановление и приводит к потере 30-40 % витаминов и биологически активных веществ. Кроме того, конечный сухопродукт становится ломким из-за высокой температуры в камере сушильного оборудования. Однако этот метод чаще применяется для сушки пиломатериалов, а также сырья и продукции в текстильной промышленности [5, 6].

При кондуктивной сушке продукта тепло передаётся влажному материалу только через нагретую поверхность, которая затем передаёт его на открытую поверхность продукта, где происходит испарение влаги. При этом часть тепла также теряется через излучение и конвекцию открытой поверхностью продукта в окружающую среду. Однако доля этих потерь в общем расходе тепла невелика и составляет всего 3-5 %, что делает сушильное оборудование достаточно эффективным. Несмотря на это, из-за влияния на потребительские качества и содержание исходных веществ, кондуктивная сушка продуктов редко используется.

В настоящее время одним из самых актуальных и перспективных методов сушки продуктов питания является использование инфракрасного излучения. Инфракрасное излучение воздействует на твёрдые тела путём возбуждения их молекул и атомов за счёт теплового движения. Когда облучаемое тело поглощает инфракрасное излучение, тепловое движение его атомов и молекул увеличивается, что приводит к его нагреванию. Энергия передаётся от тела с более высоким тепловым потенциалом к телу с более низким. Глубина проникновения инфракрасных лучей в пищевые продукты может достигать 6-12 мм.

На глубину 6-7 мм от поверхности материала проникает лишь небольшая часть энергии излучения, однако температура слоя на этом расстоянии возрастает гораздо более интенсивно, чем при применении конвективного нагрева. Коротковолновые инфракрасные лучи оказывают более сильное воздействие на пищевые продукты за счёт их глубокого проникновения и эффективного воздействия на молекулярную структуру продуктов.

Инфракрасная сушка пищевых продуктов как технологический процесс базируется на том, что инфракрасное излучение определённой длины волны активно поглощается водой, содержащейся в продукте, но не поглощается тканью самого продукта, что позволяет удалять влагу при низкой температуре (40-60° С). Это практически полностью сохраняет витамины, биологически активные вещества, натуральный цвет, вкус и аромат продуктов, подвергаемых сушке [4].

Сушка продуктов по данной технологии позволяет сохранить до 80-90 % содержания витаминов и других биологически активных веществ в сухом продукте по сравнению с исходным сырьём. После непродолжительного замачивания (10-20 минут) сушёный продукт восстанавливает все свои натуральные органолептические, физические и химические свойства, что позволяет употреблять его в свежем виде или подвергать любым видам кулинарной обработки. Этот метод сушки продуктов открывает возможности для производства разнообразных пищевых концентратов быстрого приготовления, таких как первые, вторые, третьи блюда, закуски, каши, крупы, овощные и фруктовые порошки. Эти продукты находят применение в хлебопекарной и кондитерской промышленности, а также как компоненты для сухих смесей детского питания.

Заключение. Порошки, прошедшие инфракрасную сушку, обладают противовоспалительными, детоксирующими и антиоксидантными свойствами. Применение таких продуктов в молочной, кондитерской и хлебопекарной промышленности позволяет расширить ассортимент пищевой продукции с уникальными вкусовыми характеристиками. Инфракрасная сушка гарантирует, что продукты

не содержат консервантов и других вредных веществ, не подвергаются электромагнитным полям и излучениям.

Список литературы

1. *Калашников, Г.В.* Ресурсосберегающий способ сушки плодов и овощей с использованием СВЧ-энергии / *Г.В. Калашников, Е.В. Литвинов* // В сборнике: материалы LII отчётной научной конференции за 2013 год. – 2014. – С. 24.

2. Экспериментальное исследование сушки овощей при импульсно-прерывном ик-энергоподводе / *Ш. Маматов, М. Рахимджанов, М. Мелибоев, А. Миркомилов* // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 7. – С. 26 - 30.

3. Технология подготовки овощей, грибов и круп для сушки и приготовления блюд для здорового быстрого питания / *В.Ф. Винницкая, О.В. Перфилова, Д.В. Акишин, К.В. Брыксина* // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6. – № 1.

4. *Кольцов, Р.П.* Особенности вакуумной сушки плодов и овощей / *Р.П. Кольцов, А.И. Иосифов, С.Ю. Щербаков* // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – № 2.

5. *Цапенко, Л.А.* Способы сушки плодов и овощей / *Л.А. Цапенко, Е.С. Казанцева* // Молодежь и наука. – 2019. – № 1. – С. 48.

6. Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения / *Е.В. Янченко, М.И. Иванова, Н.Э. Каухчешвили, А.А. Грызунов, С.В. Белова, А.В. Янченко* // Овощи России. – 2024. – № 2. – С. 51 - 57.

7. Эфиромасличные культуры семейства Lamiaceae для вертикального овощеводства / *И.Т. Балашова, Л.В. Беспалько, А.В. Молчанова, Е.В. Пинчук, Н.Е. Мащенко* // Овощи России. – 2020. – № 4. – С. 72 - 75.

8. *Татаринова, М.Н.* Драйверы и тренды развития тепличного овощеводства в России / *М.Н. Татаринова* // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 4. – С. 64 - 68.

9. *Чутчева, Ю.В.* Перспективы развития овощеводства открытого грунта на основе биологизации / *Ю.В. Чутчева, Е.И. Залтан* // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 65 - 70.

10. *Васильев, М.А.* Овощеводство на инновационный путь развития / *М.А. Васильев* // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 1 (7). – С. 12 - 16.

Сведения об авторах

Попов Иван Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.

Максимов Игорь Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

Information about the authors

Popov Ivan A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.

Maksimov Igor V. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

УДК 633.854

ПОИСК ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ СУШКИ СЕЛЬДЕРЕЯ

И.А. Попов, И.В. Максимов

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по выявлению оптимальных способов сушки зелени сельдерея различных сортов. При правильном выборе сортов сырья, тщательном следовании технологическому процессу и правильном хранении можно получить сушёные плоды и овощи высокой питательной ценности и отличного вкуса. Из-за низкого содержания влаги в сушёных плодах и овощах исключается возможность развития большинства микроорганизмов, что способствует их длительному хранению. Проведённые исследования показали, различия в качественных показателях продукции в зависимости от способа сушки.

Ключевые слова: сушка, сельдерей, зелень, сорт, влага, хранение.

SEARCH FOR PROMISING WAYS TO DRY CELERY

I.A. Popov, I.V. Maksimov

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. The article presents the results of experimental studies to identify the optimal ways to dry celery greens of various varieties. With the right choice of raw materials, careful adherence to the technological process and proper storage, dried fruits and vegetables of high nutritional value and excellent taste can be obtained. Due to the low moisture content in dried fruits and vegetables, the possibility of the development of most microorganisms is excluded, which contributes to their long-term storage. The conducted studies have shown differences in the quality of products depending on the drying method.

Key words: drying, celery, greens, variety, moisture, storage.

Введение. Сушка плодов и овощей играет значительную роль в народном хозяйстве. При правильном выборе сортов сырья, тщательном следовании технологическому процессу и правильном хранении можно получить сушёные плоды и овощи высокой питательной ценности и отличного вкуса. Существует два основных способа сушки: естественная солнечная и искусственная с использованием специальных сушильных аппаратов [5, 8].

Результаты и обсуждение. Свежие плоды и овощи содержат от 75 % до 95 % воды, в то время как у сушёных овощей этот показатель составляет 12-14 %, а у сушёных плодов − 18-25 %. Это означает, что высушенные продукты имеют значительно меньшую массу и объём по сравнению со свежими [1, 2, 7].

Из-за низкого содержания влаги в сушёных плодах и овощах исключается возможность развития большинства микроорганизмов, что способствует их длительному хранению. Сушёные продукты хорошо сохраняются при низких температурах (от 2 до 10 градусов Цельсия) или даже при обычных условиях

складских помещений. Они компактны, легко упаковываются и перевозятся, не подвержены замерзанию в холодное время года и могут сохраняться без порчи в течение многих месяцев, а при правильной упаковке и годами.

Солнечная сушка широко используется в регионах с тёплым и сухим климатом, особенно для сушки винограда, абрикосов и яблок. Для этого создают специальные площадки, расположенные среди садов и виноградников на открытых, незатемнённых участках.

Контактная сушка − один из наиболее широко распространённых методов сушки. В процессе контактной сушки в качестве сушильного агента используется нагретый воздух, топочные газы или перегретый пар. Этот агент передаёт материалу тепло, что позволяет удалять влагу в виде пара, выводимого в окружающую среду. Таким образом, в контактной сушке сушильный агент выполняет функции, как теплоносителя, так и влагопоглотителя [3, 6, 9].

Сушка термоизлучением осуществляется с использованием инфракрасных лучей. Для сушки растительных пищевых материалов наиболее эффективными оказались коротковолновые инфракрасные лучи с длиной волны около 1,6-2,2 мкм.

Сушка с использованием инфракрасного излучения является эффективным методом, который обладает рядом преимуществ. Во-первых, данный способ позволяет проводить процесс обезвоживания продукта при низких температурах, что способствует сохранению качественных характеристик продукта. Во-вторых, вода удаляется точно, без повреждения клеточных структур, что особенно важно при использовании метода осмоса.

Эти преимущества играют ключевую роль. Первое обеспечивает сохранение биологически активных веществ, таких как каротин и витамины, а также сохранение внешнего вида продукта, включая хлорофилл и пигменты. Второе же позволяет получить продукт с нормальным объёмом, содержанием и внешним видом во время последующего приготовления блюд [2, 5, 10].

Целью наших исследований является изучение способов сушки зелени сельдерея различных сортов.

При процессе обезвоживания овощей важное значение имеет содержание сухих веществ в них. Сухими веществами, или сухими остатками, называется то, что остаётся после удаления влаги из продукта при сушке.

Содержание сухих веществ в овощах обычно составляет 10-20 %, из которых небольшая часть (2-5 %) представлена нерастворимыми в воде соединениями, такими как клетчатка, протопектин, азотистые вещества, пигменты и другие компоненты клеточных стенок.

Среди растворимых сухих веществ, содержащихся в овощах, можно выделить сахара, кислоты, азотистые вещества, соединения фенольной группы, пектин, витамины, минеральные соли и другие полезные компоненты.

Количество сухих веществ влияет на эффективность оборудования, время выполнения технологических операций и другие производственные показатели. Чем выше содержание сухих веществ в исходном материале, тем выше выход готовой продукции, больше производительность технологической линии и

меньше энергозатрат на удаление влаги [4]. Основную долю сухих веществ составляют углеводы, определяющие вкусовые характеристики и текстуру продукта, а также технологические особенности его обработки. Результаты анализов содержания сухих веществ представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что процентное содержание сухих веществ в свежей зелени сельдерея составляет 9,62 у сорта «Деликатес» и 9,70 у сорта «Яблочный».

Таблица 1 – **Влияние способа сушки на содержание сухих веществ по сортам сельдерея**

Сорт	**Содержание сухих веществ, %**			
	в свежей зелени	**после сушки**		
		ИК-сушка	**контактная сушка**	**воздушно-солнечная сушка**
Яблочный	9,70	91,52	90,21	85,91
Деликатес	9,62	91,11	87,55	83,69

Этот показатель играет важную роль, так как именно он определяет выход готовой продукции и время сушки. Чем больше сухих веществ содержит продукт, тем меньше времени требуется для его обезвоживания.

В высушенной продукции процентное содержание сухих веществ резко увеличивается из-за уменьшения влажности продукта.

Витамины играют важную роль в нормальном обмене веществ в клетках человеческого организма. Особенно важен витамин *С* (аскорбиновая кислота), который участвует в процессах обмена веществ, переносит водород и легко превращается из гидроформы в дегидроформу (дегидроаскорбиновую кислоту). Обе формы этого витамина, физиологически активны, однако дегидроаскорбиновая кислота менее стойкая и при окислении превращается в дикетогулоновую кислоту, которая не обладает физиологической активностью. Недостаток витамина *С* может привести к цинге, а его наличие способствует окислению холестерина и укреплению иммунной системы организма. Основным естественным источником этого витамина являются продукты растительного происхождения.

Витамин *С* очень чувствителен и легко разрушается при окислении, особенно в щёлочной среде, при нагревании, сушке и под воздействием света. Окисление ускоряется в присутствии железа, меди и окислительных ферментов, особенно при измельчении сырья, что способствует высвобождению ферментов. Поэтому при переработке необходимо избегать длительного контакта нарезанного сырья с воздухом, водой и металлами.

Содержание витамина *С* в овощах может варьироваться в зависимости от сорта, условий выращивания, срока хранения и степени зрелости. При нагревании овощей содержание витамина *С* увеличивается, однако при перегревании оно уменьшается. Во время осенне-зимнего хранения сырья количество витамина также снижается.

В таблице 2 представлено содержание витамина *С* в зелени сельдерея.

Наибольшее содержание витамина *С* (124,52 мг, %) в свежей зелени отмечено у сорта сельдерея «Яблочный», тогда как «Деликатес» содержит всего 33,88

мг %.

Таблица 2 – **Изменение содержания витамина *С* в зелени сельдерея во время сушки**

Сорт	Содержание сухих веществ, %			
	в свежей зелени	после сушки		
		ИК-сушка	контактная сушка	воздушно-солнечная сушка
Яблочный	124,52	20,06	15,31	14,08
Деликатес	33,88	6,16	4,40	4,14

Исследованиями многих учёных установлено, что витамин *С* разрушается под действием высоких температур и поэтому в наших опытах после сушки содержание витамина *С* в зелени сельдерея уменьшилось в несколько раз. Наибольшие потери витамина *С* наблюдались при воздушно-солнечной сушке по всем сортам. Более щадящий режим инфракрасного излучения по сравнению с контактным способом сушки оказал положительное влияние на сохранность витамина *С* в сушёных листьях сельдерея. Наибольшее содержание этого витамина (20,26 мг %) отмечено у сорта «Яблочный», тогда как в листьях сорта «Деликатес» оно составило всего 6,16 мг.%.

Углеводы играют ключевую роль в составе овощей, определяя их вкусовые качества, текстуру и технологические особенности приготовления. В овощах углеводы могут быть представлены различными формами, такими как сахара, крахмал, целлюлоза, пектин и другие вещества. Сладкие сахара в сочетании с органическими кислотами определяют основной вкус овощей. Углеводы легко усваиваются организмом, но избыточное потребление может вызвать резкий подъём уровня глюкозы в крови.

Витамины в овощах не так стабильны, как сахара, но и последние могут измениться при обработке. Сахароза, дисахарид, могут разлагаться в водных растворах при добавлении кислоты, образуя смесь глюкозы и фруктозы.

Сахара легко растворяются в воде и способны притягивать влагу, особенно фруктоза. Для сохранения их качества рекомендуется хранить в герметичной упаковке или в условиях низкой влажности.

При процессе сушки возможна карамелизация (распад при высокой температуре) и другие химические изменения, которые приводят к образованию тёмно-окрашенных веществ (меланоидов). Эти процессы могут негативно сказаться на вкусе и цвете готовых продуктов, поэтому их следует учитывать при выборе режимов тепловой обработки сырья. Результаты анализа содержания сахаров в зелени сельдерея представлены в таблице 3.

Наибольшее количество сахаров в свежей зелени сельдерея отмечено у сорта «Яблочный» (0,540 %), в тоже время сорт «Деликатес» содержит − 0,130 %.

При анализе сушёной зелени прослеживаются потери сахаров по обоим сортам, но после воздушно солнечной сушки наблюдаются более существенные

потери, чем после инфракрасной и контактной сушки. Это объясняется более щадящим режимом обработки зелени в ИК-сушилке.

Таблица 3 – **Содержание сахаров в свежей и сушёной зелени сельдерея**

Сорт	Содержание сухих веществ, %			
	в свежей зелени	после сушки		
		ИК-сушка	контактная сушка	воздушно-солнечная сушка
Яблочный	0,540	0,317	0,209	0,179
Деликатес	0,130	0,079	0,015	0,005

В итоге установлено, что наибольшее количество сахаров в сушёной зелени содержит сельдерей сорта «Яблочный» (0,317 %) высушенной в инфракрасной сушилке, а наименьшее содержание сахаров при тех же условиях в сорте «Деликатес» (0,079 %).

Жиры в овощах обычно содержатся в небольших количествах, от 0,1 % до 0,4 %. Сельдерей относится к категории овощей с невысоким содержанием жира, который представлен в нём эфирными маслами. Эфирные масла, содержащиеся в различных частях растения, придают сельдерею приятный запах и вкус, способствуя лучшему пищеварению [2]. Таблица 4 демонстрирует содержание жира в сельдерее.

При анализе полученных результатов было установлено, что больше всего жира содержит сорт сельдерея «Яблочный» (2,40 %), а сорт «Деликатес» содержит – 1,61 % жира.

Так как, большая часть жиров в сельдерее представлена эфирными маслами, придающими ему аромат, то именно их летучестью объясняются потери жиров при тепловой обработке.

Таблица 4 – **Динамика содержания жира в зелени сельдерея в зависимости от сорта и способа сушки**

Сорт	Содержание сухих веществ, %			
	в свежей зелени	после сушки		
		ИК-сушка	контактная сушка	воздушно-солнечная сушка
Яблочный	2,40	1,11	0,92	0,62
Деликатес	1,61	0,98	0,31	0,10

Более щадящие режимы при инфракрасной сушке способствовали меньшим потерям жиров в сравнении с контактной сушкой.

Наибольшее количество жиров осталось в сушёной зелени сельдерея сорта «Яблочный» (1,11 %), наименьшее – сорта «Деликатес» (0,98 %).

Заключение. Проведённые исследования показали, что сорт сельдерея «Яблочный» является лучшим по ряду параметров. Согласно данным исследования, данный сорт содержит максимальное количество сухих веществ в свежей зелени − 9,70 %, 91,52 % после ИК-сушки, 90,21 % после сушки контактным способом и 85,91 % после воздушно-солнечной сушки. Этот показатель имеет важное значение, так как влияет на выход готовой продукции после сушки. Кроме

того, сорт «Яблочный» также лидирует по содержанию витамина *С* как в свежей, так и в сушёной зелени, по сравнению с другим популярным сортом − «Деликатес».

Сорт сельдерея «Яблочный» содержит различное количество сахара в зависимости от способа сушки: 0,540 % в свежей зелени, 0,317 % после ИК-сушки, 0,209 % после контактной сушки и 0,179 % после воздушно-солнечной сушки.

Список литературы

1. *Калашников, Г.В.* Ресурсосберегающий способ сушки плодов и овощей с использованием СВЧ-энергии / *Г.В. Калашников, Е.В. Литвинов* // В сборнике: материалы LII отчетной научной конференции за 2013 год. – 2014. – С. 24.

2. Экспериментальное исследование сушки овощей при импульсно-прерывном ик-энергоподводе / *Ш. Маматов, М. Рахимджанов, М. Мелибоев, А. Миркомилов* // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 7. – С. 26 - 30.

3. Технология подготовки овощей, грибов и круп для сушки и приготовления блюд для здорового быстрого питания / *В.Ф. Винницкая, О.В. Перфилова, Д.В. Акишин, К.В. Брыксина* // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6. – № 1.

4. *Кольцов, Р.П.* Особенности вакуумной сушки плодов и овощей / *Р.П. Кольцов, А.И. Иосифов, С.Ю. Щербаков* // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – № 2.

5. *Цапенко, Л.А.* Способы сушки плодов и овощей / *Л.А. Цапенко, Е.С. Казанцева* // Молодежь и наука. – 2019. – № 1. – С. 48.

6. Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения / *Е.В. Янченко, М.И. Иванова, Н.Э. Каухчешвили, А.А. Грызунов, С.В. Белова, А.В. Янченко* // Овощи России. – 2024. – № 2. – С. 51 - 57.

7. Эфиромасличные культуры семейства Lamiaceae для вертикального овощеводства / *И.Т. Балашова, Л.В. Беспалько, А.В. Молчанова, Е.В. Пинчук, Н.Е. Мащенко* // Овощи России. – 2020. – № 4. – С. 72 - 75.

8. *Татаринова, М.Н.* Драйверы и тренды развития тепличного овощеводства в России / *М.Н. Татаринова* // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 4. – С. 64 - 68.

9. *Чутчева, Ю.В.* Перспективы развития овощеводства открытого грунта на основе биологизации / *Ю.В. Чутчева, Е.И. Залтан* // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 65 - 70.

10. *Васильев, М.А.* Овощеводство на инновационный путь развития / *М.А. Васильев* // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 1 (7). – С. 12 - 16.

Сведения об авторах

Попов Иван Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.

Максимов Игорь Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

Information about the authors

Popov Ivan A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after

emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.
Maksimov Igor V. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

УДК 633.854

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА СУШКИ ШПИНАТА ЗЕМЛЯНИЧНОГО

И.А. Попов, И.В. Максимов

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена сравнительная характеристика способов сушки шпината земляничного. Изучено влияние различных способов сушки на кислотность, содержание сахаров, витамина *С*, каротина и сырой золы. Было подтверждено, что инфракрасный метод сушки положительно влияет на качество конечного продукта по сравнению с воздушно-солнечным и контактным методами. Лучшие органолептические и физико-химические показатели были достигнуты при использовании инфракрасной сушки для шпината земляничного. Кроме того, готовый продукт, полностью соответствует стандартам качества для сушёных овощей. Это подтверждает возможность использования земляничного шпината для сушки.
Ключевые слова: сушка, овощи, фрукты, влага, хранение.

FINDING THE OPTIMAL WAY TO DRY STRAWBERRY SPINACH

I.A. Popov, I.V. Maksimov

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. The article discusses the comparative characteristics of the methods of drying strawberry spinach. The effect of various drying methods on acidity, sugar content, vitamin *C*, carotene and crude ash has been studied. It has been confirmed that the infrared drying method has a positive effect on the quality of the final product compared to the air-solar and contact methods. The best organoleptic and physico-chemical parameters were achieved using infrared drying for strawberry spinach. In addition, the finished product fully complies with the quality standards for dried vegetables. This confirms the possibility of using strawberry spinach for drying.
Key words: drying, vegetables, fruits, moisture, storage.

Введение. Зелёные культуры ценны благодаря высокому содержанию биологически активных веществ, отсутствующих в других продуктах. Они богаты практически всеми витаминами, необходимыми для организма (*С*, *В*1, *В*2, *В*3, *Р*, *К*, *Е*), а также содержат множество минеральных солей и органических кислот, способствующих нормальному функционированию организма и защищающих от болезней.

Материалы и методы. Земляничный шпинат – это легко выращиваемое растение с множеством преимуществ. Оно не требовательно к внешним условиям, быстро развивается по сравнению с другими растениями, обладает экзотическим внешним видом, и, кроме того, является съедобным и полезным для здоровья [7, 8].

Результаты и обсуждение. Земляничный шпинат – это быстрорастущее однолетнее овощное растение, формирующее раскидистые кусты высотой 50-60 см. Развиваясь, шпинат образует розетки светло-зелёных, копьевидных листьев на длинных черешках. Этот вид шпината встречается в естественных условиях в южных областях Европы, Северной Африки и на Средиземноморском побережье Азии, где считается его родиной. Одной из характерных особенностей этого растения является то, что как листья, так и ягоды пригодны для пищи, причём вкус листьев никоим образом не зависит от периода цветения.

Растение, известное как земляничный шпинат, получило своё название благодаря сходству его плодов с ягодами земляники или малины. Оно относится к овощным зелёным культурам и принадлежит к семейству маревых. Этот однолетний вид имеет заметное сходство с лебедой.

Ягоды земляничного шпината не только привлекательны внешне, но и обладают ценными свойствами. Они богаты растительными белками, фруктозой, галактозой, сахарозой, а также витаминами *C, B, E, A, P*, а также множеством других микро- и макроэлементов [2, 3, 4].

Помимо вышеперечисленных особенностей, земляничный шпинат, как и обычный шпинат, обладает высоким содержанием железа, превосходит пшеничную муку по содержанию липидов. Ягоды земляничного шпината можно использовать для приготовления вкусных компотов, начинок для пирогов и варенья. Их также можно сушить, замораживать и использовать в зимний период. Листья этого растения идеально подходят для салатов. Ценность земляничного шпината заключается в его богатом витаминном составе, являющемся первой весенней зеленью. Основной задачей наших исследований является изучение методов сушки земляничного шпината.

В 2022 году на опытном участке в Липецкой области, в Усманском районе, была проведена посадка и выращивание исследуемой культуры для научных исследований. После достижения технической степени зрелости, растения были собраны и подготовлены к процессу сушки. Сушка проводилась тремя способами: воздушно-солнечным, инфракрасным и контактным. Дальнейшие анализы проводились на кафедре технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции и в лаборатории биологических анализов ВГАУ.

Органические кислоты играют важную роль в обмене веществ у растений. Они являются в основном продуктами превращения сахаров, участвуют в биосинтезе алкалоидов, гликозидов, аминокислот и других биологически активных соединений. Кроме того, органические кислоты служат связующим звеном между отдельными стадиями обмена жиров, белков и углеводов [1, 9].

В плодах растений органические кислоты обычно находятся в свободной форме, в то время как в листьях и других органах растений преобладают их соли.

Органические кислоты могут быть разделены на две группы: летучие и нелетучие. Методы определения общей кислотности изучаемых объектов чаще всего включают прямое титрование продукта или титрование фильтрата, полученного после вымачивания продукта в воде или после удаления кислот и кислотных солей из продукта при нагревании. Количество израсходованного для титрования щелочного вещества пересчитывается на эквивалент кислоты, как правило, яблочной кислоты.

Таблица 1 – **Влияние способа сушки на кислотность ягод шпината земляничного**

Наименование	Содержание кислот, %			
	воздушно-солнечная сушка	контактная сушка	инфракрасная сушка	в свежем виде
Шпинат земляничный	0,51	0,54	0,57	0,60

Кислотность готового продукта варьировала по вариантам опыта. Самая высокая кислотность наблюдалась у растений, высушенных методом инфракрасной сушки, и составила 0,57 %, а самая низкая – у ягод, высушенных воздушно-солнечным способом (0,51 %).

Витамин *С*, или аскорбиновая кислота, играет ключевую роль в питании человека. Он необходим для синтеза ферментов, участвует в окислительно-восстановительных процессах, тканевом дыхании, образовании нуклеиновых кислот, обмене аминокислот и синтезе белка. Витамин *С* также влияет на работу сердечно-сосудистой системы, помогает нормализовать обмен углеводов и снижает уровень холестерина в крови. Этот органический компонент, близкий к глюкозе, растворим в воде, поэтому нуждается в ежедневном пополнении через продукты питания. Однако витамин *С* подвержен разрушению при высоких температурах, воздействии кислорода и света. Главным источником этого витамина являются продукты растительного происхождения.

Таблица 2 – **Содержание витамина *С* в сырье и готовом продукте**

Наименование	Содержание витамина *С*, мг %			
	воздушно-солнечная сушка	контактная сушка	инфракрасная сушка	в свежем виде
Шпинат земляничный	2,11	2,20	2,96	3,26

Из таблицы 2 видно, что наибольшее содержание витамина *С* наблюдается в шпинате земляничном, высушенном методом инфракрасной сушки (2,96 %), а наименьшее – в варианте с применением воздушно-солнечной сушки (2,11 %).

Сухое вещество представлено органическими и неорганическими (минеральными) компонентами. Минеральные вещества, или зола – это остаток продукта после его сжигания. Органическая часть сухого вещества включает азотсодержащие (белковые) и не-азотсодержащие вещества, а также витамины. Белок состоит из белков и амидов (органических азотсодержащих соединений). Как

и жиры и углеводы, белок содержит углерод, водород и кислород, но, в отличие от них, также содержит азот [5, 6].

Высокий процент содержания сухих веществ наблюдается при инфракрасной сушке и составляет 22,16 %, при контактном − 21,94 %, при воздушно-солнечном – 17,37 %.

Таблица 3 – **Содержание сухих веществ в зависимости от способа сушки шпината земляничного**

Наименование	Содержание сухих веществ, %			
	воздушно-солнечная сушка	контактная сушка	инфракрасная сушка	в свежем виде
Шпинат земляничный	17,37	21,94	22,16	25,60

Продукты в основном содержат дисахариды (например, сахарозу, мальтозу, лактозу) и моносахариды (такие как глюкоза, галактоза, фруктоза). Для большинства продуктов важно общее содержание сахаров, а для некоторых также редуцирующих сахаров – сахаров, которые легко окисляются.

Общий сахар представляет собой суммарное содержание сахарозы и восстанавливающих низкомолекулярных сахаров, выраженное в процентах сахарозы.

Углеводы являются основной частью сухих веществ. Они определяют вкусовые характеристики, консистенцию продукции и технологические особенности её обработки. Сахара в процессе технологической обработки могут претерпевать изменения: в присутствии кислот они могут образовывать тёмные соединения с азотистыми веществами, известные как меланоиды.

Таблица 4 – **Содержание общих сахаров**

Наименование	Содержание общих сахаров, %			
	воздушно-солнечная сушка	контактная сушка	инфракрасная сушка	в свежем виде
Шпинат земляничный	4,3	5,1	6,0	9,8

В результате исследований установлено, что наименьшее содержание сахаров находится в шпинате земляничном высушенным воздушно-солнечным способом (4,3 %).

Следует отметить, что инфракрасная сушка благоприятно сказывается на содержании сахаров в готовом продукте по сравнению с воздушно-солнечным и контактным способами.

Фосфор является одним из ключевых химических элементов, необходимых для жизнедеятельности организмов. В чистом виде он не встречается в природе из-за высокой химической активности, способности быстро образовывать соединения с другими элементами. Однако соединения фосфора играют решающую роль в биохимических процессах живых организмов. Фосфор содержится во многих веществах организма, включая фосфолипиды, фосфопротеиды, нуклеотиды, коферменты и ферменты. Особенно важны фосфолипиды, которые

являются основным строительным компонентом клеточных мембран в организме человека [2, 4, 10].

Фосфорная кислота – остатки входят в состав нуклеиновых кислот, нуклеотидов, а также важных молекул, таких как аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) и креатинфосфат, которые являются ключевыми источниками и переносчиками энергии в организме. Остатки фосфорной кислоты также играют важную роль в буферной системе крови, помогая регулировать её *pH*-значение.

Таблица 5 – **Содержание фосфора**

Наименование	**Содержание фосфора, %**			
	воздушно-солнечная сушка	**контактная сушка**	**инфракрасная сушка**	**в свежем виде**
Шпинат земляничный	0,34	0,38	0,82	1,40

При анализе различных методов сушки продукции стоит отметить, что наименьшие потери фосфора наблюдались при использовании инфракрасного метода сушки шпината – они оказались более чем в два раза меньше, чем при применении воздушно-солнечного и контактного способов.

Кальций не встречается в природе в свободном виде из-за своей химической активности, на практике его можно найти только в соединениях. Кальций легко соединяется и взаимодействует с кислородом, углекислым газом и влажным воздухом, поэтому в лабораторных условиях его хранят в закрытом боксе под слоем керосина или парафина, чтобы предотвратить взаимодействие с окружающей средой и сохранить его качество.

Кальций активно реагирует с водой и активными неметаллами, в то время как с менее активными неметаллическими элементами он взаимодействует лишь при нагревании. Если в воде содержится гидрокарбонат кальция, при кипячении воды происходит его распад, образуя накипь.

Кальций играет ключевую роль в поддержании здоровья скелета и зубов, так как он является основным компонентом этих биологических конструкций. Без достаточного количества кальция они становятся ломкими и подвержены разрушению. Кроме того, кальций широко используется в медицине и пищевой промышленности для создания специальных таблеток, содержащих небольшие дозы этого элемента, которые хорошо усваиваются организмом. Необходимо также отметить, что кальций регулирует множество других функций в организме и играет важную роль в обеспечении жизнедеятельности.

Таблица 6 – **Содержание кальция**

Наименование	**Содержание кальция, %**			
	воздушно-солнечная сушка	**контактная сушка**	**инфракрасная сушка**	**в свежем виде**
Шпинат земляничный	6,1	6,2	62	6,3

В результате проведённого исследования было выявлено, что способ сушки не оказывает значительного влияния на содержание кальция в шпинате земляничном. Почти все различия между вариантами опыта практически

идентичны и находятся в пределах погрешности. Нитраты представляют собой соли азотной кислоты, хорошо растворимые в воде. При нагревании нитратов они превращаются в нитриты с выделением кислорода. Нитраты являются естественными соединениями, поступающими в растения из почвы. Количество нитратов в растениях зависит от их содержания в почве. Однако при определённых условиях эти соединения могут накапливаться в растении даже без добавления больших доз органических и минеральных удобрений.

Аммонийный азот непосредственно участвует в процессе синтеза органических веществ, в то время как нитратный азот сначала превращается с помощью ферментов в аммонийный. Интенсивность процессов синтеза азотсодержащих органических соединений зависит от наличия достаточного количества углеводов в растении, которые образуются в результате фотосинтеза. Для эффективного синтеза необходимо, чтобы растение имело развитый и здоровый листовой аппарат, не подверженный вредителям и болезням, а также получало достаточное количество света, особенно в условиях закрытого грунта.

Для здорового роста и развития растений необходимо обеспечить сбалансированное питание, включающее в себя оптимальное сочетание фосфора, калия, магния и микроэлементов.

Таблица 7 – **Содержание нитратов**

Наименование	**Содержание нитратов, мг/кг**			
	воздушно-солнечная сушка	**контактная сушка**	**инфракрасная сушка**	**в свежем виде**
Шпинат земляничный	1315	1129	1277	1383

Из анализа данных таблицы 7 видно, что наименьшее количество нитратов наблюдается в ягодах, высушенных контактным способом, и составляет 1129 мг/кг, а наибольшее – у готового продукта, высушённого воздушно-солнечным способом (1315 мг/кг).

Заключение. В результате проведённых исследований были выявлены явные различия по способам сушки шпината земляничного. Так, кислотность готового продукта варьировала по вариантам опыта. Самая высокая кислотность наблюдалась у растений, высушенных методом инфракрасной сушки, а самая низкая – у ягод, высушенных воздушно-солнечным способом. Наибольшее содержание витамина *С* наблюдается в шпинате земляничном, высушенном методом инфракрасной сушки, а наименьшее – в варианте с применением воздушно-солнечной сушки. Высокий процент содержания сухих веществ наблюдается при инфракрасной сушке. Также, в результате исследований установлено, что наименьшее содержание сахаров находится в шпинате земляничном высушенным воздушно-солнечным способом. При анализе различных методов сушки продукции стоит отметить, что наименьшие потери фосфора наблюдались при использовании инфракрасного метода сушки шпината – они оказались более чем в два раза меньше, чем при применении воздушно-солнечного и контактного способов.

Список литературы

1. *Калашников, Г.В.* Ресурсосберегающий способ сушки плодов и овощей с использованием СВЧ-энергии / *Г.В. Калашников, Е.В. Литвинов* // В сборнике: материалы LII отчетной научной конференции за 2013 год. – 2014. – С. 24.

2. Экспериментальное исследование сушки овощей при импульсно-прерывном ик-энергоподводе / *Ш. Маматов, М. Рахимджанов, М. Мелибоев, А. Миркомилов* // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 7. – С. 26 - 30.

3. Технология подготовки овощей, грибов и круп для сушки и приготовления блюд для здорового быстрого питания / *В.Ф. Винницкая, О.В. Перфилова, Д.В. Акишин, К.В. Брыксина* // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6. – № 1.

4. *Кольцов, Р.П.* Особенности вакуумной сушки плодов и овощей / *Р.П. Кольцов, А.И. Иосифов, С.Ю. Щербаков* // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – № 2.

5. *Цапенко, Л.А.* Способы сушки плодов и овощей / *Л.А. Цапенко, Е.С. Казанцева* // Молодежь и наука. – 2019. – № 1. – С. 48.

6. Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения / *Е.В. Янченко, М.И. Иванова, Н.Э. Каухчешвили, А.А. Грызунов, С.В. Белова, А.В. Янченко* // Овощи России. – 2024. – № 2. – С. 51 - 57.

7. Эфиромасличные культуры семейства Lamiaceae для вертикального овощеводства / *И.Т. Балашова, Л.В. Беспалько, А.В. Молчанова, Е.В. Пинчук, Н.Е. Мащенко* // Овощи России. – 2020. – № 4. – С. 72 - 75.

8. *Татаринова, М.Н.* Драйверы и тренды развития тепличного овощеводства в России / *М.Н. Татаринова* // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 4. – С. 64 - 68.

9. *Чутчева, Ю.В.* Перспективы развития овощеводства открытого грунта на основе биологизации / *Ю.В. Чутчева, Е.И. Залтан* // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 65 - 70.

10. *Васильев, М.А.* Овощеводство на инновационный путь развития / *М.А. Васильев* // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 1 (7). – С. 12 - 16.

Сведения об авторах

Попов Иван Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.

Максимов Игорь Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, Воронежская область, Воронеж, Мичурина, 1, тел.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

Information about the authors

Popov Ivan A. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89515417355, e-mail: popov.kolobay-popov@yandex.ru.

Maksimov Igor V. – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh state agrarian university named after emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, Michurina, 1, tel.: 89527539807, e-mail: maximus880@mail.ru.

УДК 664.858.8

ИЗУЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ СВОЙСТВ ОБОГАЩЁННОГО МАРМЕЛАДА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Т.П. Хатунцева, Н.М. Дерканосова, Д.А. Стародубцев

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I
Воронеж, Россия

Аннотация. Мармелад относится к достаточно популярной группе кондитерских изделий, потребляемой всеми группами населения. Его функциональное обогащение может вызвать интерес производителей. При этом целесообразно и изучение вопросов сохранности его свойств в процессе хранения. Изучена способность обогащённого мармелада сохранять свойства при хранении в двух типах упаковок. Исследования проводились на обогащённом свекловичной клетчаткой и концентрированным соком брусники фруктово-желейном мармеладе. Установлено, что сохранность свойств образцов зависит от упаковочного материала и продолжительности хранения. На исследованном временном интервале лучшие характеристики по цвету продемонстрировали образцы в затемнённой упаковке – картонной коробке. Для замедления процесса потери влаги и, соответственно, сохранения студнеобразной консистенции мармелада целесообразно герметичное упаковывание продукции.

Ключевые слова: обогащённый мармелад, пищевые волокна, концентрированный сок брусники, свекловичная клетчатка, хранение, свойства мармелада, упаковка.

STUDY OF THE PRESERVATION OF THE PROPERTIES OF ENRICHED MARMALADE DURING STORAGE

T.P. Khatuntseva, N.M. Derkanosova, D.A. Starodubtsev

FSBEI HE Voronezh SAU named after emperor Peter I
Voronezh, Russia

Annotation. Marmalade belongs to a fairly popular group of confectionery products consumed by all groups of the population. Its functional enrichment may arouse the interest of manufacturers. At the same time, it is advisable to study the safety of its properties during storage. The ability of enriched marmalade to preserve its properties when stored in two types of packages has been studied. The research was carried out on fruit and jelly marmalade enriched with beet fiber and concentrated cranberry juice. It is established that the preservation of the properties of the samples depends on the packaging material and the duration of storage. In the studied time interval, the best color characteristics were demonstrated by samples in a darkened package – a cardboard box. To slow down the process of moisture loss and, accordingly, preserve the jelly-like consistency of marmalade, hermetic packaging of products is advisable.

Key words: enriched marmalade, dietary fiber, concentrated cranberry juice, beet fiber, storage, properties of marmalade, packaging.

Введение. Состояние человеческого организма во многом зависит от того, какую пищу он употребляет [5]. Для правильного и сбалансированного питания всё чаще разрабатываются способы обогащения уже известных продуктов или совершенно новые полезные продукты. Мармелад входит в широкую группу кондитерских изделий [1, 3, 4]. Спрос на этот вид продуктов делает их хорошим

для изучения сохранности свойств обогащённого мармелада в зависимости от упаковочных материалов и сроков хранения.

Материалы и методы. Исследования проводились на мармеладе с основой из яблочного пюре, обогащённом концентрированным соком брусники, полученным из ООО «Чайный дом «Чистота»» ХМАО и свекловичной клетчаткой «Оргтиум». Для проведения исследований были выбраны три образца мармелада: контрольный (образец № 1), на основе яблочного пюре; с соотношением яблочного пюре и брусничной сока в массовых долях 87:13 (образец № 2); с добавлением 2 % свекловичной клетчатки к яблочно-брусничной смеси (в массовых долях 87:13) (образец № 3) [2, 3, 6, 7].

Хранение мармелада производили в двух типах упаковок: 1 – полиэтиленовой, 2 – картонной.

Оценивали результаты сохранности свойств мармелада через 7 и 14 суток хранения (за контроль взяты показатели мармелада в день его производства). Для оценки сохранности свойств мармелада производили физико-химические и органолептические испытания образцов.

Результаты и обсуждение. В день выработки образец № 1 имел лучший, по сравнению с образцами после хранения, внешний вид. Консистенция эластичная, свойственная мармеладу. Вкус сладкий с яблочным привкусом. Цвет светло-оранжевый. Запах слабый, слегка яблочный.

Образец № 2 – не липкий, эластичный, консистенция свойственная мармеладу, цвет тёмно-бордовый, что объясняется присутствием концентрированного сока брусники в мармеладе. Запах брусничный, мягкий.

Образец № 3 Внешний вид соответствует форме, в которой выстаивались изделия. Повреждений и изменений на поверхности нет. Цвет темно-бордовый, характерный для брусничники. Консистенция мягкая, студнеобразная, свойственная данному виду изделий. При оценке вкуса чувствуются мелкие частицы свекловичной клетчатки. Запах лёгкий, брусничный.

Физико-химические показатели мармелада в день выработки приведены в таблице 1, их графическое отображение представлено на рисунках 1, 2, 3.

Таблица 1 – **Результаты исследований мармелада по физико-химическим показателям (в день выработки)**

Показатели	**Значения**		
	образец № 1	**образец № 2**	**образец № 3**
Активная кислотность (pH)	4,06	3,80	3,71
Цветность (оптическая плотность)	0,113	0,177	0,181
Влажность, %	17,4	21,7	22,0



Рисунок 1 – **Активная кислотность образцов мармелада в день выработки**

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что наименьшей активной кислотностью обладает образец с добавлением 2 % свекловичной клетчатки, он же обладает наибольшей цветностью и влажностью.

Далее образцы кодируются в следующем порядке: № 1 – контроль, № 2 – с соотношением яблочного пюре и концентрированного сока брусники в массовых долях 87:13, № 3 – с внесением к яблочно-брусничной смеси 2 % свекловичной клетчатки. Хранение образцов осуществляли в полиэтиленовой упаковке. Образцы с номерами 4-6 идентичны по рецептуре образцам 1-3, но хранились в картонной упаковке.

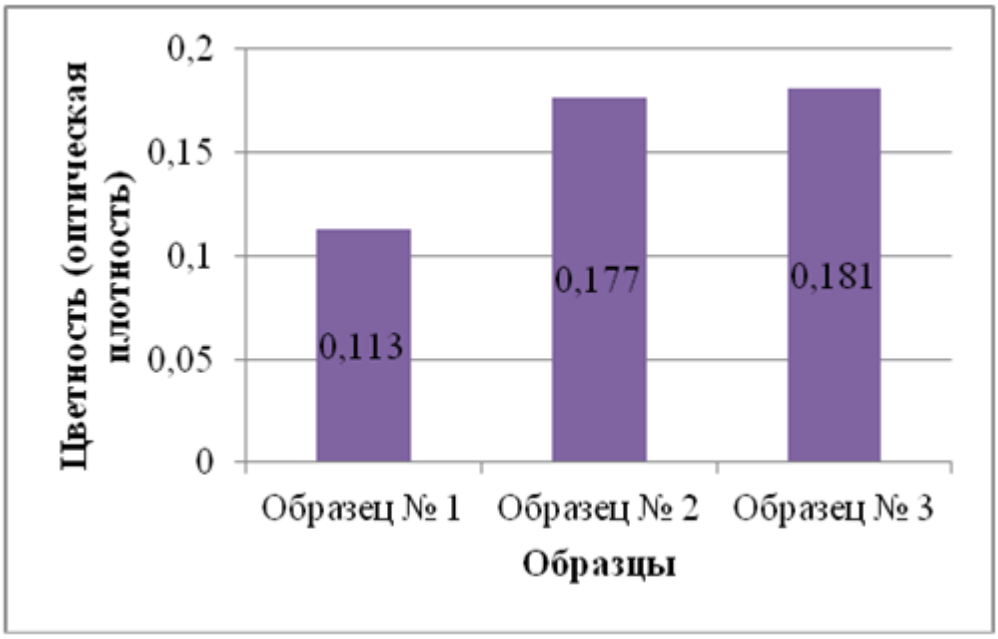


Рисунок 2 – **Цветность (оптическая плотность) образцов мармелада в день выработки**

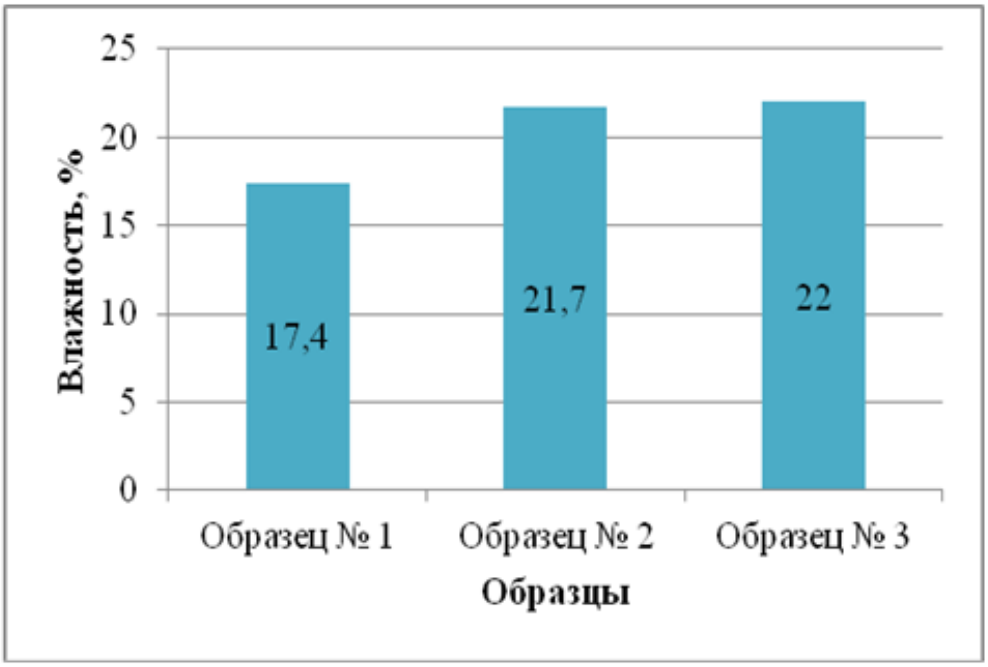


Рисунок 3 – **Влажность, % образцов мармелада в день выработки**

Спустя 7 суток хранения результаты органолептических анализов были следующими.

Образец № 1: образец не изменился во внешнем виде, повреждения на поверхности отсутствуют, образовалась сахаристая корочка. Консистенция без изменений. Цвет остался таким же. Посторонних привкусов и запахов не наблюдается.

Образец № 2: Повреждения и изменения поверхности изделия отсутствуют, консистенция без изменений. Произошли незначительные изменения в цвете: мармелад стал более светлым. Посторонние запах и вкус отсутствуют.

Образец № 3: Внешний вид остался без изменений; образовалась мелкокристаллическая корочка на поверхности мармелада. Внутри консистенция без изменений. Цвет брусничный, немного более светлый, чем образец после выработки. Запах без постороннего. Слегка брусничный аромат.

Образец № 4: Цвет и внешний вид без изменений. Мелкокристаллическая корочка на поверхности. Студнеобразная, мягкая консистенция, свойственная мармелада. Посторонние вкус и запах отсутствуют.

Образец № 5: Внешний вид изменений не претерпевал, на поверхности тонкая мелкокристаллическая корочка. Разлом мармелада мягкий, консистенция свойственная данному виду изделий. Цвет стал чуть более светлым. Без посторонних привкусов и запахов.

Образец № 6: Изменений внешнего вида мармелада не произошло. Консистенция не менялась. Изделие мягкое. Цвет без изменений. Запах слегка брусничный. При проведении вкусового анализа чувствуются мелкие частицы клетчатки.

Далее был проведён физико-химический анализ, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – **Результаты исследований мармелада по физико-химическим показателям (через 7 суток хранения)**

Показатели	Значения					
	образец № 1	образец № 2	образец № 3	образец № 4	образец № 5	образец № 6
Активная кислотность (pH)	4,13	3,85	3,74	4,06	3,85	3,72
Цветность (оптическая плотность)	0,101	0,164	0,179	0,109	0,174	0,187
Влажность, %	16,9	20,6	20,3	17,3	20,7	21,2

На 14 сутки хранения проводились те же анализы, результаты которых приведены ниже.

Образец № 1: Цвет претерпел изменения и стал светло-оранжевым. Консистенция мармелада и его поверхность стали более твёрдыми. Посторонних привкусов и запахов не обнаружено. Вкус остался сладким, слегка яблочный.

Образец № 2: Повреждений и изменений на поверхности нет. Верхняя часть мармелада сильнее затвердела, внутри изделие осталось мягкой. Видимых изменений в цвете не обнаружено. Посторонние запах и вкус отсутствуют. Кисло-сладкий брусничный вкус.

Образец № 3: Внешний вид изделия неизменён. Цвет стал более светлым, внутри консистенция претерпела изменения и стала более твёрдой. Без посторонних запахов.

Образец № 4: Мелкокристаллическая корочка стала более толстой. Внутри мармелад затвердел. Цвет стал более светлым. Посторонние запах и привкус отсутствуют.

Образец № 5: Внутри консистенция слегка изменилась – стала более твёрдой. Поверхность приобрела более светлый оттенок. Посторонние запахи отсутствуют. Вкус без изменений.

Образец № 6: Изменений и повреждений поверхности нет. Консистенция поверхности стала слегка более твёрдой, но сохранила студнеобразную структуру, присущую мармеладу. При разломе мармелад остался мягким. Цвет не менялся. Посторонние запах и вкус отсутствуют. При анализе вкуса чувствуются мелкие частицы клетчатки.

При проведении физико-химических анализов были получены следующие результаты, приведённые в таблице 3.

Данные, полученные при проведении физико-химических исследований, обрабатывались графически и представлены на рисунках 4, 5, 6.

Исходя из полученных данных видно, что активная кислотность образцов мармелада изменяется незначительно. Незначительное увеличение можно связать с удалением летучих органических кислот, что некритично, как с позиций сохранности свойств, тпк и восприятия мармелада потребителями.

Таблица 3 – **Результаты исследований мармелада по физико-химическим показателям (через 14 суток хранения)**

Показатели	Значения					
	образец № 1	образец № 2	образец № 3	образец № 4	образец № 5	образец № 6
Активная кислотность (pH)	4,17	3,89	3,79	4,06	3,85	3,73
Цветность (оптическая плотность)	0,100	0,126	0,165	0,105	0,147	0,176
Влажность, %	15,1	19,5	19,8	16,7	19,9	20,4

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что наибольшим образом сохранили цвет образцы, которые хранились в картонной коробке. Применение прозрачного материала для хранения данного вида изделия приводит к потере интенсивности цвета. Соответственно, наиболее целесообразно будет хранить мармелад, обогащённый ингредиентами растительного происхождения в затемнённой упаковке.

Установлено, что при хранении мармелада его влажность уменьшается. Для снижения потерь влаги, что сказывается на консистенции мармелада, рекомендуется использование герметичной упаковки.

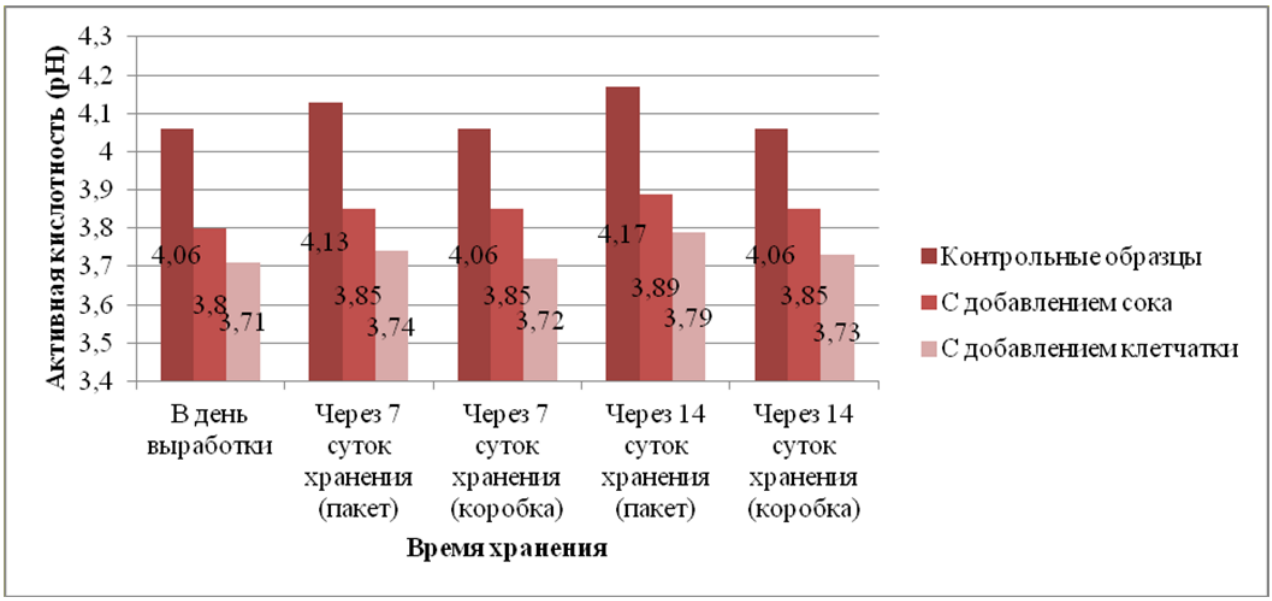


Рисунок 4 – **Изменение показателей активной кислотности в процессе хранения образцов мармелада**

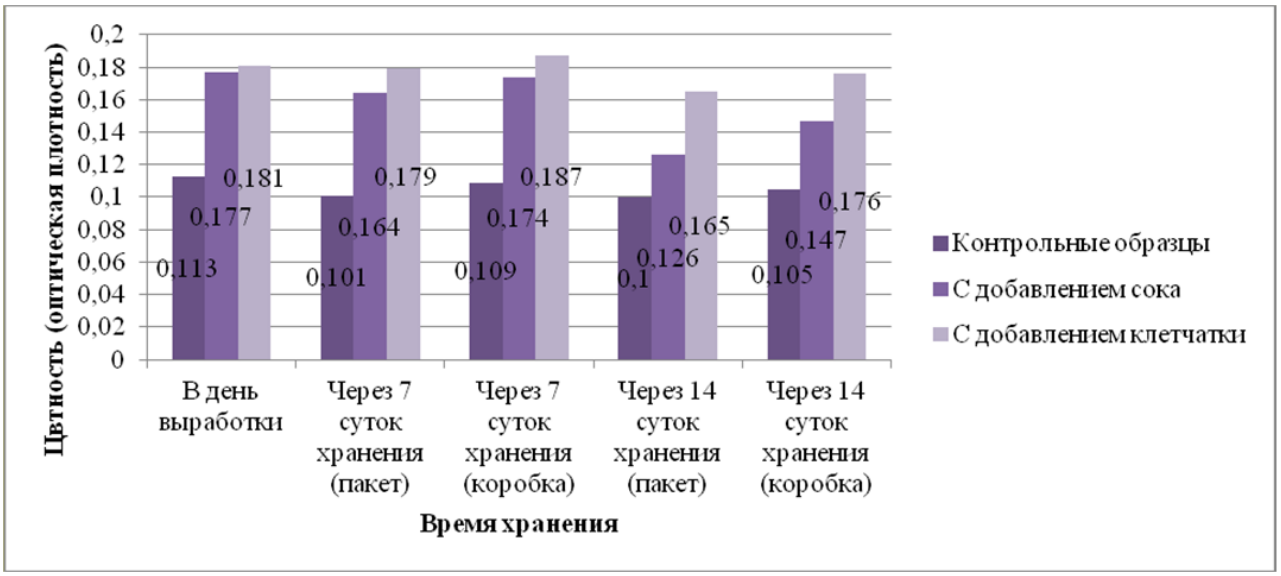


Рисунок 5 – **Изменение цветности (оптической плотности) мармелада в процессе хранения**

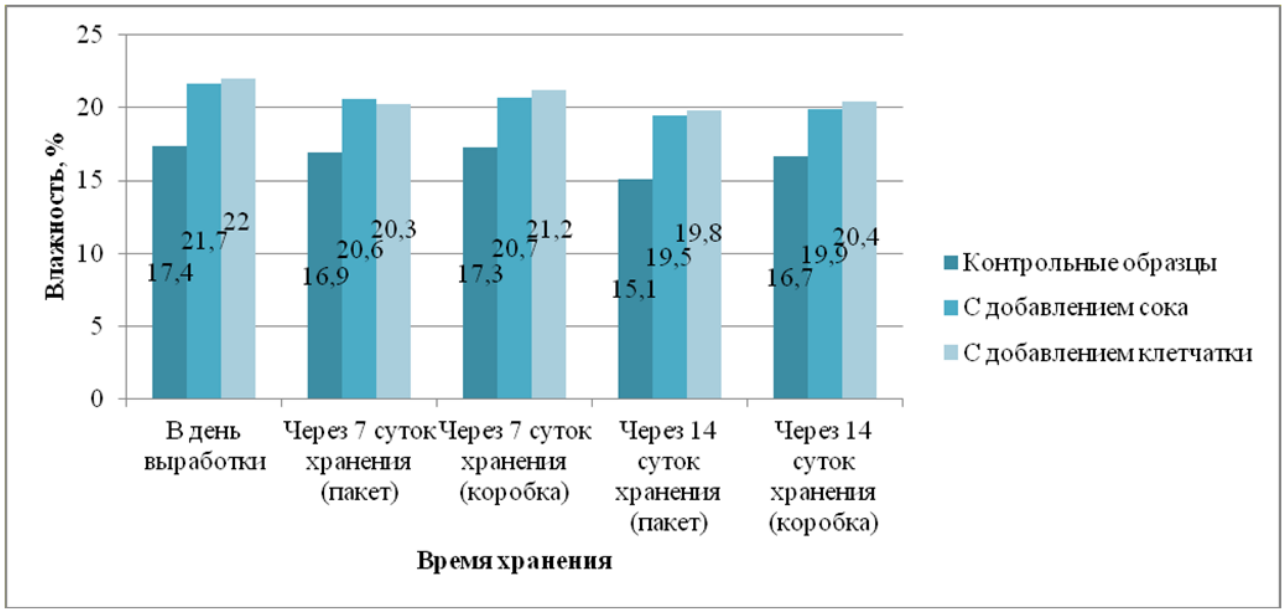


Рисунок 6 – **Изменение влажности, % образцов мармелада в процессе хранения**

Заключение. Исходя из результатов органолептических и физико-химических анализов в процессе хранения мармелада, можно сделать **выводы:**

- На протяжении исследованного периода (14 дней) обогащённый фруктово-желейный мармелад сохраняет свои свойства в пределах нормируемых показателей;

- Лучшим упаковочным материалом с позиций сохранения цвета признана картонная упаковка, предотвращающая разрушение натуральных красящих веществ под воздействием света;

- Для сохранения влажности обогащённого фруктово-желейного мармелада и, соответственно, его структуры, целесообразно герметичное упаковывание продукции.

Для окончательных выводов и рекомендаций по срокам хранения обогащенного мармелада целесообразно проведение экспериментальных исследований на протяжении более длительного периода времени хранения.

Список литературы

1. *Блягоз, М.М.* Перспективы разработки обогащенных растительными белковыми ингредиентами продуктов для здорового питания / *М.М. Блягоз, Л.Г. Влащик* // Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. – 2022 – С. 758 - 760.

2. *Бывалец, О.А.* Технология производства пищевых порошков : учебное пособие / О.А. Бывалец. – Инфра-Инженерия, 2023 – 148 с. – ISBN 978-5-9729-1169-1.

3. Пищевые ингредиенты для продуктов здорового питания: монография / *Н.В. Байлова, О.А. Василенко, Н.А. Галочкина* [и др.]; Воронеж : ВГАУ, 2023. – 183 с. – ISBN 978-5-7267-1342-7.

4. Ресурсосберегающая схема производства сахаристых кондитерских изделий, обогащенных функциональными растительными ингредиентами / *И.Н. Пушмина, Г.Г. Первышина, Л.М. Захарова, В.В. Пушмина* // Техника и технология пищевых производств. – 2016 - № 1. – С. 51 - 60.

5. Российский рынок функциональных продуктов питания для здорового образа жизни человека / *Л.К. Асякина, А.А. Степанова, Т.В. Тамарзина* [и др.]. – DOI: 10.36718/2500-1825-2022-3-29-41 // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2022 - № 3 (25). – С. 29 - 41.

6. Свекловичная клетчатка : [сайт]. URL : https://sport-uzao.ru/objects/2017-12-13-11-50-35/1682-2019-09-05-05-56-05 (дата обращения : 04.06.2024). – Текст : электронный.

7. Сравнительный анализ состава ягод дикоросов как обогащающих пищевых ингредиентов / *О.В. Перегончая, А.П. Покусаев, А.Н. Лукин* [и др.]. – DOI: 10.14529/food230303 // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2023. - № 3. – С. 23 - 30.

Сведения об авторах

Хатунцева Татьяна Петровна – магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394000, Воронеж, Березовая Роща, 24А, e-mail: tatyanahatuntsewa@yandex.ru.

Дерканосова Наталья Митрофановна – д.т.н., проф. зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394000, Воронеж, Березовая Роща, 24А, тел.: 8-952-956-53-73, e-mail: tatyanahatuntsewa@yandex.ru.

Стародубцев Денис Андреевич – аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394007, Воронеж, пр-кт Ленинский, 86, e-mail: den.sta@mail.ru.

Information about the authors

Khatuntseva Tatyana P. – master's student of the FSBEI HE «Voronezh state agrarian university named after Emperor Peter I», 394000, Voronezh, Berezovaya roshcha, 24A, e-mail: tatyanahatuntsewa@yandex.ru.

Derkanosova Natalia M. – doctor of technical sciences, professor, head of the department of commodity science and expertise of goods, FSBEI HE «Voronezh state agrarian university named after emperor Peter the Great», 394000, Voronezh, Berezovaya Roshcha, 24A, tel.: 8-952-956-53-73, e-mail: tatyanahatuntsewa@yandex.ru.

Starodubtsev Denis A. – postgraduate student, FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», 394007, Voronezh, Leninsky Ave., 86, e-mail: den.sta@mail.ru.

УДК 621.36

ИСТОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ЧАЯ

А.М. Худоногов, И.А. Худоногов

ФГБО ВО Иркутский государственный университет путей сообщения,
Иркутск, Россия

Аннотация. В статье представлены традиционные технологии классического, с преобладанием ручного труда, производства чая в Китае, Индии и на Цейлоне. Показаны процессы совершенствования технологии производства чая с использованием современных машин для скручивания, сушки и обработки листьев чая. Представлена информация по производству чая из кипрея в России на основе заимствования фабрикации традиционного китайского чая. При этом экспорт копорского чая в Англию осуществлялась из Копорья сотнями тысяч пудов.

Ключевые слова: оздоровительный чай, электротехнология, завяливание, сушка, технология производства.

HISTORY OF HEALTH TEA PRODUCTION TECHNOLOGY

A.M. Khudonogov, I.A. Khudonogov

FSBEI HE Irkutsk state university of railway engineering
Irkutsk, Russia

Annotation. The article presents traditional technologies of classical, with the predominance of manual labor, tea production in China, India and Ceylon. The processes of improving the technology of tea production using modern machines for twisting, drying and processing tea leaves are shown. Information is presented on the production of tea from fireweed in Russia based on borrowing the fabrication of traditional Chinese tea. At the same time, Koporye tea was exported to England from Koporye in hundreds of thousands of poods.

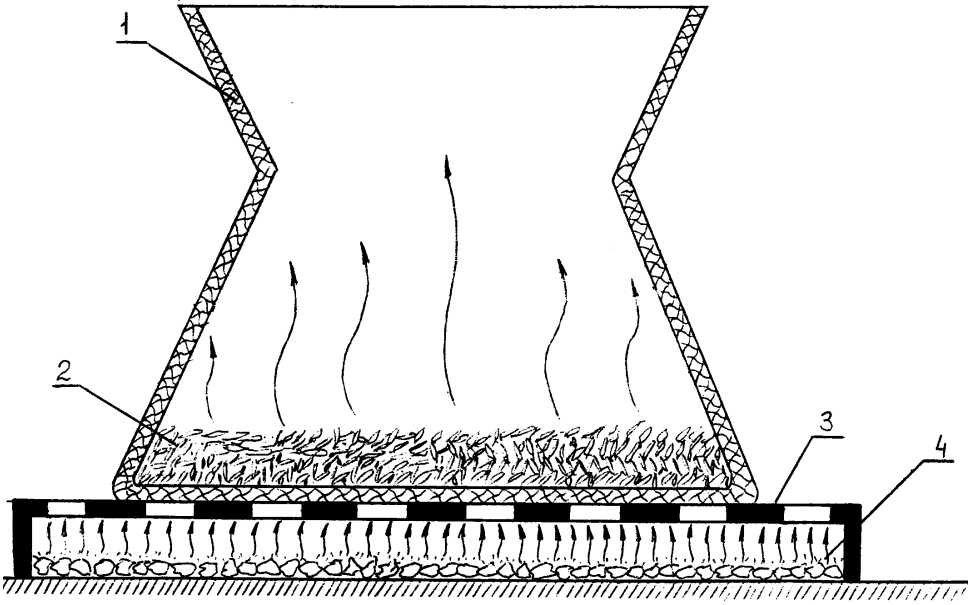
Key words: health tea, electrotechnology, withering, drying, production technology.

Введение. История развития чайного производства в ключевых регионах – Китае, Индии и на Цейлоне – подробно изложена в работе Ивана Николаевича Клингена [1-3]. Его отчёт, основанный на результатах первой сельскохозяйственной экспедиции, проведённой в 1895-1896 годах, представляет собой дневниковую запись, которая не является завершённым научным трудом, но служит ценным руководством для исследователей чайного дела при решении специфических задач.

Материалы и методы. В своём анализе постановки чайного дела в указанных странах, И.Н. Клинген предоставил материалы по технологиям и техникам обработки чая, которые остаются актуальными и в наши дни.

Результаты и обсуждение. В Китае производство чая в значительной степени опиралось на дешёвый ручной труд. Процесс включал завяливание, скручивание, брожение, сушку и обжарку, которые выполнялись почти без использования машин и оборудования. Крестьяне завяливали чайный лист на солнце,

скручивали его, затем помещали в корзины, закрытые одеялами, для брожения, после чего сушили под открытым небом. В дождливую погоду для вяления использовали чугунные чашки, поддерживая слабый огонь под ними и периодически перемешивая листья, чтобы предотвратить их подгорание. После брожения чай высушивали на солнце, и этот продукт, известный как маоча, с содержанием влаги 25-30 %, отправлялся на фабрики для дальнейшей переработки, сортировки и упаковки. Окончательная сушка и обжарка чая проводились в специальных корзинах (пуйлунгах) над угольным жаром (рисунок 1).



1 – корзина из бамбука (пуйлунг); 2 – лист чайный; 3 – плита; 4 – уголь древесный.

Рисунок 1 – **Приспособление для сушки и обжарки чая над угольным жаром (Китай, 1980 г.)**

Начальная сушка выполнялась на слабом угольном жаре, а обжаривание – на более интенсивном. Уголь для этих целей добывали из масличных камелий, таких как *Camellia japonica* и *Camellia sasangua*.

Желание производителей китайского чая насыщать как внутренний, так и внешний рынки большим количеством продукции приводило к снижению качества изделий из-за нарушения технологических процессов. Например, проведение сушки чая в 5-6 последовательных этапах, а затем предоставление 6 месяцев для «Отгорания» приводило к получению продукта с насыщенным ароматом. Однако даже незначительное отклонение от технологии в дозировании могло привести к потере аромата и вкуса уже через 2 месяца.

По мнению многих китайских производителей, улучшение чайного производства в Китае в то время было бы возможно только при внедрении механизированного производства, как это уже было в Индии и на Цейлоне.

Основное различие между китайским и индийским методами производства чая заключалось в том, что в Индии листья вялили в течение 24 часов при рассеянном свете, в то время как в Китае процесс вяления проводился на солнце всего лишь 0,5 часа, в облачную погоду – 1 час.

В Индии и на Цейлоне механизация производства чая полностью вытеснила ручные методы уже в 1880-1890 годах. Это позволило получать продукт однородного качества, прочного в хранении. Свежие зелёные листья поступали на первую станцию фабрики – отделение для вяления. Фабрики, как правило, были трёхэтажными: первые два этажа предназначались для вяления листьев, а третий – для оборудования переработки, сортировки и упаковки. Отделение для вяления имело форму стеклянной галереи с узкими простенками и открывающимися окнами, которые использовались в зависимости от погоды. Для вяления применялся горячий воздух, поступавший в отделение через трубы с помощью больших вентиляторов-эксгаустеров, обеспечивая равномерное распределение теплого сухого воздуха по поверхности листьев.

В Индии и иногда на Цейлоне завяливание чая происходило на металлических проволочных решётках, хотя более часто использовалось толстое джутовое полотно (*hessian*), натягиваемое на вертикальные столбы, подобно пяльцам. Полотно быстро и удобно освобождалось из уключин – вертикальных столбов, в которые закладывались краевые бруски полотнищ. В спаренном виде эти полотнища, или «Татты», образовывали целые системы этажерок с проходами для персонала вдоль оконных галерей. Полотнища размещались перпендикулярно длине зала, укреплялись одним краем, фиксированным к столбам, размещённым по средней линии помещения, а противоположные свободные края вставлялись в уключины столбов, размещённых вдоль двух продольных оконных галерей.

Свежие листья раскладывались на полотне слоем в один ряд, при этом на 1 м^2 размещалось не более 3 кг листа, что в среднем давало 750 г готового чёрного чая. Вяление в сухую погоду занимало 24 часа, в сырую – 48 часов. Хорошо провяленный лист не ломается с хрустом при сгибании и сохраняет форму мёртвого кома при сжатии, теряя упругость. Черешок и главный нерв также не ломаются при скручивании. После вяления лист поступал через открытые люки в холщовые мешки и далее в механическое отделение.

На правой стороне располагались три скручивающие машины Джаксона, а за ними стояли высокие сушильные аппараты типа Сирокко того же конструктора. Машины состоят из двух плоских рам – нижней и верхней, которые, как челюсти, двигаются круговыми движениями в противоположных направлениях благодаря коленчатым рычагам. Подача листа осуществлялась из холщового мешка в ковш. Регулирование расстояния между рабочими поверхностями рам происходило с помощью верхнего винта с колесом, которое, огибая натянутую цепь, передавало движение на нижний блок с рукояткой и винтом, позволяя изменять расстояние между рабочими поверхностями.

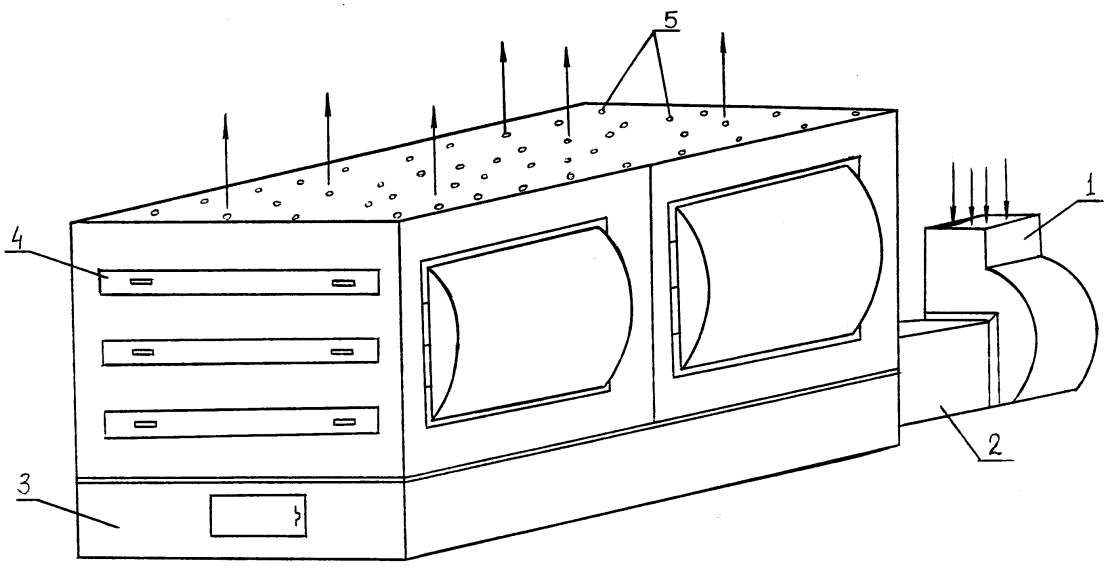
В основании верхней рабочей рамы сделан вогнутый широкий сегмент, на который установлены бруски или била. В аппаратах Джаксона опоражнивание обычно происходит через отверстие в нижней раме, создаваемое опусканием средней рамы на шарнирах.

При первом скатывании чайных листов на катальной машине, процесс длится 40 минут. Сок вытекает при нажатии верхней рамы, но затем снова впитывается в листья, что делает потери минимальными. Во время скатывания

происходит как скручивание, так и разрыв поверхностных тканей, что облегчает проникновение воздуха и способствует брожению. После первого скатывания листы поступают в аппарат *Leaf Breaker* системы *Brawn, Hatton patent*, где валы с крестообразными железными прутьями разбивают комья на отдельные листочки. Затем листья проветриваются и проходят через металлическое сито, которое разделяет их на крупные и мелкие, включая золотистые верхушечные почки, которые собираются отдельно, чтобы избежать потемнения и сохранить качество чая.

Крупные листья скатываются вторично, после чего их раскладывают на столе, тщательно раструшивают и перемешивают для равномерной обработки. Затем чай раскладывают на полу тонким слоем и прикрывают влажным полотном, что вызывает брожение. Лист становится медно-красным с малахитовым оттенком, а острый аммиачный запах заменяется ароматом чёрного чая.

На некоторых фабриках пропускалось специальное брожение, и процесс начиналсяся после первого скатывания из-за высокой температуры помещения. В таких случаях цвет листа после второго скатывания становится медным с малахитовым оттенком. Затем листья направляют в аппарат Сирокко, который работает по принципу плодосушилок (рисунок 2).



1 – вентилятор; 2 – нагнетающий воздухопровод; 3 – система нагревательных камер; 4 – решето; 5 – выходные отверстия.

Рисунок 2 – **Сирокко – аппарат для сушки и обжарки чая (Индия, Цейлон, 1880 г.)**

Горячий воздух при температуре 65° С перемещался вентилятором через многочисленные каналы между изолированными пламенными и дымовыми системами, в металлические нагретые камеры. Затем он направлялся в большую центральную камеру, оснащённую заслонками-регуляторами. В этой камере воздух последовательно проходил через несколько горизонтальных уровней с решётками, на которых тонким слоем лежали листья. Самые близкие к окончанию сушки листья встречали горячий воздух первыми и полностью высушивались, в то время как верхние, ещё сырые листья, подвергались воздействию горячего

воздуха последними. Несмотря на значительное насыщение воздуха влагой, проходя через нижние слои, он всё равно оставался достаточно сухим, чтобы эффективно удалять влагу с верхних слоёв листьев.

В результате специфических требований разработали аппараты с изменённой системой циркуляции горячего воздуха. В таких устройствах использовались составные и подвижные решётки. Процесс работы был организован следующим образом: один рабочий перемещал решётку с первого этажа во второй, тем самым выталкивая решётку, находящуюся на этом этаже, к рабочему на противоположном конце. Этот рабочий затем передавал решётку на третий этаж, освобождая место для новой решётки. Проходя через все три этажа, решётка полностью высушивалась. Такие условия также могут быть достигнуты при вертикальном движении решёток в потоке воздуха с встречным направлением тёплого воздуха.

С давних времен россияне употребляли настои из сушёных корней, корневищ, ягод, трав, цветов и почек [4, 5].

Вместо чая часто использовались сушёные листья, кора и другие части растений, обработанные с использованием естественных источников энергии. Исторические хроники XII века упоминают иван-чай, который помогал поддерживать здоровье и бодрость духа первым строителям Москвы. Этот чай популярен был и в Европе, где его импортировали из России.

Наиболее серьёзное производство чая из кипрея узколистного было организовано при Екатерине II. По легенде, дворовый работник с царской усадьбы господина Савелова, возможно, посетивший Китай с одним из российских посольств при Екатерине II, изобрёл чай из кипрея. Изучив основы чайного дела в Китае, он организовал производство чая из кипрея в Копорье, недалеко от Петербурга. Технология производства чая из кипрея была аналогична китайской технологии производства чая из чайного куста. Этот чай был назван «Копорским» по местности его производства в Копорье, где находились фабрики по производству заменителя чая. Сырьё для производства поставляли из Урала, Сибири и выращивали на плантациях в Копорье.

Производство целебного чая из кипрея в основном осуществлялось вручную с использованием естественных источников энергии. Технология и режимы обработки кипрейного листа были заимствованы из опыта производства традиционного чая в Китае, где в то время преобладал ручной труд.

Кипрейные листья собирали в течение всего лета, преимущественно в сухую погоду и рано утром после того, как роса испарилась. Перед переработкой сырьё проверяли: повреждённые и больные листья удалялись. Листья кипрея завяливали на марлевых стеллажах от 3 до 5 часов. Затем завяленные листья скручивали и укладывали на специальные рифлёные доски с помощью деревянных валиков. Скрученные листья помещали в ящики, накрывали влажной тканью и оставляли на ферментацию на 10-12 часов при комнатной температуре. После этого листья сушили и обжаривали при температуре от 80 до 120° С, используя устройства, подобные китайским пуйлунгам. Во время сушки следили за тем, чтобы листья не подгорали и не пережаривались. Хорошо высушенный и

обжаренный чай легко крошился и имел цвет традиционного чая. Копорский чай хранили в деревянных ящиках или стеклянной посуде в сухом месте до двух лет, при этом его вкусовые свойства со временем улучшались.

Технология производства заменителя чая из кипрейного листа обеспечивала получение золотисто-жёлтого прозрачного напитка с приятным фруктовым ароматом и вяжущим вкусом. Для усиления крепости чая в него добавляли различные чайные заменители. В начале XX века губернатор Санкт-Петербурга имел специальную лицензию от царя на экспорт копорского чая в Англию. Его отправляли тысячами пудов из Копорья в порт, откуда он поступал на Британские острова.

Заключение. В конце XX и начале XXI века, благодаря ускоренному развитию науки и техники в области электромагнетизма, появились новые методы управления биологическими системами. В 1990 году в научных лабораториях ИрГСХА (Иркутский ГАУ) и ИрИИТа (ИрГУПС) было впервые организовано производство копорского, курильского, чагирского и других оздоровительных чаёв под общим названием «Чай Байкальский» с использованием управляемого электромагнитного излучения.

Список литературы

1. *Худоногов, И.А.* Ресурсосберегающие методы управления ИК-энергоподводом в процессах производства оздоровительного чая: дис. … докт. техн. наук: 05.20.02 / *Худоногов Игорь Анатольевич*. – Красноярск, 2009. – 414 с.

2. *Худоногов, И.А.* Основы технологии оздоровительного чая: монография / *И.А. Худоногов, Е.Г. Худоногова*. – Иркутск : ИрГУПС. – 2006. – 343 с.

3. *Худоногова, Е.Г.* Лекарственные растения Предбайкалья для чайно-оздоровительных напитков / *Е.Г. Худоногова* // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 1. – С. 87 - 89.

4. *Худоногова, Е.Г.* Запасы сырья лекарственных растений Западного Прибайкалья / *Е.Г. Худоногова, Т.В. Киселёва, С.С. Белоусова, С.В. Третьякова* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 11 (73). – С. 43-47.

5. *Худоногова, Е.Г.* Влияние инфракрасно-конвективно-вакуумного способа сушки на содержание биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье / *Е.Г. Худоногова, И.А. Худоногов, А.М. Худоногов* // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 5 (68). – С. 343 - 346.

Сведения об авторах

Худоногов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры электроподвижного состава (664074, Иркутская область, Иркутск, Чернышевского, 15, e-mail: hudonogov@irgups.ru).

Худоногов Игорь Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры электроэнергетика транспорта (664074, Иркутская область, Иркутск, Чернышевского, 15, e-mail: hudonogovi@mail.ru).

Information about the author

Khudonogov Anatoly M. – doctor of technical sciences, professor of the department of electric rolling stock (664074, Irkutsk region, Irkutsk, Chernyshevskogo, 15, e-mail: hudonogov@irgups.ru).

Khudonogov Igor A. – doctor of technical sciences, professor of the department of electric power engineering of transport (664074, Irkutsk region, Irkutsk, Chernyshevskogo, 15, e-mail: hudonogovi@mail.ru).

УДК 621.313.333:681.518.54

УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В современных агропромышленных системах асинхронные электродвигатели являются неотъемлемым элементом, отвечающим за широкий спектр задач. Контроль за их работой имеет критическое значение для обеспечения эффективности, безопасности и долговечности системы. Разработка устройства для контроля загрузки асинхронного двигателя позволит значительно расширить возможности мониторинга и управления работой асинхронных двигателей, что приведёт к повышению эффективности производственных процессов, снижению затрат на их техническое обслуживание и улучшению безопасности эксплуатации.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, эксплуатация, измерительные устройства, *Arduino*.

A DEVICE FOR MONITORING THE PERFORMANCE OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR WITH A SHORT-CIRCUITED ROTOR

R.E. Barakhtenko, A.E. Gusarov, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov

[2]FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. In modern agro-industrial systems, asynchronous electric motors are an integral element responsible for a wide range of tasks. Monitoring their operation is critical to ensure the efficiency, safety and durability of the system. The development of a device for monitoring the loading of asynchronous electric motors will significantly expand the possibilities of monitoring and controlling the operation of asynchronous motors, which will lead to increased efficiency of production processes, lower maintenance costs and improved operational safety.

Key words: asynchronous motor, operation, measuring devices, Arduino.

Введение. Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является в настоящее время самым распространённым видом электродвигателя в сельском хозяйстве [3, 6, 10]. Вследствие множества факторов, таких как несоблюдение графика проведения технического обслуживания и текущего ремонта, некорректного выбора двигателя по мощности, повышенного содержания агрессивных веществ в технологических помещениях, несоответствие качества электрической энергии требованиям ГОСТ и т.п. возникают преждевременные отказы [7, 12, 16]. В отдельных случаях ситуацию можно исправить снижением нагрузки или заменой двигателя на более мощный [1, 9, 13, 14]. Своевременная диагностика неисправностей предотвращает

простой оборудования и недоотпуск продукции [8, 15]. Для мониторинга электромеханических характеристик асинхронного двигателя предлагается создать устройство на базе платформы *Arduino*. Данная платформа включает в себя платы с микроконтроллерами, разнообразные датчики и среду разработки для программирования микроконтроллеров [2].

Материалы и методы. Датчики предназначены для фиксации таких показателей, как потребляемый ток статора, напряжения на выводах статорных обмоток, фактическая частота вращения ротора [5]. Предлагается применить микроконтроллер *ATmega*328 (рисунок 1), который укомплектован 8-битным процессором *AVR RISC*, способным осуществлять многочисленные сложные операции с высочайшей точностью. Данный микроконтроллер обладает достаточной для поставленных задач флэш-памятью (32 КБ), включает в себя 54 цифровых и 16 аналоговых входов и выходов, что позволяет в будущем дорабатывать и усложнять устройство. Так же микроконтроллер укомплектован аналого-цифровым преобразователем, аналоговым компаратором, таймерами, генератором, подтягивающими резисторами, *USB* – портом для передачи оцифрованных сигналов на компьютер и т.д. [4].

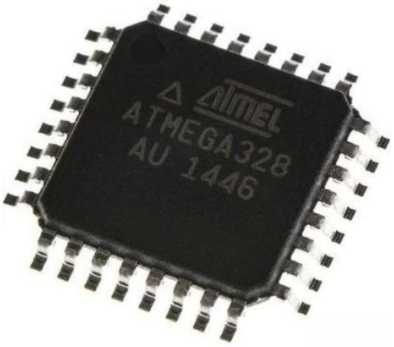


Рисунок 1 – **Микроконтроллер *ATmega*328**

Результаты и обсуждение. Современная промышленность предлагает достаточно большое количество различных средств измерения напряжения, исходя из наших задач будет достаточно модуля *ZMPT*101*B*, внешний вид которого приведён на рисунке 2. Данный датчик напряжения совместим с *Arduino* [11], основной его составляющей является понижающий трансформатор, позволяющий непрерывно измерять напряжение в сети переменного тока до 230 В.

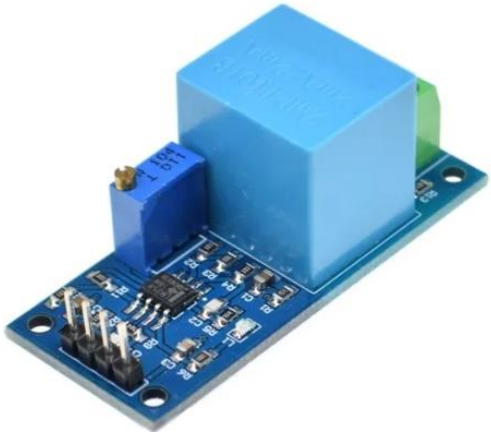


Рисунок 2 – **Внешний вид модуля для измерения напряжения в сети**

Датчик *ZMPT*101*B* обеспечивает безопасную передачу данных на микроконтроллер. Форма выходного сигнала датчика полностью повторяет форму измеряемого параметра без искажений. Для защиты модуля от перенапряжений в схеме предусмотрена гальваническая развязка, калибровка полученных данных осуществляется посредством потенциометра. Оцифровка полученных значений напряжения осуществляется операционным усилителем. Ниже представлен пример скетча для данного модуля (рисунок 3).

```
#include "EmonLib.h"
EnergyMonitor emon1;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10, OUTPUT);
  emon1.current(A1, 111.1); // input pin, calibration
}

void loop() {
  double Irms = emon1.calcIrms(1480);

  Serial.print(Irms*230.0);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(Irms);

  if (Irms*230.0 < 230) {gigitalWrite (10, HIGH);}
  else {digitalWrite (10, LOW);}
```

Рисунок 3 – **Пример скетча для работы *ZMPT*101*B***

Измерение силы тока можно реализовать с помощью датчика тока *SCT*013. (рисунок 4).



Рисунок 4 – **Датчик тока *SCT*013-30**

Датчик тока *SCT*-013 работает как трансформатор: провод, по которому течёт ток, проходит через датчик и становится «Первичной обмоткой», а на сердечнике датчика намотано много витков тонкого провода – это «Вторичная

обмотка». Когда по первичной обмотке (проводу) течёт ток, в датчике появляется ток во вторичной обмотке. Этот ток пропорционален току в проводе, то есть чем больше ток в проводе, тем больше ток в датчике.

Есть 10 разных моделей *SCT*-013, которые отличаются максимальным током, который они могут измерить. Одна модель, *SCT*-013-000, особенная: она выдаёт токовое значение выходного сигнала (от 0 до 50 мА). Все остальные модели выдают выходной сигнал напряжением (от 0 до 1 Вольта), и отличаются только максимальным током, который они могут измерить: 5А, 10А, 15А, 20А, 25А, 30А, 50А, 60А и 100А (таблица 1).

Таблица 1 – **Модели датчика *SCT*-013**

Модель	***SCT*-013-000**	***SCT*-013-005**	***SCT*-013-010**	***SCT*-013-015**	***SCT*-013-020**
Входное значение	0-100А	0-4А	0-10А	0-15А	0-20А
Выходное значение	0-50 мА	0-1 В	0-1 В	0-1 В	0-1 В
Модель	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Входное значение	0-25А	0-30А	0-50А	0-60А	0-100А
Выходное значение	0-1 В	0-1 В	0-1 В	0-1 В	0-1 В

Датчик тока *SCT*013 не является готовым модулем, который можно подключить напрямую к *Arduino*. Его сигнал нужно предварительно «Обработать» для того, чтобы он подходил к *Arduino*. Проще говоря, нужно сделать так, чтобы выходной сигнал датчика был в пределах 0-5 вольт, которые *Arduino* может «Понять». Для этого нужно собрать специальную схему, которая показана ниже (рисунок 5).

Этот модуль состоит из двух частей: приёмника (фотодиод) и излучателя (ИК диод). Излучатель постоянно светит узким лучом невидимого инфракрасного света. Если свет попадает на что-то и отражается на приёмник, модуль реагирует это и посылает сигнал. Чем светлее поверхность, тем больше света отражается, и тем на большем расстоянии модуль будет на неё реагировать. Тёмные или матовые поверхности плохо отражают свет, поэтому модуль может их не заметить. Таким образом, складываются 3 варианта поведения:

1. Препятствие: перед датчиком есть объект, который отражает свет, модуль реагирует на него и посылает сигнал.

2. Отсутствие препятствия: перед датчиком нет ничего, свет не отражается, и модуль молчит.

3. Невидимое препятствие: перед датчиком есть объект, который не отражает или плохо отражает свет, например, темный или матовый, модуль тоже не реагирует на него.

Для замеров частоты вращения вала предлагается реализовать с помощью модуля датчика препятствия (рисунок 7).

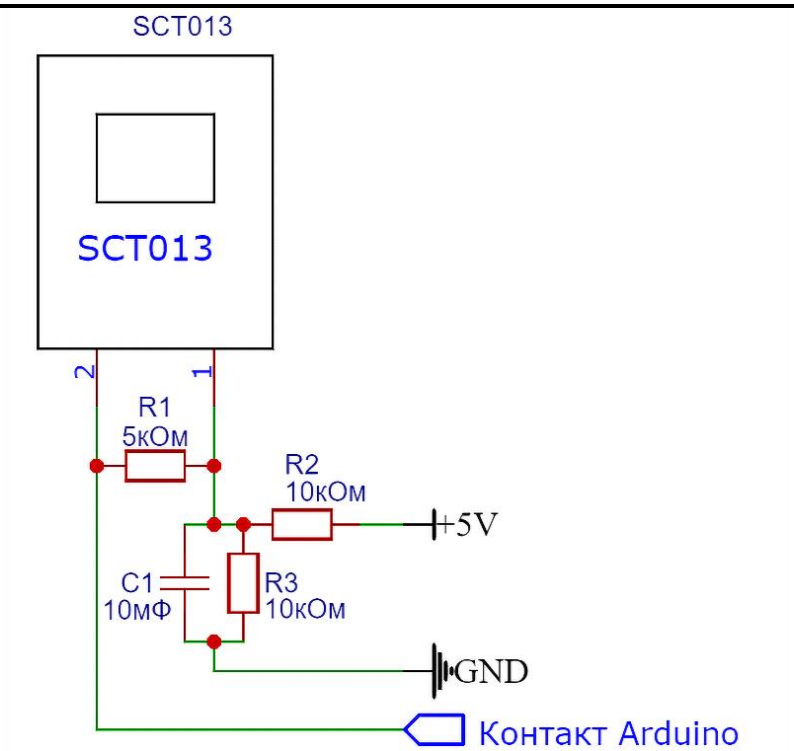


Рисунок 5 – **Схема для подключения датчика тока *SCT*013 к *Arduino***

Ниже представлен пример скетча для данного модуля (рисунок 6):

```
#include "EmonLib.h"       //Включите библиотеку Эмона
EnergyMonitor emon1;      //Создать экземпляр

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  emon1.voltage(2, 234.26, 1.7); //Напряжение: входной штифт, калибровка, фаза_сдвиг
  emon1.current(1, 111.1);    //Текущий: входной штифт, калибровка.
}

void loop()
{
  emon1.calcVI(20,2000);  //Расчитать все. Количество длин волн, тайм-аут
  emon1.serialprint();    //Распечатайте все переменные
```

Рисунок 6 – **Пример скетча для работы *SCT*013**

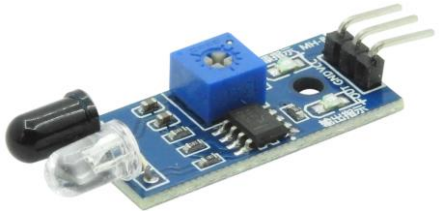


Рисунок 7 – **Модуль датчика препятствия**

Основываясь на этом, можно на валу сделать кольцо, например, из чёрной изоленты и на нем закрепить кусочек белой изоленты. Так датчик будет подавать сигнал, когда вал сделает полный оборот. Ниже представлен пример скетча для данного модуля (рисунок 8):

```
const int prx_pin = 2;
const int led_pin = 13;
byte v;

void setup() {
    pinMode(prx_pin, INPUT);
    pinMode(led_pin, OUTPUT);
}

void loop() {
    v = digitalRead( prx_pin );

    if( v == HIGH )
        digitalWrite( led_pin, HIGH );
    else
        digitalWrite( led_pin, LOW );
}
```

Рисунок 8 – **Пример скетча для работы датчика препятствия**

Полученные данные можно вывести на *OLED* дисплей (рисунок 9).



Рисунок 9 – ***OLED* дисплей**

OLED-дисплеи выделяются своей компактностью, низким энергопотреблением и потрясающей контрастностью. Их часто используют с микросхемой *SSD*1306, которая работает с помощью простого интерфейса I2*C*, требующего всего двух проводов. Это делает подключение и использование таких дисплеев очень удобным. Главное отличие *OLED* от обычных *LCD*-дисплеев в том, что каждый светодиод светится самостоятельно, без необходимости отдельной подсветки. Благодаря этому *OLED*-дисплеи выигрывают по многим параметрам: у них намного лучше контрастность, угол обзора шире, а потребляемая мощность значительно ниже.

Так как опрос датчиков и обработка показаний выполняются последовательно, в то время как происходит измерение частоты вращения вала АД, показания тока и напряжения обновляться не будут. Для решения этой проблемы предлагается взять 2 микроконтроллера, объединённых по *UART*. Один микроконтроллер будет обрабатывать данные по току и напряжению, а второй, параллельно первому, высчитывать частоту вращения вала АД и по завершению передавать готовый результат первому, который в свою очередь будет выводить все данные на экран.

Общая схема подключения изображена на рисунке 10.

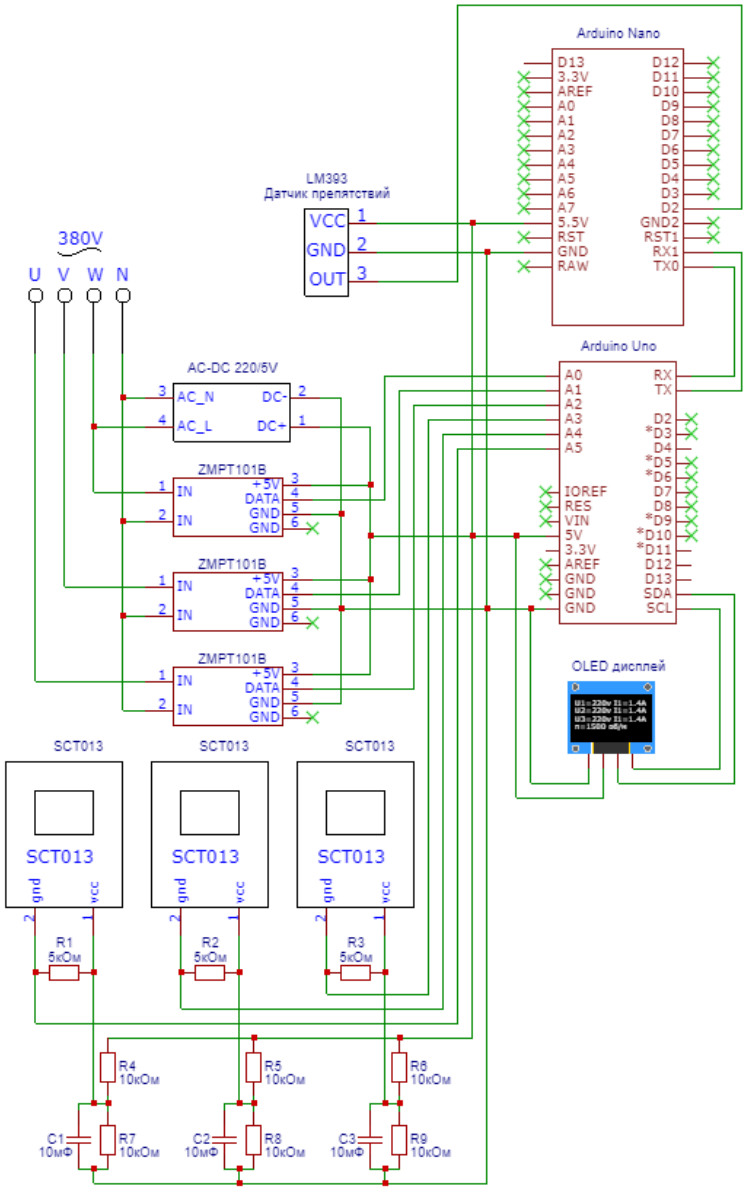


Рисунок 10 – **Общая схема подключения**

Заключение. Замеряемые значения можно сравнить с номинальными для данного двигателя, что поможет определить перегрузку двигателя и предпринять действия по решению проблемы, тем самым предотвратить преждевременный выход из строя и дорогостоящий ремонт, сопоставимый по цене со стоимостью нового двигателя.

Список литературы

1. Health monitoring of induction motor using electrical signature analysis / *A. Rauf, P. Zhao, M. Usman, A. Butt* // Journal of Donghua university (English Edition). – 2022. – Vol. 39, No. 3. – P. 265-271. – DOI 10.19884/j.1672-5220.202104001.

2. *Барахтенко, Р.Е.* Arduino для сбора и хранения данных параметров микроклимата / *Р.Е. Барахтенко* // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: Сборник научных тезисов студентов. п. Молодежный, 2023: Издательство : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 41 - 42.

3. *Боннет, Я.В.* Оценка эффективности использования асинхронных двигателей в системах вентиляции птичников / *Я.В. Боннет, А.Ю. Прудников* // Научные исследования

студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы всероссийсской научно-практической конференции, Иркутск, 14-15 марта 2019 года. Том II. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 14 - 20.

4. *Гусаров, А.Е.* Передача данных параметров микроклимата с датчиков на смартфон / *А.Е. Гусаров* // В книге: Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. Сборник научных тезисов студентов. п. Молодёжный, 2023. С. 130 - 131.

5. Диагностический алгоритм анализа тока асинхронных электродвигателей, основанный на методиках оценки годографа и частотного спектра / *А.Э. Бирюков, Д.Г. Сорокин, Н.В. Лысов, М.С. Ситников* // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 4 (80). – С. 88 - 101. – DOI 10.26731/1813-9108.2023.4(80).88-101.

6. Диагностический комплекс исследования работы асин- хронного двигателя в переходных режимах / *А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова [и др.]* // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII международной научно-практической конференции, Саратов, 18 апреля 2016 года / Под общей редакцией Трушкина В.А. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2016. – С. 189.

7. *Евсиков, А.А.* Автоматизированный электропривод с частотным управлением: учебное пособие / *А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов* // - Дубна : Государственный университет «Дубна», 2020. – 121 с.

8. *Козлов, А.Н.* Диагностика электроустановок: учебное пособие / *А.Н. Козлов.* – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 106 с.

9. Определение загрузки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в процессе эксплуатации / *Я.В. Боннет, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников, С.В. Подъячих* // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2024. – Т. 71, № 1. – С. 17 - 23. – DOI 10.22314/2658-4859-2024-71-1-17-23.

10. Основные неисправности вибрационных насосов / *В.А. Буторин, В.А. Дак, Р.Т. Гусейнов, И.Б. Царев* // Достижения науки - агропромышленному производству: реализация социально-гуманитарных и инженерно-технических задач : Материалы Международной научно-практической конференции Института агроинженерии, Челябинск, 17-18 мая 2023 года / Под редакцией С.Д. Шепелёва. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 280 - 285.

11. *Павлов, С.А.* Проектирование модуля для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO / *С.А. Павлов, Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров* // Journal of Agriculture and Environment. - 2024. - № 3 (43). – DOI : 10.23649/JAE.2024.43.4

12. Результаты моделирования асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора в режиме холостого хода / *А.Ю. Прудников, ВВ. Боннет, А. Ю. Логинов, Я.В. Боннет* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23-24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 119 - 125.

13. *Романова, В.В.* Анализ воздействующих факторов, влияющих на эксплуатационную надёжность низковольтных асинхронных электродвигателей / *В.В. Романова, С.В. Хромов, К.В. Суслов* // Известия вузов. Проблемы энергетики, Том 23, № 3, 2021. – С.80-89.

14. *Сафин, Н.Р.* Совершенствование методики токовой диагностики асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором: специальность 05.09.01 Электромеханика и электрические аппараты : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сафин Наиль Рамазанович. – Екатеринбург, 2017. – 152 с.

15. *Хальясмаа, А.И.* Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / *А.И. Хальясмаа* [и др.]. – Екатеринбург : Издательство Урал. ун-та, 2015. - 64 с.

16. *Якупова, М.А.* К вопросу о дополнительных потерях электрической энергии в сельских распределительных электрических сетях, напряжением 0,38 кВ / *М.А. Якупова, Э.С. Федоринова, И.В. Наумов* // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, п. Молодежный, 26-27 марта 2020 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 322 - 329.

Сведения об авторах

Барахтенко Роман Евгеньевич – студент 2 курса, энергетического факультета, направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., п. Молодёжный, e-mail: barahtenko.roman@mail.ru)**.**

Гусаров Алексей Евгеньевич – студент 2 курса энергетического факультета, направления подготовки 35.04.06 Аагроинженерия. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., п. Молодёжный, тел.: 89500934910, e-mail: fine.gusarov@yandex.ru).

Логинов Александр Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный 1/1, тел.: 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Прудников Артем Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный 1/1, тел.: 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

Information about the author

Barakhtenko Roman E. – 2nd year student of the faculty of energy, training area 04.35.06 - agroengineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, e-mail: barahtenko.roman@mail.ru)**.**

Gusarov Alexey E. – 2nd year student of the Faculty of Energy, the direction of training on 04.35.06 – "Agroengineering". Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89500934910, e-mail: fine.gusarov@yandex.ru).

Loginov Alexandr Yu. – candidate of technical Sciences, associate Professor, faculty of energy engineering, Department of electrical and physics of Irkutsk state agrarian University named after A. A. Egeskog (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 1/1, 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Prudnikov Artem Yu. – candidate of technical Sciences, associate Professor, faculty of energy engineering, Department of electrical and physics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodejnii village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

УДК 621.311

АНАЛИЗ МАССЫ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО РЕЙТИНГА GREEN METRIC

М.Ю. Бузунова, А.В. Анненкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Важную роль в потеплении климата на земле играет антропогенный парниковый газ – углекислый газ. Специальным показателем для оценки выбросов углекислого газа в атмосферу является эмиссия CO_2. Работа посвящена расчёту углеродного следа по Иркутскому ГАУ, согласно международному рейтингу «*Green Metric*». Анализ количества выбросов за период с 2019 по 2023 г. продемонстрировал наличие определённой тенденции к уменьшению общей массы углеродного следа, обусловленный поэтапным внедрением программы энергосбережения на основных объектах инфраструктуры вуза. Таким образом, контроль массы углеродного следа и достижение устойчивого развития инфраструктуры в целом способствует улучшению экологической ситуации и окружающей среды региона.

Ключевые слова: углеродный след, *Green Metric*, углекислый газ, микроклимат, выбросы, атмосфера, энергетика, кампус.

CARBON FOOTPRINT ANALYSIS IN THE FRAMEWORK OF THE INTERNATIONAL GREEN METRIC RATING

M.Yu. Buzunova, A.V. Annenkova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Anthropogenic greenhouse gas – carbon dioxide – plays an important role in global warming. A special indicator for assessing carbon dioxide emissions into the atmosphere is CO2 emission. The work is devoted to calculating the carbon footprint of Irkutsk state agrarian university, according to the international rating «Green Metric». Analysis of the amount of emissions for the period from 2019 to 2023 demonstrated the presence of a certain tendency to reduce the total mass of the carbon footprint, due to the phased implementation of the energy saving program at the main infrastructure facilities of the university. Thus, control of the mass of the carbon footprint and the achievement of sustainable development of the infrastructure as a whole contribute to the improvement of the ecological situation and the environment of the region.

***Key words*:** carbon footprint, GreenMetric, carbon dioxide, microclimate, emissions, atmosphere, energy, campus.

Введение. Проблема изменения климата из-за выброса парниковых газов стоит перед человечеством уже более века. Межправительственная группа экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК) провела мониторинг научных исследований, который показал, что изменение климата Земли в 2023 году происходит чрезвычайно интенсивно [2]. Климатическая система нашей планеты, в свою очередь, оказывает влияние на состояние её поверхности, океанов, ледовых покровов и атмосферу. К сожалению, многие из наблюдаемых на сегодняшний день тенденций уже необратимы. Тем не менее, масштабы разрушительных перемен можно и нужно ограничить. Качество воздуха может быть улучшено посредством значительного отказа от ископаемого топлива и сокращения выбросов в атмосферу вредных веществ, в том числе парниковых газов. Это, в свою очередь, также будет способствовать стабилизации глобальной температуры. Необходимые меры должны быть приняты незамедлительно. В настоящее время Россия находится на переднем фланге по реализации программы минимизации выбросов парниковых газов и, таким образом, сохранению климата планеты. Парниковые газы (ПГ), в первую

очередь двуокись углерода, но также и другие, включая метан и хлорфторуглероды, задерживают тепло в атмосфере, что приводит к глобальному потеплению. Последствия от повышенных температур могут быть самые различные: засушливые регионы могут становиться ещё суше, в то время как на полюсах тают ледяные шапки, что приводит к повышению уровня моря.

Материалы и методы. В результате своей деятельности человек сжигает различные газы, нефтепродукты и уголь, что производит выбросы углекислого газа (CO_2) [6]. Специальным показателем для оценки выбросов углекислого газа в атмосферу является эмиссия CO_2. Данный показатель исчисляется за год в тоннах как с определённой территории (страны), так и на душу населения.

Результаты и обсуждение. Крупнейшими эмитентами CO_2 считаются Китай и США. Эти две страны вместе составляют более 40 % общемировых выбросов CO_2. Так, по данным *EDGAR* (*European Comission*), Китай выбрасывает 12466,32 млн. т. CO_2 в год, что составляет 232,93 % от общемировых выбросов; США – 4752,08 млн. т. (12,55 %); Россия – 1942,54 млн. т. (5,13 %) (данные на 1 сентября 2022 г.) [1]. Однако при расчёте выбросов углекислого газа на душу населения в лидерах оказываются страны Ближнего Востока (Катар, ОАЭ, Кувейт), оттесняя Китай на 49 место (7 тонн CO_2 / чел.), а США на 12 место (17 тонн CO_2 / чел.). Россия в данном рейтинге занимает 23 место с показателем 12 тонн CO_2 / чел. [2].

Безусловно, каждый индивид может внести свой собственный вклад в сокращение общих совокупных антропогенных выбросов CO_2 и сохранение экологического равновесия на Земле. Для этого достаточно сократить потребление электроэнергии, отдать предпочтение общественному транспорту или велосипеду вместо личного автомобиля; в случае острой необходимости использования личного транспорта, постараться изыскать возможность разделить поездку с другими людьми.

Свой вклад в решение глобальной проблемы вносит Иркутский ГАУ. ВУЗ с 2019 г. участвует в международном рейтинге *UI GreenMetric World University Rankings*. Ряд российских вузов имеет опыт работы с международным рейтингом [3-5]. Целью данного рейтинга является измерение усилий по обеспечению устойчивости кампуса университетов мира на концептуальной основе «Окружающая среда, экономика и справедливость». Рейтинг проводится с 2010 г. и в 2023 году в нём приняли участие уже более 1050 университетов из 85 стран мира.

UI Green Metric оценивает политику и деятельность университета на основе шести категорий: Окружающая среда и инфраструктура (*SI*), энергия и изменение климата (*EC*), отходы (*WS*), вода (*WR*), транспорт (*TR*) и образование и исследования (*ED*). Каждая категория имеет свой вес баллов.

В 2015 году в рейтинг была включена тема углеродный след. В связи с этим раздел «Энергетика и изменение климата» был расширен на два вопроса, связанных с этой проблемой. Удельный вес баллов по данному показателю от общего количества баллов является самым большим – 21 %. Здесь

учитывается суммарная территория кампуса, покрытая лесонасаждениями, растительный покров, поглощение гидроресурсов за исключением леса и посаженной растительности, использование энергосберегающих осветительных и бытовых приборов, реализация проектов энергоэффективных (смарт) зданий, соотношение производства возобновляемой энергии к общему использованию энергии в год, элементы внедрения экологичного строительства, программа сокращения выбросов парниковых газов, политика утилизации отходов и воды, соотношение площади парковки к общей площади кампуса, транспортные инициативы по уменьшению количества частных автомобилей в кампусе, созданная транспортная программа по ограничению или уменьшению площади парковки на территории кампуса, услуги по транспортировке, количество автомобилей с нулевым уровнем выбросов (*ZEV*) и политику в отношении пешеходов на территории кампуса. Категория «Энергетика и изменение климата» выглядит таким образом (таблица 1):

Анализ расчётов по показателям 1-5 был произведён авторами в работе [1], отмечено, что за трёхлетний период энергопотребление в целом имеет положительную динамику и уменьшилось в среднем на 12 % благодаря эффективному внедрению элементов энергосберегающих технологий на территории кампуса. В настоящей работе авторами проведён расчёт общего углеродного следа Иркутского ГАУ относительно общей численности кампуса в метрических тоннах на человека в соответствии с программой по сокращению выбросов парниковых газов (показатели *EC*7 и *EC*8). За основу принято суммарное потребление электричества и транспортная нагрузка в год (выбросы CO_2, обусловленные использованием электрической энергии, автобусами, автомобилями и мотоциклами). В качестве методики расчётов использованы рекомендации, изложенные в источниках [7, 8].

Таблица 1 – **Критерии оценивания показателя «Энергетика и изменение климата» по международному рейтингу *Green Metric***

Критерии	**Энергетика и изменение климата (ec)**	**Баллы**
EC1	Использование энергосберегающих приборов	200
EC2	Реализация умного здания	300
EC3	Количество возобновляемых источников энергии на территории кампуса	300
EC4	Общее потребление электроэнергии, деленное на общую численность населения кампуса (кВт/ч на человека)	300
EC5	Отношение производства возобновляемой энергии к общему потреблению энергии в год	200
EC6	Элементы внедрения зеленого строительства, отраженные во всех политиках строительства и реконструкции	200
EC7	Программа сокращения выбросов парниковых газов	200
EC8	Общий углеродный след, разделенный на общую численность населения кампуса (метрических тонн на человека)	200
EC9	Количество инновационных программ в области энергетики и изменения климата	100
EC10	Эффективные университетские программы по изменению климата	100
	ВСЕГО	2100

Пример вычисления количества выбросов CO_2 за 2020 г.:

- использование электрической энергии: $\frac{3767798}{1000} \cdot 0{,}84 = 3344{,}54$;
- автобусы $\frac{4 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 240}{100} \cdot 0{,}01 = 3{,}84$;
- автомобили $\frac{26 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 240}{100} \cdot 0{,}02 = 49{,}92$.

***CO_2* (*electricity*)**

$$= \frac{W\ (kWh)}{1000} \cdot 0{,}84 = \frac{3767798\ kWh}{1000} \cdot 0{,}84 = \ 3164{,}95\ \ \textit{metric tons},$$

где *W – electricity usage per year* (потребление электроэнергии в год).

***CO_2* (*bus*)**

$$= \frac{N_b \cdot n \cdot S\ (KM) \cdot 240}{100} \cdot 0{,}01 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 240}{100} \cdot 0{,}01 = 3{,}84\ \ \textit{metric tons},$$

где N_b *– number of shuttle bus in your university* (количество автобусов в университете);

n – total trips for shuttle bus service each day (общее количество рейсов, осуществляемых автобусами);

S – approximate travel distance of vehicle each day inside campus only (примерное расстояние, совершаемое автобусами по территории университета).

***CO_2* (*cars*)**

$$\frac{N_c \cdot 2 \cdot \mathrm{d}\ (\mathrm{KM}) \cdot 240}{100} \cdot 0{,}02 = \frac{26 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 240}{100} \cdot 0{,}02 = 49{,}92\ \ \textit{metric tons},$$

где *Nc – number of cars entering your university* (количество транспортных средств в личном пользовании сотрудников);

d – approximate travel distance of vehicle each day inside campus only (примерное расстояние, совершаемое личными автомобилями по территории университета).

***CO_2* (*total*)**

$$= \ 3164{,}95 + 3{,}84 + 49{,}92$$
$$= \ 3218{,}71 \text{ metric tons}$$

Анализ количества выбросов за период с 2019 по 2023 г. продемонстрировал наличие определённой тенденции к уменьшению общей массы углеродного следа по Иркутскому ГАУ. Данный факт можно связать с поэтапным внедрением программы энергосбережения на основных объектах инфраструктуры вуза. Так результирующие показатели за исследуемый период по выбросам CO_2 обусловленным использованием электрической энергии, в 2019 г. составляют 3346,244 метрических тонны, в 2021 г. 3164,95 метрических тонны, а в 2022 г. – 2944,22 метрических тонны, что составляет существенную экономию энергоресурсов.

Заключение. Таким образом контроль массы углеродного следа (выбросов углекислого газа) и достижение устойчивого развития инфраструктуры в целом способствует улучшению экологической ситуации и окружающей среды региона, снижению рисков климатических изменений и созданию устойчивого будущего для нашей планеты.

Список литературы

1. *Бузунова, М.Ю.* Анализ энергопотребления Иркутского ГАУ в рамках Международного рейтинга Greenmetric / *М.Ю. Бузунова, А.В. Анненкова* // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодёжный, 16-17 ноября 2023 года. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 264 - 268.

2. EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research https://edgar.jrc.ec.europa.eu/emissions_reports (дата обращения: 02.04.2024).

3. Инновационный экологический образовательный проект «Зеленый кампус РУДН» / *А.П. Хаустов, М.М. Редина, А.М. Алейникова* [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2017. – Т. 25, № 3. – С. 448 - 454. – DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-3-448-454.

4. О необходимости участия университетов в рейтинге устойчивого развития UI Green Metric World (на примере УРФУ) / *А.А. Каминов, В.П. Ануфриев, М.В. Никитин, О. А. Оборин* // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 3-1. – С. 466 - 475. – DOI 10.34670/AR.2019.89.3.051.

5. *Серебренников, Д.А.* Опыт работы с международными рейтингами университетов: проблемы и особенности сбора и анализа данных / *Д.А. Серебренников* // Опыт и перспективы развития экспортного потенциала образовательных услуг в высшем образовании : Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Курск, 03 июня 2021 года. – Курск : Курский государственный медицинский университет, 2021. – С. 199 - 203.

6. Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК), 13-19 марта 2023 г. URL: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/ (дата обращения: 02.04.2024).

7. https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines.

8. https://www.carbonfootprint.com (дата обращения: 07.09.2020).

Сведения об авторах

Бузунова Марина Юрьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500557333, e-mail: bmirk@mail.ru).

Анненкова Арина Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой иностранных языков Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89148768561, e-mail: arinka26@yandex.ru.

Information about the authors

Buzunova Marina Yu. – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of electrical equipment and physics of the faculty of energy (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89500557333, e-mail: bmirk@mail.ru).

Annenkova Arina V. – candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the department of foreign languages, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89148768561, e-mail: arinka26@yandex.ru.

УДК 681.51; 621.314; 621.316

ПОДБОР АНАЛИЗАТОРОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Ю.Ю. Клибанова, С.А. Павлов, А.Е. Гусаров, Р.Е. Барахтенко

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Проверка значений температуры и относительной влажности в животноводческих помещениях является основной функцией, которая позволяет контролировать систему управления микроклиматом. Кроме того, очень важно и необходимо отслеживать газовый состав воздуха и уровень освещённости в помещении для содержания животных. Интеллектуальная система диагностики параметров микроклимата предполагает наличие определённых анализаторов, обеспечивающих её качественную и надёжную работу. В работе рассматривается подбор анализаторов контроля параметров микроклимата в животноводческих помещениях.

Ключевые слова: микроклимат, анализатор, цифровые технологии, животноводческое помещение.

SELECTION OF ANALYZERS FOR CONTROL OF MICROCLIMATE PARAMETERS IN LIVESTOCK PREMISES

Yu.Yu. Klibanova, S.A. Pavlov, A.E. Gusarov, R.E. Barakhtenko

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Checking the temperature and relative humidity values in livestock buildings is the main function that allows you to control the microclimate control system. In addition, it is very important and necessary to monitor the gas composition of the air and the level of illumination in the animal housing room. An intelligent system for diagnosing microclimate parameters requires the presence of certain analyzers that ensure its high-quality and reliable operation. The paper considers the selection of analyzers for monitoring microclimate parameters in livestock buildings.

Key words: microclimate, analyzer, digital technologies, livestock building.

Введение. Микроклимат в помещениях для содержания разных видов животных во многом определяет их здоровье, рост, продуктивность и благополучие [5, 6]. Микроклимат закрытых животноводческих помещений формируется из физических факторов, к которым относится температура, влажность, скорость движения воздуха, солнечная радиация. Кроме данных параметров большую роль в формировании комфортной среды играет газовый состав воздуха, содержащий кислород, углекислый газ, аммиак, сероводород и др., освещение и различные механические примеси, такие как пыль и микроорганизмы [7]. Поэтому в первую очередь в животноводческом помещении необходимо обеспечить контроль микроклиматических параметров.

Современные научно-технические достижения позволяют создавать и адаптировать различные интеллектуальные (цифровые) устройства, которые непрерывно в режиме реального времени регистрируют различные параметры окружающей среды [2, 3]. В рамках конкурса, проводимым Фондом содействия инновациям реализована идея создания системы сбора, хранения и анализа данных микроклиматических параметров животноводческих помещений [8]. В данном проекте использована программируемая аппаратная платформа *Arduino UNO,* допускающая использование в ней различных микроконтроллеров. Для сбора информации о температуре, влажности, газового состава воздуха и освещённости использованы определённого типа анализаторы (датчики). В данной работе рассматривается подбор анализаторов контроля параметров микроклимата в животноводческих помещениях, которые широко представлены на современном рынке.

Методы и принципы исследования. На первом этапе сбора прототипа устройства диагностики параметров микроклимата для измерения температуры и относительной влажности использован более популярный датчик *DH*22, измеряющий температуру в интервале от – 40° С до + 125° С и влажность в интервале от 0 % до 100 %. Для измерения качества воздуха применялся датчик *MQ*-135, который способен обнаруживать различные газы, включая аммиак, дым, бензол, угарный газ и др. У него широкий диапазон измерения концентрации газов в *ppm* (1 *ppm* = 0,0001 %). *BH*1750 – 16-битный датчик освещённости с диапазоном измерения от 1 до 65535 лк [2, 4, 7]. Все эти датчики просты в использовании и установке, доступны для приобретения и потребляют небольшое количество энергии. В результате апробирования работы модуля системы диагностики микроклиматических параметров в разных помещениях, в том числе и животноводческих, были получены ряд данных. Показания датчиков имели отклонения от показаний сертифицированных приборов, поэтому было принято решение ввести поправочный коэффициент в код программы микроконтроллера. Более детально проанализировав эти данные, было принято решение использовать другие анализаторы для сбора информации.

Для измерения температуры и относительной влажности использовали анализатор *HTU*21*D* (рисунок 1).

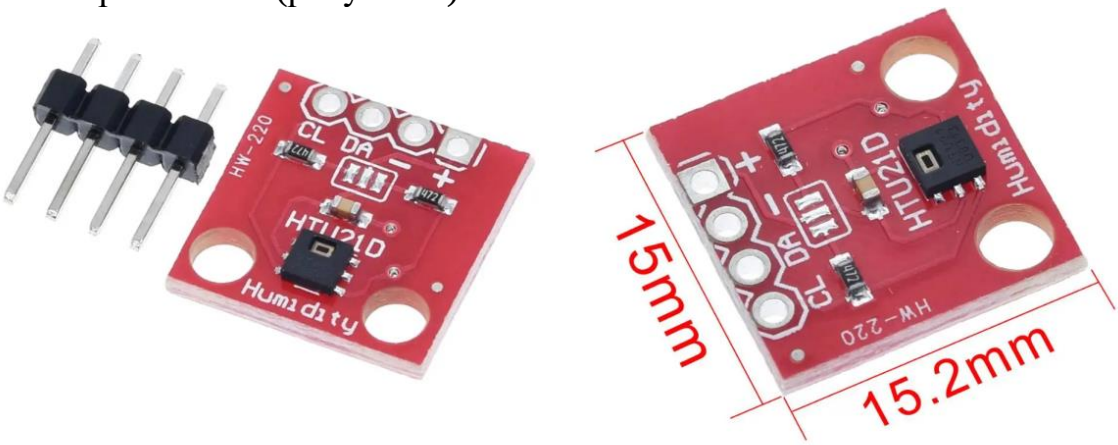


Рисунок 1 – **Датчик температуры и относительной влажности *HTU*21*D***

Данный датчик считается более точным, калибруется на заводе, отличается скоростью и точностью измерения. Для него характерны новые стандарты с точки зрения размера и интеллектуальных (цифровых) технологий: встроенный в паяемый оплавлением корпус *Dual Flat No Leads* (*DFN*) размером 3 х 3 мм и высотой 1 мм, обеспечивает калиброванные, линеаризованные сигналы в цифровом формате *I²C*. Есть только четыре контакта, которые необходимо подключить, чтобы начать использовать этот датчик в проекте. Одна для *VCC*, одна для *GND* и две линии передачи данных для связи I2*C*. Эта коммутационная плата имеет встроенные подтягивающие резисторы 4,7 кОм для связи I2*C*.

Совершенно новый и качественный цифровой анализатор *CCS*811 использовался для измерения концентраций углекислого газа (*CO*2) и летучих органических соединений (ЛОС) в воздухе. (рисунок 2) Датчик очень чувствительный и с практически мгновенной реакций. Чувствительный элемент построен по технологии *MOX* (*Metal Oxide Semiconductor*) и несёт на корпусе микропроцессор с АЦП для обработки данных от сенсоров. Датчик использует I2*C* для связи с микроконтроллерами и другими устройствами. Разработка прошивки не требуется, простой конфигуратор на основе графического интерфейса. Данный датчик способен измерять *TVOC* (уровень загрязнения атмосферного воздуха) в диапазоне до 64000 *ppm* и *eCO*2 (эквивалентное значения концентрация углекислого газа) в диапазоне до 64000 ppm. Чувствительность по органике: эфиры, спирты, толуол, ацетон – очень высокая чувствительность; бутанол, бутилацетат – чувствует; бутан – обнаруживает, но слабо; хлороформ – практически не чувствует, дихлорметан – не чувствует. Датчик обычно требует калибровки и настройку для корректного функционирования.

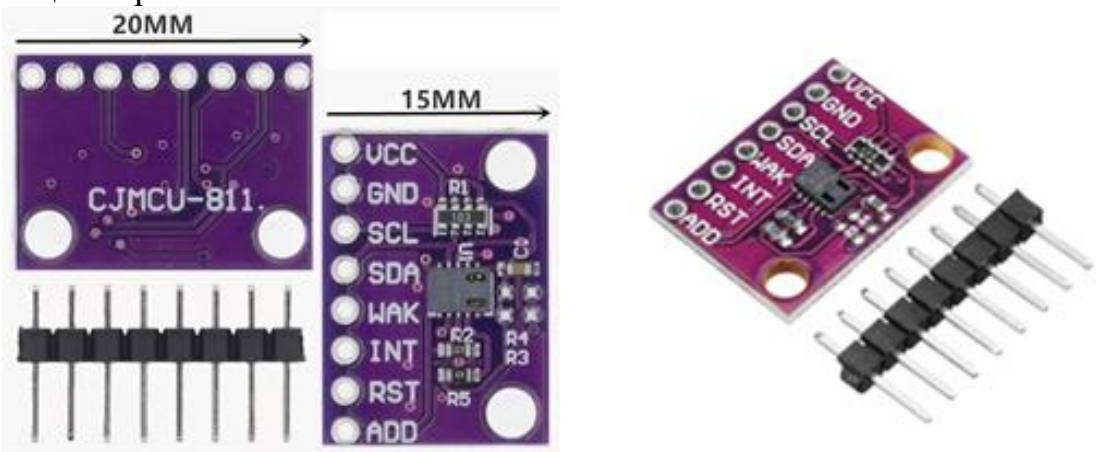


Рисунок 2 – **Датчик измерения качества воздуха *CCS*811**

На рисунке 3 представлены первые некалиброванные данные измерений температуры (*t*, °С), относительной влажности (*φ*, %), газового состава воздуха (*h*, *ppm*) и освещённости (Е, лк), полученные на учебной ферме Иркутского ГАУ при помощи различных анализаторов [6]. Анализатор температуры

и влажности типа *DH*22 выдаёт более дискретный сигнал, в то время как датчик типа *HTU*21*D* – непрерывный.

Поэтому целесообразно следует использовать для мониторинга параметров микроклимата более чувствительный датчик *HTU*21*D*. Анализатор освещённости *BH*1750 работает стабильно, непрерывно измеряя интенсивность света. За всё время замеров менее стабильные показания выдавали анализаторы качества воздуха *MQ*135 и *CCS*811. Особенность датчика *CCS*811 заключается в том, что каждый раз после включения датчик должен «Прогреваться» около 30 минут, в течение которых погрешность оказывается недопустимо большой. Самую неустойчивую работу показывают анализаторы качества воздуха, поэтому для исследования их работы использовался ещё один анализатор типа *BME*680. Данный датчик измеряет сразу четыре параметра: температуру, влажность, барометрическое давление и качество воздуха. Измерения датчика *BME*680 в этой работе не анализировались. Более детальный и подробный анализ датчиков качества воздуха будет представлен отдельно в следующей работе.

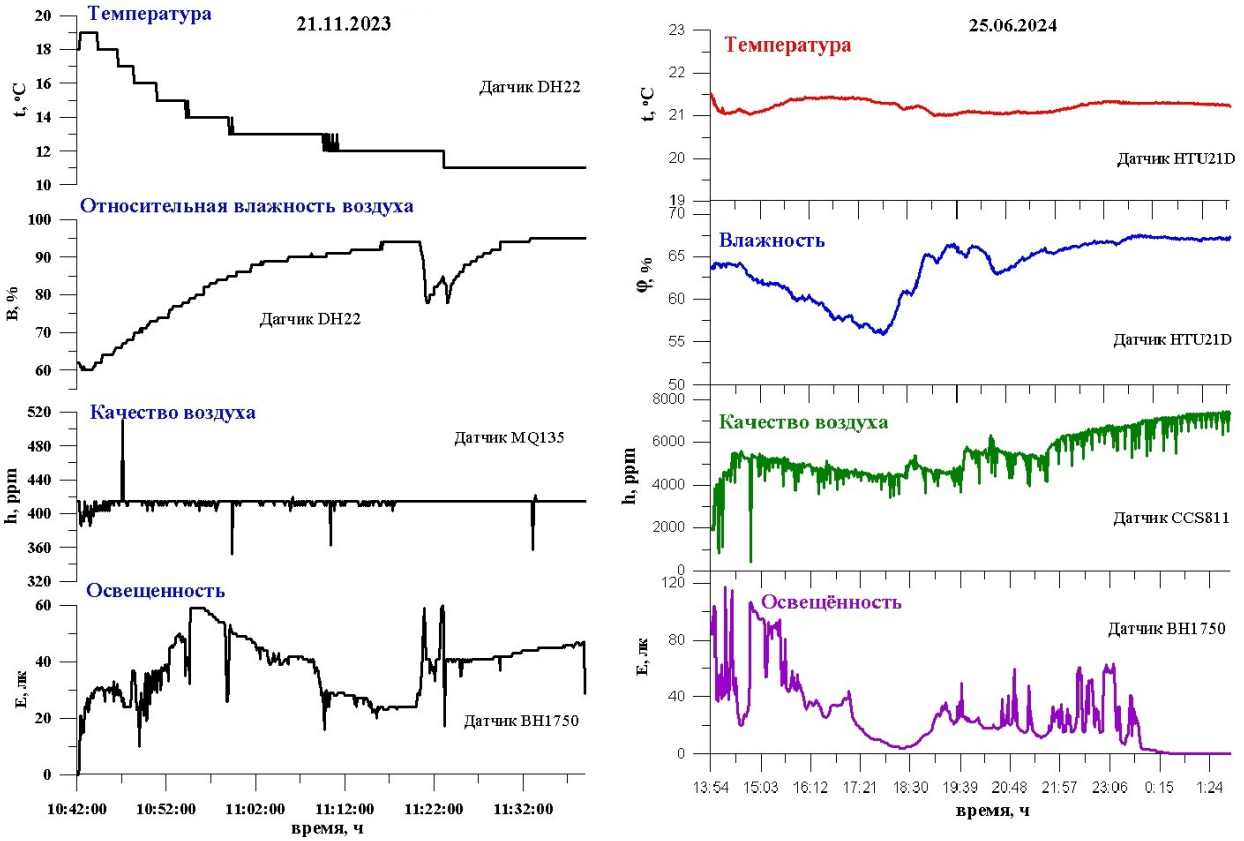


Рисунок 3 – **Параметры микроклимата в животноводческом помещении, полученные разными анализаторами**

Заключение и выводы. В работе представлен подбор и анализ работы датчиков контроля параметров микроклимата в животноводческих помещениях. Реализован данный проект посредством программируемой аппаратной платформы *Arduino UNO*, с помощью которой подключались различного типа датчики. Более стабильную работу показали анализатор освещённости *BH*1750 и анализатор температуры и влажности *HTU*21*D*. Исследование

работы других анализаторов необходимо провести более детально и углублённо. Для обеспечения точных и надёжных измерений необходима калибровка всех датчиков и более глубокая настройка [1].

Список литературы

1. *Клибанова, Ю.Ю.* Калибровка датчиков температуры и освещенности системы диагностики параметров микроклимата животноводческого помещения / *Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров, С.А. Павлов* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодёжный, 25-26 апреля 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 205 - 211.

2. *Клибанова, Ю.Ю.* Опытный образец интеллектуальной системы измерения микроклимататических параметров животноводческого помещения / *Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров* // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодёжный, 27-28 апреля 2023 года. Том II. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 90 - 95.

3. *Клибанова, Ю.Ю.* Разработка автоматизированной системы диагностики микроклимата в животноводческих комплексах / *Ю.Ю. Клибанова, И.Е. Гамаюнов* // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, п. Молодёжный, 05-06 ноября 2020 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 170 - 177.

4. *Кривцов, С.Н.* Трекер для измерения параметров работы автомобиля в движении / *С.Н. Кривцов, П.И. Ильин, А.И. Тирских* [и др.] // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 36. – С. 11 - 20.

5. *Павлов, С.А.* Обоснование соблюдения основных параметров микроклимата при содержании крупного рогатого скота / *С.А. Павлов, Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров* // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодёжный, 16-17 ноября 2023 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 289 - 294.

6. *Павлов, С.А.* Параметры микроклимата животноводческих помещений и их влияние на организм животного / *С.А. Павлов* // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодёжный, 27-28 апреля 2023 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – 2023. – с. 281 - 286.

7. *Павлов, С.А.* Проектирование модуля для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO / *С.А. Павлов, Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров* // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 3 (43).

8. *Павлов, С.А.* Система диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений «Intelbox» / *С.А. Павлов, Ю.Ю. Клибанова, Р.Е. Барахтенко, А.Е. Гусаров* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвящённой 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодёжный, 25-26 апреля 2024 года. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 225 - 231.

Сведения об авторе

Клибанова Юлия Юрьевна – к. ф.-м. наук, доцент, доцент кафедры электрооборудования и физики ИрГАУ, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89086473947, e-mail: malozemova81@mail.ru.

Павлов Станислав Андреевич – PhD в области ветеринарии, кандидат ветеринарный наук, доцент кафедры специальных ветеринарных дисциплин, факультет биотехнологии и ветеринарной медицины. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 9500665432, e-mail: stan-06@yandex.ru.

Гусаров Алексей Евгеньевич – студент 2 курса энергетического факультета, направления подготовки 35.04.06 Аагроинженерия. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500934910, e-mail: fine.gusarov@yandex.ru.

Барахтенко Роман Евгеньевич – студент 2 курса, энергетического факультета, направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, e-mail: barahtenko.roman@mail.ru

Information about the authors

Klibanova Yulia. Yu. – PhD in physics and mathematics, associate professor, associate professor of the department of electrical equipment and physics of the Irkutsk state agrarian university, Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89086473947, e-mail: malozemova81@mail.ru.

Pavlov Stanislav A. – PhD in veterinary science, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of special veterinary disciplines, faculty of biotechnology and veterinary medicine. Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 9500665432, e-mail: stan-06@yandex.ru.

Gusarov Alexey E. – 2-nd year student, faculty of power engineering, field of study 35.04.06 Agricultural engineering. Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89500934910, e-mail: fine.gusarov@yandex.ru.

Barakhtenko Roman E. – 2-nd year student, faculty of power engineering, field of study 35.04.06 Agricultural Engineering. Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, e-mail: barahtenko.roman@mail.ru.

УДК 621.316

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕСИММЕТРИИ В ТРЁХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И.В. Наумов, Э.С. Федоринова, М.А. Якупова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье рассмотрены показатели качества электрической энергии, характеризующие несимметрию напряжений в трёхфазных системах электроснабжения. В основной части статьи описаны методы расчёта показателей несимметрии напряжений по

обратной и нулевой последовательности. Произведен анализ результатов статистической обработки данных полученных при расчёте показателей несимметрии по методу симметричных составляющих, модульному методу и по приближенной формуле, регламентированной действующим ГОСТ 30804.4.30. Анализ показал, что максимальная сходимость параметров у модульного метода и метода симметричных составляющих.

Ключевые слова: показатели качества электрической энергии, несимметрия, потери электроэнергии, электрические сети.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATING ASYMMETRY INDICATORS IN THREE-PHASE POWER SUPPLY SYSTEMS

I.V. Naumov, E.S. Fedorinova, M.A. Yakupova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article considers the indicators of the quality of electrical energy characterizing the asymmetry of voltages in three-phase power supply systems. The main part of the article describes methods for calculating stress asymmetry indicators in the reverse and zero sequence. The analysis of the results of statistical processing of data obtained in the calculation of asymmetry indicators using the method of symmetric components, the modular method and an approximate formula regulated by the current GOST 30804.4.30. The analysis showed that the maximum convergence of the parameters of the modular method and the method of symmetric components.

***Key words*:** indicators of the quality of electrical energy, asymmetry, loss of electricity, electrical networks.

Введение. Одним из важных требований к режимам работы систем электроснабжения (СЭС) является качество доставки электрической энергии потребителям [1, 2]. Показатели качества электрической энергии (ПКЭ) и их нормы регламентирует ГОСТ 32144-2013 [3]. В число основных ПКЭ входят коэффициенты несимметрии напряжений по обратной (K_{u2}) и нулевой (K_{u0}) последовательности, которые позволяют оценить уровень несимметрии трёхфазной системы напряжений в СЭС:

$$K_{2U} = (U_2/U_1) \cdot 100;\ K_{0U} = (U_0/U_1) \cdot 100; \quad (1)$$

где U_0, U_1, U_2 – напряжение нулевой, прямой и обратной последовательностей.

Материалы и методы. Причинами возникновения несимметрии в СЭС являются неравномерное распределение однофазных электроприёмников в трёхфазной сети, вероятностный характер их коммутации, а также аварийные события в СЭС, приводящие к неполнофазным режимам [5-11].

Результаты и обсуждение. Анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что несимметрия напряжений является особенно актуальной проблемой в сельских электрических сетях 0,4 кВ, где доля однофазных электроприёмников достаточно значительна [7-11]. Несимметрия, возникающая в электрической сети 0,4 кВ, трансформируется и передаётся в сеть 10 кВ, при этом несимметрия в сети 10 кВ будет обусловлена продольной несимметрией сети более высокого напряжения.

Расчёты несимметричных режимов ГОСТ 30804.4.30 рекомендует вычислять методом симметричных составляющих, который позволит определить напряжения нулевой, прямой и обратной последовательностей, для дальнейшего определения показателей K_{2U} и K_{u0}.

Исходными данными для такого расчёта являются действующие значения междуфазных (фазных) напряжений $\dot{U}_{AB}$, $\dot{U}_{BC}$, $\dot{U}_{CA}$ ($\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$) и углы между ними. Выражения для вычисления симметричных составляющих в комплексной форме [2]:

$$\begin{aligned} \dot{U}_0 &= \tfrac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U_C}) \\ \dot{U}_1 &= \tfrac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha\dot{U}_B + \alpha^2\dot{U}_C). \\ \dot{U}_2 &= \tfrac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha^2\dot{U}_B + \alpha\dot{U}_C \end{aligned} \quad (2)$$

Оценка несимметрии на основе расчётов напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей обеспечивает более точные и пригодные для непосредственного применения результаты [4].

Однако, существуют и другие методы вычисления показателей несимметрии напряжений, которые являются не менее точными [5]. В научной литературе также предлагаются приближённые формулы для расчёта симметричных составляющих U_0, U_1, U_2 [5].

ГОСТ 30804.4.30 допускает вычисление коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} по приближённой формуле (3), но в стандарте не указано, в каких случаях K_{2U} следует вычислять по данной формуле, что может привести к разночтениям в оценке величины этих показателей.

Приближённая формула вычисления коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, регламентируемая [2], выглядит следующим образом:

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{1-\sqrt{3-6\beta}}{1+\sqrt{3-6\beta}}} \cdot 100; \ \beta = \frac{U_{12fund}^4 + U_{23fund}^4 + U_{31fund}^4}{(U_{12fund}^2 + U_{23fund}^2 + U_{31fund}^2)^2}, \quad (3)$$

где U_{12fund}, U_{23fund}, U_{31fund} – основная составляющая напряжения между фазами.

Профессором Косоуховым Ф.Д. предложен модульный метод расчёта K_{0U} и K_{2U} по результатам измерений модулей напряжений. Исходными данными для расчётов являются значения измеренных напряжений U_A, U_B, U_C, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}. При этом аргументы $(\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C)$ позволяют определить полученный четырёхугольник из векторов напряжений U_A, U_B, U_C [5]. После чего несимметричную систему напряжений в фазах $\underline{U_A} = U_A \cdot e^{j\varphi_A}$, $\underline{U_B} = U_B \cdot e^{j\varphi_B}$, $\underline{U_C} = U_C \cdot e^{j\varphi_C}$, выражают через симметричные составляющие U_1, U_2, U_0 (2).

$$U_0 = 1/3\left(\left(U_A + (p+g)\right) - j(s-r)\right)$$

$$U_1 = 1/6\left(2U_A + (s+r)\sqrt{3} - (p+g)\right) + j\left((s-r) + (p-g)\sqrt{3}\right), \quad (4)$$

$$U_2 = 1/6\left(2U_A - (s+r)\sqrt{3} - (p+g)\right) + j\left((s-r) + (p-g)\sqrt{3}\right)$$

где переменные p, g, s и r вычисляются по выражениям:

$$s = \sqrt{U_B^2 - p^2};\ p = \frac{U_A^2+U_B^2-U_{AB}^2}{2U_A};\ g = \frac{U_A^2+U_C^2-U_{CA}^2}{2U_A};\ r = \sqrt{U_C^2 - g^2}. \quad (5)$$

Пример расчёта коэффициентов несимметрии K_{0U} и K_{2U} с помощью различных методов и формул приведён ниже.

Расчёт выполнен на основе замеров фазных и линейных напряжений (U_A, U_B, U_C, U_{AB}, $U_{BC,}U_{CA}$) на шинах низкого напряжения подстанции 10/0,4 кВ посёлка Молодёжный, Иркутской области.

Измерения проводились в течении одной недели с интервалом времени 10 мин. анализатором качества *SONEL PQM*-701 № 47699-11. На рисунке 1 и 2 приведены результаты измерений фазных и линейных напряжений в виде графиков.

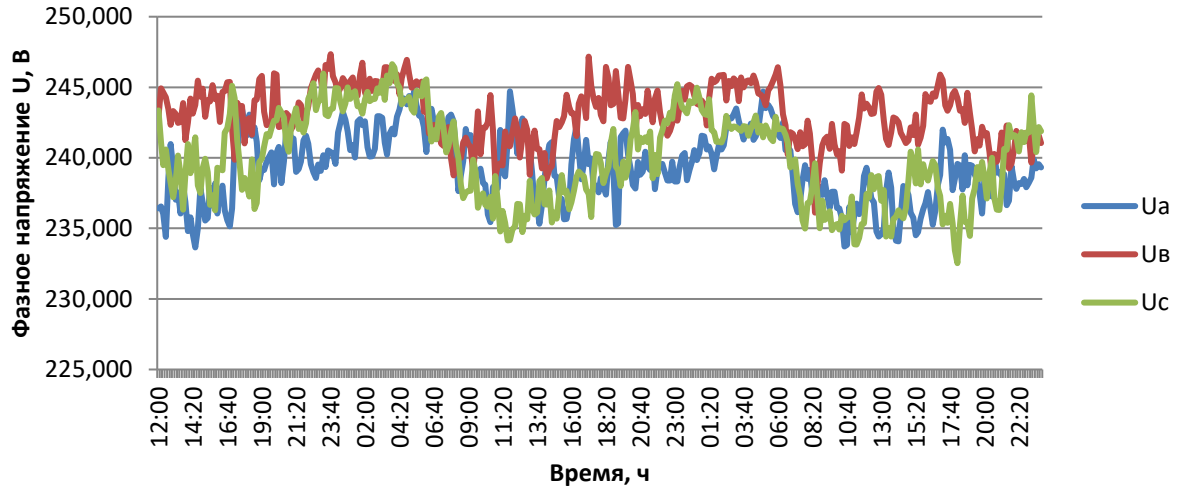


Рисунок 1 – **Временные диаграммы изменения напряжений U_A, U_B, U_C, полученные в результате измерений**

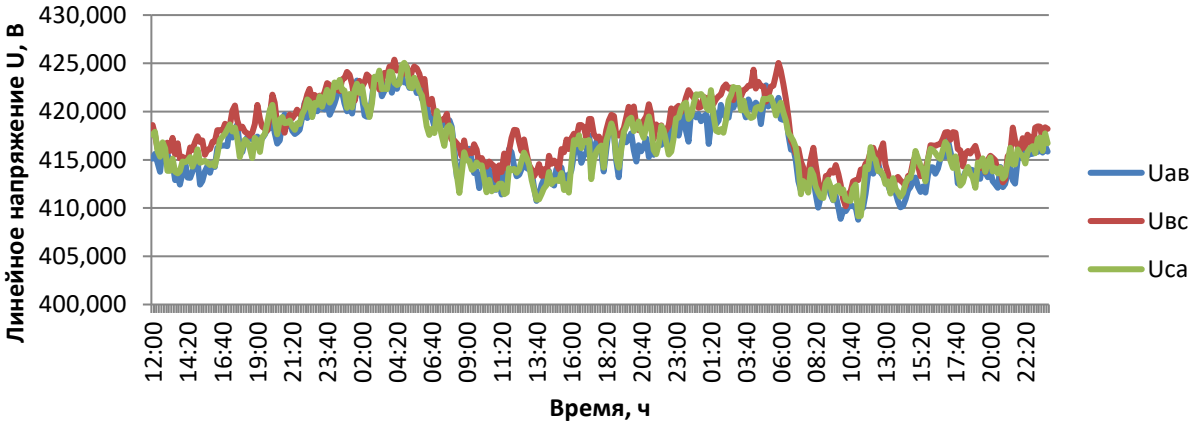


Рисунок 2 – **Временные диаграммы изменения напряжений U_{AB}, U_{BC} , U_{CA}, полученные в результате измерений**

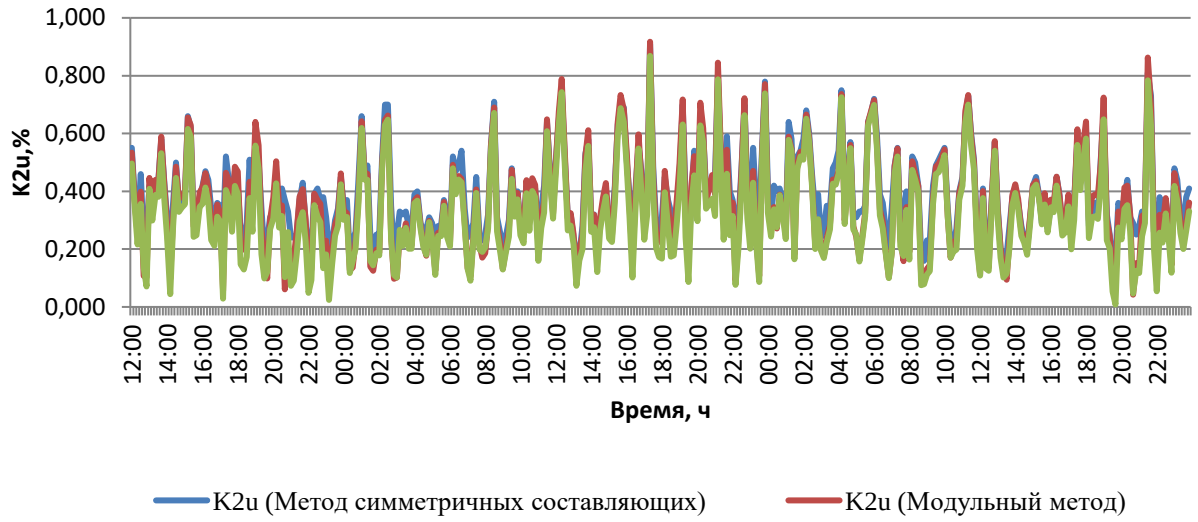


Рисунок 3 – **Изменения расчётных значений коэффициента несимметрии K_{2U}**

По данным представленным на графиках (рисунки 1 и 2) рассчитаны U_0, U_1, U_2 и определены коэффициенты несимметрии K_{2U} (рисунок 3) и K_{0U} (рисунок 4) по методу симметричных составляющих и методу Косоухова Ф.Д. Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности (K_{2U}) дополнительно рассчитывался по приближенной формуле (3) (рисунок 3).



Рисунок 4 – **Изменения расчётных значений коэффициента несимметрии K_{0U}**

Для данных, соответствующих графикам (рисунки 3 и 4) получены результаты статистической обработки недельных измерений (7 суток) (таблица 1).

Таблица 1 – **Результаты статистической обработки**

Параметр	**Модульный метод**		**Метод симметричных составляющих**		**ГОСТ 30804.4.30**
	K_{2U}	K_{0U}	K_{2U}	K_{0U}	K_{2U}
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Среднее значение	0,354719	1,142019	0,385012	1,336124	0,320224
Наибольшее значение	0,917392	2,542160	0,910751	2,870542	0,868478

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Наименьшее значение	0,042477	0,098550	0,140125	0,270740	0,008237
Дисперсия выборки	0,272150	0,312362	0,200120	0,307001	0,842881
Среднее квадратичное отклонение	0,164971	0,558894	0,140114	0,554240	0,918085

Анализ таблицы 1 показал, что значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям (K_{2U} и K_{0U}) во всех рассматриваемых случаях не превышают допустимое значение 2 %. При этом следует отметить, что максимальные значения коэффициента K_{0U} превышают допустимые значения на 27 % при расчёте по модульному методу и на 43 % при расчёте по методу симметричных составляющих.

Это может свидетельствовать о вероятности возникновения систематичности несимметрии в рассматриваемой электрической сети. Как видно из таблицы 1 математическое ожидание коэффициентов несимметрии (K_{2U} и K_{0U}) не превышают нормируемое значение.

Согласно данным таблицы 1 минимальную дисперсию и среднее квадратичное отклонение выборки расчётных данных K_{2U} и K_{0U} имеет метод симметричных составляющих.

Сходимость данных показателей у модульного метода с методом симметричных составляющих достаточно велика (для K_{2U} разница величин дисперсии составила 0,07203 ед., для K_{0U} – 0,005361 ед.). Разница величин среднего квадратичного отклонения расчетных данных для K_{2U} составила 0,024857 ед., для K_{0U} – 0,004154 ед. Таким образом, максимальная сходимость у метода симметричных составляющих и модульного метода зафиксирована по K_{0U}. Приближённая формула расчёта (3) имеет значительные расхождения по всем параметрам представленным в таблице 1 и не позволяет получить приемлемую точность оценки коэффициента несимметрии K_{2U} характеризующего несимметрию.

Заключение. Таким образом, для более точного определения показателей качества электрической энергии, характеризующих несимметрию трёхфазной системы, следует считать метод симметричных составляющих.

Список литературы

1. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 22261-82 ; введ. 1996-01-01. – Минск : ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 31 с.

2. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии (IEC 61000-4-30:2008, MOD). – Введ.2014-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 50 с.

3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ). – Введ. 2014-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 20 с.

4. *Наумов, И.В.* Минимизация последствий искажения качества электрической энергии при несимметрично-несинусоидальном электропотреблении / *И.В. Наумов, Э.С. Федоринова, М.А. Якупова* // Промышленная энергетика. – 2023. – № 3. – С. 52-61. – DOI 10.34831/EP.2023.56.49.007. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50443380.

5. *Наумов, И.В.* Несимметричные режимы работы распределительных электрических сетей : монография / *И.В. Наумов.* – Иркутск : ИрГСХА, 2014. – 152 с.

6. *Наумов, И.В.* Экспериментальное исследование показателей качества электрической энергии в лабораторных условиях / *И.В. Наумов, Э.С. Федоринова, М.А. Якупова, А.А. Домарацкий* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 46. – С. 14 - 21. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50471513.

7. Power quality and losses in 0.38 kV rural distribution networks / *I. Naumov, A. Tretiakov, E. Fedorinova* [et al.]. – DOI: 10.1051/ epjconf/201921701012. – Text: electronic // EPJ Web of Conferences. – Irkutsk, 2019. – Vol. 217: International Workshop on Flexibility and Resiliency Problems of Electric Power Systems (FREPS 2019). – URL: https://www.epjconfereces.org/articles/epjconf/abs/2019/22/epjconf_freps18_01012/epjconf_freps18_01012.html.

8. Power quality and losses in 0.38 kV rural distribution networks / *I. Naumov, A. Tretiakov, E. Fedorinova* [et al.]. – DOI: 10.1051/ epjconf/201921701012. – Text: electronic // EPJ Web of Conferences. – Irkutsk, 2019. – Vol. 217: International Workshop on Flexibility and Resiliency Problems of Electric Power Systems (FREPS 2019). – URL: https://www.epjconfereces.org/articles/epjconf/abs/2019/22/epjconf_freps18_01012/epjconf_freps18_01012.html.

9. Methodological Bases of the Fire Hazard Reduction in Internal and External 0.38 kV Electrical Networks with Unbalancing Power Consumption / *I.V. Naumov, S.V. Podyachikh, M.A. Yakupova, E.S. Fedorinova*. – DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012145 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: II International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science", Smolensk, Russian Federation, 23-27 января 2022 года. Vol. 1045. – Smolensk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012145. – Text: electronic // eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49993252.

10. Modeling of Unbalanced Operating Modes in Low-Voltage Distribution Networks / *I.V. Naumov, S.V. Podyachikh, E.S. Fedorinova* [и др.]. – DOI: 10.1007/978-3-030-93244-2_57. – Text: electronic // Imitation Market Modeling in Digital Economy: Game Theoretic Approaches: conference proceedings International Scientific and Practical Conference "New Behaviors of Market Players in the Digital Economy", (Moscow, 08 июля 2021 года). Сер. "Lecture Notes in Networks and Systems" 2022. – Moscow, 2022. – Vol. 368. – С. 516 - 525. – URL: NAUMOV_I.V._ MODELING.pdf.

11. The results of the production tests of the method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor / *A. Prudnikov, V. Bonnet, A. Loginov, Ya. Bonnet* // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. Vol. 390. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 06020. – DOI 10.1051/e3sconf/202339006020.

Сведения об авторе

Наумов Игорь Владимирович – профессор кафедры электроснабжения и электротехники, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89246088990, e-mail: professornaumov@list.ru).

Федоринова Эльвира Сергеевна – доцент кафедры электроснабжения и электротехники, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89041179752, e-mail: fec89834052365@yandex.ru).

Якупова Марина Андреевна – старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89086642241, e-mail: yakupovamarina199@yandex.ru).

Information about the author

Naumov Igor V. – professor of the department of power supply and electrical engineering, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel. 89246088990, e-mail: professornaumov@list.ru).

Fedorinova Elvira S. – docent of the department of power supply and electrical engineering, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89041179752, e-mail: fec89834052365@yandex.ru).

Yakupova Marina A. – senior lecturer of the department of power supply and electrical engineering, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89086642241, e-mail: yakupovamarina199@yandex.ru).

УДК 631.347

АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ ОТ ТЕПЛОВОЙ ПЕРЕГРУЗКИ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОПРИВОДА ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

А.Г. Черных

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье приводятся теоретические исследования, направленные на решение целевой задачи, позволяющие исключить работу в условиях тепловой перегрузки статор приводного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной машины. Предложен алгоритм защиты от тепловой перегрузки статорных обмоток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором основанный на эквивалентной математической модели расчёта нагрева указанных обмоток на основе вычисления коэффициента перегрузки в процентном отношении от используемой двигателем тепловой мощности. В результате получено единое модифицированное уравнение постоянной времени на основе тепловой модели первого порядка, которое легко адаптируется к конкретным настройкам реле (температура, коэффициент перегрузки и т.д.). Уравнение, выраженное в единицах опорного тока отключения, может быть универсально применено к любому типу реле.

Ключевые слова: дождевальная машина, гидропривод, тепловая перегрузка, обмотка.

THE ALGORITHM OF PROTECTION AGAINST THERMAL OVERLOAD OF THE HYDRAULIC DRIVE MOTOR OF THE SUPPORT TROLLEYS OF THE SPRINKLER MACHINE

A.G. Chernykh

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article presents theoretical studies aimed at solving the target problem, which make it possible to exclude operation in conditions of thermal overload of the stator of the drive motor of the hydraulic drive of the support trolleys of the sprinkler machine. An algorithm for protection against thermal overload of the stator windings of an asynchronous motor with a short-circuited rotor is proposed based on an equivalent mathematical model for calculating the heating of these windings based on calculating the overload coefficient as a percentage of the thermal power used by the engine. As a result, a single modified equation of the time constant based on a first-order thermal model is obtained, which is easily adapted to specific relay settings (temperature, overload coefficient, etc.). The equation expressed in units of the reference trip current can be universally applied to any type of relay.

Key words: *sprinkler machine, hydraulic drive, thermal overload, winding.*

Введение. В круговых дождевальных машинах *T-L Irrigation Company* (США) (система *T-L* с фиксированной опорной башней) один конец машины зафиксирован, в то время как конструкция из ферм на опорах передвигается по часовой стрелке при помощи моторного привода и колёс [1]. В системе *T-L* движение колёс обеспечивается за счёт применения гидростатического привода, который обеспечивает широкий спектр преимуществ по сравнению с системами с традиционным электрическим приводом [2, 3].

Материалы и методы. В состав гидростатического привода входит высокоэффективный гидравлический насос переменного потока. [4]. В качестве приводного двигателя которого используется 3-фазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором частотой 60 Гц типа *Inverter Duty Motor* фирмы *WEG* мощностью 15 кВт, изготовленный в соответствии со стандартами Национальной ассоциации производителей электрооборудования (*NEMA*) [5]. Указанный выше тип двигателя сконструирован таким образом, чтобы изоляция статорных обмоток могла выдерживать определенное повышение температуры выше температуры окружающей среды при номинальной нагрузке. Однако при длительной работе двигателя в условиях номинальной нагрузки и неблагоприятных условиях окружающей среды, например, высокая температура, тепловая масса двигателя повышается, а тепловое сопротивление уменьшается. Как следствие, с точки зрения тепловой нагрузки, двигатель может перейти в режим работы, соответствующий тепловым перегрузкам [6]. Для исключения указанного режима работы двигателя необходимо отслеживать тепловую нагрузку двигателя в режиме реального времени, например, как некоторую функцию набора конструкционных и расчётных переменных соответствующих статорных обмоток двигателя. В самом простом варианте может быть использована традиционная ненаправленная защита от перегрузки по току статорных обмоток двигателя, для которой повышение температуры обмоток определяется в соответствии с законом Джоуля-Ленца. В этом случае определяется максимальное время протекания тока через обмотку для соответствующего его текущего значения. Недостатком защиты от перегрузки по току является наличие тепловой постоянной времени (инерционности) для процесса нагрева и остывания статора двигателя, связанного с его тепловой массой. При этом, в случае повторяющихся перегрузок и соответствующих этим перегрузкам броскам тока в статорных обмотках,

вычисленное время протекания в них тока с учётом допустимой тепловой нагрузки (определяемой законом Джоуля-Ленца) даёт поле дискретных значений времени протекания тока в цепи питания двигателя. Соответственно, каждое из полученных значений времени может быть меньше порогового значения для принятой максимальной тепловой нагрузки. Тем не менее, сам тепловой процесс в обмотках носит циклический характер с преобладания интервалов эквивалентных времени нагрева над интервалами, связанными с охлаждением.

Результаты и обсуждение. Альтернативный подход защиты от перегрузки по току основан на математической модели расчёта нагрева обмотки на основе вычисления коэффициента перегрузки k в процентном отношении от используемой тепловой мощности (ТМ) вместо температуры [7]. Полученное значение величины k позволяет оценить необходимость отключения, а именно момент времени, когда величина тепловой мощности достигает 100 %. При этом, когда измеренный ток превышает коэффициент k, умноженный на номинальный ток (максимально допустимая нагрузка), реле включается и отключается с задержкой, определяемой настройкой постоянной времени реле. Коэффициент перегрузки k рассчитывается на основе принципа, согласно которому повышение температуры связано с квадратом токов следующим образом:

$$k = \sqrt{\frac{\theta_{сраб} - \theta_{окр}}{\theta_{ном} - \theta_{окр}}} = \frac{I_{сраб}}{I_{ном}}, \quad (1)$$

где $\theta_{сраб}$ – температура обмотки при 100 % тепловой мощности, °С;
$\theta_{окр}$ – температура окружающей среды, °С;
$\theta_{ном}$ – температура обмотки при работе двигателя в номинальном режиме, °С;
$I_{сраб}$ – ток срабатывания защиты, А;
$I_{ном}$ – номинальный ток двигателя, А.

Коэффициент перегрузки обычно устанавливается на 8÷10 % выше коэффициента работы двигателя, чтобы учесть погрешность измерения. Максимальная настройка ограничена примерно величиной 1,2 (типичная максимальная настройка по умолчанию), поскольку размер сечения кабеля, питающего двигатель обычно составляет 1,25 % от сечения определяемого номинальным током двигателя.

Предлагаемый алгоритм защиты от тепловой перегрузки двигателя основан на зависимости степени нагрева ротора от величины коэффициента несимметрии тока статора для обратной последовательности K_{2I} и трёх значений постоянной τ. Указанная постоянная соответствует трём режимам работы двигателя, а именно пуск, нормальная работа (перегрузка) и остановка. В таблице 1 приведены типичные диапазоны тока статора I_s (относительно номинального тока $I_н$), которые определяют одно из трёх указанных выше состояний работы двигателя.

Существует два уравнения тепловой нагрузки, которые описывают нагрев двигателя [8]:

$$\theta_A = \left[\left(\frac{I}{k \cdot I_s} \right)^2 + K_{2I} \cdot \left(\frac{I_2}{k \cdot I_s} \right)^2 \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \cdot 100\% \qquad (2)$$

Таблица 1 – **Диапазоны значений тока статора, соответствующих постоянной времени работы двигателя**

Фазный ток статора двигателя I_s	**Используемая настройка для постоянной времени**
$I_s < 0{,}12 \cdot I_н$	остановка
$0{,}12 \cdot I_н \le I_s < 2{,}5 \cdot I_н$	нормальная работа / перегрузка
$I_s \ge 2{,}5 \cdot I_н$	пуск

$$\theta_B = \left[\left(\frac{I}{k \cdot I_s} \right)^2 + K_{2I} \cdot \left(\frac{I_2}{k \cdot I_s} \right)^2 \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \cdot p\% \qquad (3)$$

,

где I – измеренное максимальное среднеквадратического значения фазных токов статора, А;

I_s – значение тока статора для текущей нагрузки на валу двигателя, А;

I_2 – измеренный ток отрицательной последовательности трёхфазной системы токов статора, А;

k – текущее значение коэффициента перегрузки, б/р;

K_{2I} – коэффициента несимметрии тока статора для обратной последовательности, б/р;

p – принятое значение коэффициента перегрузки, %;

τ – постоянная времени нагрева соответствующая одному из трёх режимов нормальный, пуск или стоп, сек;

θ_A – температура отнесённая к 100 % величине тепловой мощности, %;

θ_B – температура отнесённая к принятой величине p отнесённой к максимально допустимой нагрузке при 100 % тепловой мощности, %.

Как правило, в расчётах весовой коэффициент p принимается 50 %, т.е. соответствует 50 % значению тепловой нагрузки на корпус двигателя, работающего на номинальную нагрузку.

Уравнение (2), предназначено для определения «Горячих точек» в обмотках ротора и статора при запуске или повторном запуске двигателя. В этом случае двигатель отключается, если перегрузка сохраняется достаточно долго (ТМ достигает 100 %). В свою очередь, уравнение (3) используется для продолжительных режимов работы и позволяет учесть изменение общей теплоемкости корпуса двигателя в процессе работы. Уравнение (2) идентично уравнению (3), за исключением того, что весовой коэффициент p используется для определения и ограничения ТМ (обычно до 50 %), когда двигатель работает с максимально допустимой нагрузкой, тем самым предотвращая отключение двигателя. Когда после пуска, перегрузка двигателя уменьшается, кривая температуры θ_A в функции тока статора в некоторой точке, определяемой величиной p, сольется с кривой θ_B. Таким образом, расчётная кривая для температуры θ_B определяет начальный (предшествующий) уровень тепловой нагрузки, с

которого начинается расчёт режима работы двигателя соответствующей величине ТМ равной 100 % и выше (перегрузка). В общем случае кривая θ_B является более универсальной с точки зрения охватываемых режимов работы двигателя, в частности логика её использования от начального режима к последующему после применить её для исследования процесса охлаждения двигателя после остановки. Другими словами, чтобы рассчитать тепловую нагрузку во время охлаждения двигателя необходимо дополнить его правую часть слагаемым, которое должно учитывать предыдущую тепловую нагрузку, а именно:

$$\theta_B = \left[\left(\frac{I}{k \cdot I_s} \right)^2 + K_{2I} \cdot \left(\frac{I_2}{k \cdot I_s} \right)^2 - \frac{\theta_p}{p\%} \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \cdot p\% + \theta_П, \quad (4)$$

где $\theta_П$ – предыдущее значение тепловой нагрузки, отнесённой к максимально допустимой нагрузке при 100 % тепловой мощности, %.

Для нахождения начального или предшествующего уровней тепловой нагрузки для кривой охлаждения, рассмотрим двигатель, который работал при произвольной постоянной нагрузке достаточно долго ($t \to \infty$), чтобы достичь неизменной по величине температуры. Принимая во внимание, что слагаемое, определяемое показательной функцией, в этом случае будет равно нулю, уравнение (3) примет вид:

$$\theta_B = \left[\left(\frac{I}{k \cdot I_s} \right)^2 + K_{2I} \cdot \left(\frac{I_2}{k \cdot I_s} \right)^2 \right] \cdot p\% . \quad (5)$$

Если затем двигатель остановлен, вычисленное значение θ_B становится исходным или предшествующим значением тепловой нагрузки $\theta_П$, с которого начинается охлаждение. Выраженное в терминах тока предварительной нагрузки ($I = I_П$, $I_2 = I_{П2}$), уравнение (5) преобразуется следующим образом:

$$\theta_П = \left[\left(\frac{I_П}{k \cdot I_s} \right)^2 + K_{2I} \cdot \left(\frac{I_{2П}}{k \cdot I_s} \right)^2 \right] \cdot p\% . \quad (6)$$

Подставляя (6) в (4), предполагая нулевой ток ($I = I_2 = 0$) уравнение (4) преобразуется к тождеству:

$$\theta_B = \theta_П \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (7)$$

Для двигателя, работающего при максимально допустимой нагрузке, для которой ток предварительной нагрузки $I_П = k \cdot I_s$, предыдущий уровень тепловой нагрузки для охлаждения будет равен установленному весовому коэффициенту p. В этом случае уравнение охлаждения принимает вид:

$$\theta_B = p\% \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

На рисунке 2 показан графический пример характеристик θ_A и θ_B для режимов нагрева и охлаждения (без масштабирования) для двигателя, который первоначально работал с максимально допустимой нагрузкой в течение достаточно длительного времени, чтобы достичь максимального

установившегося уровня температуры, а затем был остановлен, снова запущен и повторно остановлен ещё раз [9].

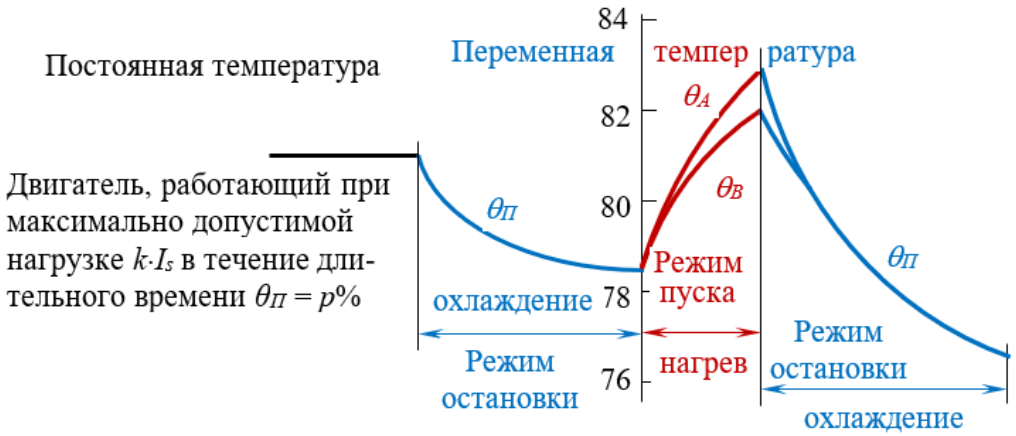


Рисунок 2 – **Температурные характеристики двигателя при работе с максимально допустимой нагрузкой (*p*, %), остановке, повторном запуске и повторной остановке**

В целом, функция защиты от тепловой перегрузки определяется переменной, называемой временем срабатывания *t*, которое может быть вычислено по выражению:

$$t = \tau \cdot \ln\left[\frac{I^2 + K_{2I} \cdot I_2^2 - (I_П^2 + K_{2I} \cdot I_{П2}^2) \cdot p}{I^2 + K_{2I} \cdot I_2^2 - (k \cdot I_s)^2}\right]. \quad (8)$$

Соответственно тепловые постоянные времени для режима пуска и установившегося режимов работы могут быть рассчитаны на основе кривых теплового предела двигателя (рисуноу 1), кривых срабатывания реле и уравнения (9).

Для расчёта тепловой постоянной времени для режима пуска используется две электрические величины, а именно значение тока при заторможенном ротор (холодное состояние) и номинальное напряжение на стороне статора. Поскольку холодный двигатель работает при температуре окружающей среды, можно сделать допущение о том, что равны нулю текущий ток нагрузки $I_П$ и фазная составляющая тока отрицательной последовательности. С учётом введённых допущений, преобразованное уравнение (8), позволяющее определить тепловую постоянную времени для режима пуска $\tau_{пуск}$ запишется в виде:

$$\tau_{пуск} = \frac{t_{max}}{\ln\left(\frac{\frac{I_{max}^2}{I_{оп}}}{\frac{I_{max}^2}{I_{оп}} - k^2}\right)} = \frac{39}{\ln\left(\frac{\frac{29,4^2}{20,58}}{\frac{29,4^2}{20,58} - 1,05^2}\right)} = \frac{39}{\ln\left(\frac{42}{40,9}\right)} = 1469 \text{ сек}, \quad (9)$$

где t_{max} =39 – максимально допустимое время блокировки ротора (холодное состояние), сек;

$I_{max} = I_{ном}$ = 29,4 А – максимально допустимый ток при заблокированном роторе, А;
$I_{оп}$ = 20,58 – опорный ток статора (70 % $I_{ном}$), А;
k = 1,05 – коэффициент перегрузки.

Примечание: приведённые выше числовые значения соответствуют номинальным и расчётным данным для асинхронного двигателя типа *WEG* мощностью 15 кВт гидропривода опорных тележек дождевальной машины фирмы *T-L Irrigation Company* (США) [10] (система *T-L* с фиксированной опорной башней) номинальные данные которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – **Геометрия и обмоточные данные двигателя**

$P_{2ном}$, кВт	$I_{1ном}$, А	схема	Z_1/Z_2	D_a, мм	D_i, мм	L, мм	δ, мм	d, мм	y	Nz	a
15	29,4	Δ	36/28	260	170	175	0,5	1,12×3	2 (1-9, 2-10), 1 (11-18)	22	1

где $I_{1ном}$ – номинальный ток статора, А;
Z_1, Z_2 – количество пазов статора, ротора;
D_a – диаметр статора внешний, мм;
D_i – диаметр статора внутренний, мм;
L – длина статора, мм;
δ – воздушный зазор, мм;
d – диаметр провода (мм) и (×) – количество проводников в витке;
y – шаг обмотки;
Nz – количество витков в пазу; a – количество параллельных ветвей.

Тепловая постоянная времени для нормального режима работы $\tau_{норм}$ применяется, когда фазный ток двигателя находится в диапазоне $0{,}12 \cdot I_н \le I_s < 2{,}5 \cdot I_н$. Функция поиска используется для определения ближайшего значения тока и времени для $2{,}5 \cdot I_н$ по кривой охлаждения двигателя (рисунок 1, кривая – 1). В результате, используя данные, полученные с помощью кривой охлаждения, можно для определения тепловой постоянной использовать модифицированное по виду уравнение (8), а именно:

$$\tau_{норм} = \frac{t_{2,5}}{\ln\left(\frac{\frac{I_{2,5}^2}{I_{оп}}}{\frac{I_{2,5}^2}{I_{оп}} - k^2}\right)} = \frac{8}{\ln\left(\frac{\frac{73,5^2}{20,58}}{\frac{73,5^2}{20,58} - 1,05^2}\right)} = \frac{8}{\ln\left(\frac{262,5}{261,4}\right)} = 1905 \text{ сек}, \quad (10)$$

где $I_{2,5}$ = 72,5 А – ток предварительной нагрузки двигателя ($2{,}5 \cdot I_{ном}$), А;
t_{max} =8 – время соответствующее току предварительной нагрузки (рисунок 1, кривая 1).

Необходимо отметить, что в полевых условиях работы асинхронного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной машины, с учётом

качества питающей сети, коэффициент K_{2I}, входящий в выражение (9), как правило, не равен нулю.

Условия с отрицательной последовательностью фаз могут возникать при уровнях тока в обмотке статора, которые находятся в пределах, предусмотренных проектными возможностями данной обмотки и, следовательно, в пределах уровня срабатывания входного автоматического выключателя включенного в цепь питания двигателя. Чрезмерно высокий уровень постоянной составляющей отрицательной последовательности фаз приводит к тому, что стержни беличьей клетки ротора нагреваются сверх проектных возможностей, а последствия их теплового воздействия на ротор могут способствовать к выходу его из строя в процессе работы.

Алгоритм расчёта составляющей тока отрицательной последовательности фаз сводится к выполнению следующих расчётных операций:

1. Измеряется значение наименьшего фазного тока в процентах от номинального тока двигателя;

2. Измеряется наибольшее значение фазного тока в процентах от номинального тока двигателя;

3. Определяется разность в процентах от уменьшаемого соответствующего наибольшему значению фазного тока и вычитаемого, соответствующего наименьшему значению из измеренных фазных токов;

4. Полученная разность делится на три.

Заключение. Предложен алгоритм трехфазной защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором от тепловой перегрузки с использованием кривых температурного предела в функции фазного тока статора. Расчёт тепловой мощности в режиме пуска производится на номинальном напряжении и содержит ряд итерационных циклов, соответствующих повторным и последующим запускам двигателя. Учитывая, что двигатель работает при номинальной нагрузке или ниже, использование одной и той же тепловой постоянной времени, идентичной как для перегрузки, так и номинальной нагрузки, приводит к неточному тепловому моделированию после окончания режима перегрузки. Поэтому в работе предложены два соотношения для расчёта тепловых постоянных времени соответствующих указанным режимам. В практическом плане наличие отмеченной неточности, связанной с различиями в расчётном и эксплуатационном значениях тепловой постоянной времени нагрева статора, приводит к тому, что отслеживаемая реле кривая остывания обмотки во времени опережает фактическую физическую кривую, связанную с данным процессом.

Список литературы

1. *Рунов, Б.А.* Основы технологий точного земледелия: зарубежный и отечественный опыт / *Б.А. Рунов, Н.В. Пильникова* // Рос. Акад. С.-х. наук, Гос. Науч. Учреждение Агрофизический науч.-исслед. Ин-т Россельхозакадемии. – [2-е изд., испр. И доп.]. – Санкт-Петербург : [ГНУ АФИ Россельхозакадемии], 2012. – 119 с.

2. *Shilpa, A.A.* Precise and Autonomous Irrigation System For Agriculture : IoT Based Self Propelled Center Pivot Irrigation System / *A. Shilpa, V. Muneeswaran, D.K.D. Rathinam* //

5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), India. – 2019. – pp. 533 - 538.

3. *Grigorov, O.* Comparing hydraulic and electromechanical drives by electric motor's power / *O. Grigorov, G. Anishchenko, E. Druzhynin, V. Strizhak, M. Strizhak, V. Malashchenko* // EOT-2019, MATEC Web of Conferences 294, 01002 (2019).

4. *Wang, Y.* Research status, critical technologies and development trends of hydraulic pressure pulsation attenuator / *Y. Wang, T. Shen, C. Tan,* et al. // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. Vol. 34. – Article number : 14.

5. *Черных, А.Г.* Энергетические характеристики асинхронного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной машины / *А.Г. Черных* // Актуальные проблемы энергетики АПК: сборник материалов II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко. – Саратов : ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024. – С. 317 - 329.

6. *Иванов-Смоленский А.В.* Электрические машины / *А.В. Иванов-Смоленский*. – М. : Энергия, 1980. – 928 с.

7. *Venkataraman, B.* Fundamentals of a motor thermal model and its applications in motor protection / B. *Venkataraman, B. Godsey, W. Premerlani, E. Shulman, M. Thaku* // Proceedings of the Annual Technical Conference of the Pulp and Paper Industry, 2005. – pp. 11 - 28.

8. ABB 1MAC050144-MB 615 series Technical Manual Issued: 06/06/2015 Revision E Product version 4.2.1

9. *Беспалов, В.Я.* Упрощенная математическая модель нестационарного нагрева и охлаждения обмотки статора асинхронного двигателя / *В.Я. Беспалов, Ю.А. Мощинский, В.И. Цуканов* // Теоретический и научно-практический рецензируемый журнал «Эдектричество», 2003, – № 4. – С. 20 - 26.

10. *Черных, А.Г.* Структура и состав закрытой системы орошения механическим подъемом воды и поливом широкозахватными круговыми дождевальными машинами / *А.Г. Черных* // Ежеквартальный научный журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета», 2022, – № 4 (69), – С. 171 - 183.

Сведения об авторе(ах)

Черных Алексей Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500633102, e-mail: kandida2006@yandex.ru.

Information about the author(s)

Chernykh Alexey G. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel. 89500633102, e-mail: kandida2006@yandex.ru.

УДК 004.891.2

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ ГАУ

М.Н. Барсукова, К.Е. Шишман

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В современном мире наука и образование играют ключевую роль в развитии общества. Научно-издательская деятельность является важным аспектом распространения знаний и обмена опытом между учёными и специалистами разных областей. В данной работе рассмотрен процесс разработки научно-издательской платформы университета, направленный на создание эффективной системы публикации научных статей, монографий и других материалов, способствующий повышению качества научных исследований и укреплению пози-ций университета в научном сообществе.

Ключевые слова: научная статья, научно-издательская платформа, проектирование, разработка.

DEVELOPMENT OF A SCIENTIFIC PUBLISHING PLATFORM FOR THE FSBEI HE IRKUTSK SAU

M.N. Barsukova, K.E. Shishman

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. In the modern world, science and education play a key role in the development of society. Scientific publishing is an important aspect of disseminating knowledge and exchanging experience between scientists and specialists in different fields. This paper examines the process of developing a university scientific publishing platform aimed at creating an effective system for publishing scien-tific articles, monographs and other materials, contributing to improving the quality of scientific re-search and strengthening the university's position in the scientific community.

Key words: scientific article, scientific publishing platform, design, development.

Введение. Научно-исследовательская деятельность играет важную роль в успешном развитии вуза и является неотъемлемой часть образовательного процесса, опубликованный научный труд является основным её результатом [2]. Современный мир компьютерных технологий предоставляет возможности публикации научных статей посредством издательских платформ [10].

Материалы и методы. Научно-исследовательская деятельность в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имеет свои особенности, связанные как с профилем университета, так и с региональными условиями. Одной из ключевых особенностей является ориентированность на научно-исследовательскую работу в области сельского хозяйства, экологии и природных ресурсов [3].

Результаты и обсуждение. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имеет сильную научно-исследовательскую базу и развитую инфраструктуру, которая

способствует проведению научных исследований в различных областях сельского хозяйства. Научная часть университета включает в себя 2 отдела: научно-информационный и отдел подготовки кадров высшей квалификации. Кроме того, к научной части можно отнести все лаборатории, центры и научно-производственные подразделения университета [4].

Проанализировав несколько существующих проектных решений, были выявлены достоинства и недостатки современных научно-издательских систем. Сделан вывод о том, что имеются все необходимые предпосылки для создания инновационного и эффективного проектного решения, полностью соответствующего требованиям заказчика [5].

Информационная система должна соответствовать определённым характеристикам и требованиям, чтобы быть эффективной [6, 9]. Во-первых, система должна обеспечивать удобный процесс загрузки, хранения и управления научными статьями и другими изданиями; во-вторых, иметь удобный интерфейс для поиска, фильтрации и просмотра научных публикаций для пользователей. Кроме этого, система должна обеспечивать безопасное хра-нение данных и конфиденциальность информации пользователей; быть мас-штабируемой, надёжной и обеспечивать доступность к сервисам для пользо-вателей в любое время и должна быть совместима с различными устройствами и операционными системами, чтобы обеспечить удобство использования для пользователей из разных регионов.

Функциональная модель приёма научных работ построена с использованием программного инструментария *BPwin* [7] и изображена на рисунке 1.

На входе имеется информация о пользователе, логин, пароль, статьи и тезисы, на выходе будет конференция, файл сборника в формате *XML* и *PDF* для выгрузки в *Elibrary*. Управлением является план основных мероприятий, положение конференции и электронной библиотеки. Механизмы – редактор научного отдела ответственный за обработку поступающих заявок в научно-издательскую платформу инженер-программист, отвечающий за выпуск сборника в сети интернет.

Для хранения данных был выбран *MySQ*L [8]. В СУБД *phpMyAdmin* процесс создания реляционной базы данных включает создание схемы данных. Схема данных наглядно отображает логическую структуру базы данных на рисунке 2, таблицы и связи между ними, а также обеспечивает использование установленных в ней связей при обработке данных [4].

База данных платформы состоит из 5 таблиц. Основная таблица – «*Users*» которая содержит данные о всех зарегистрированных пользователях, незарегистрированный пользователь не может отправлять свои работы на конференции.

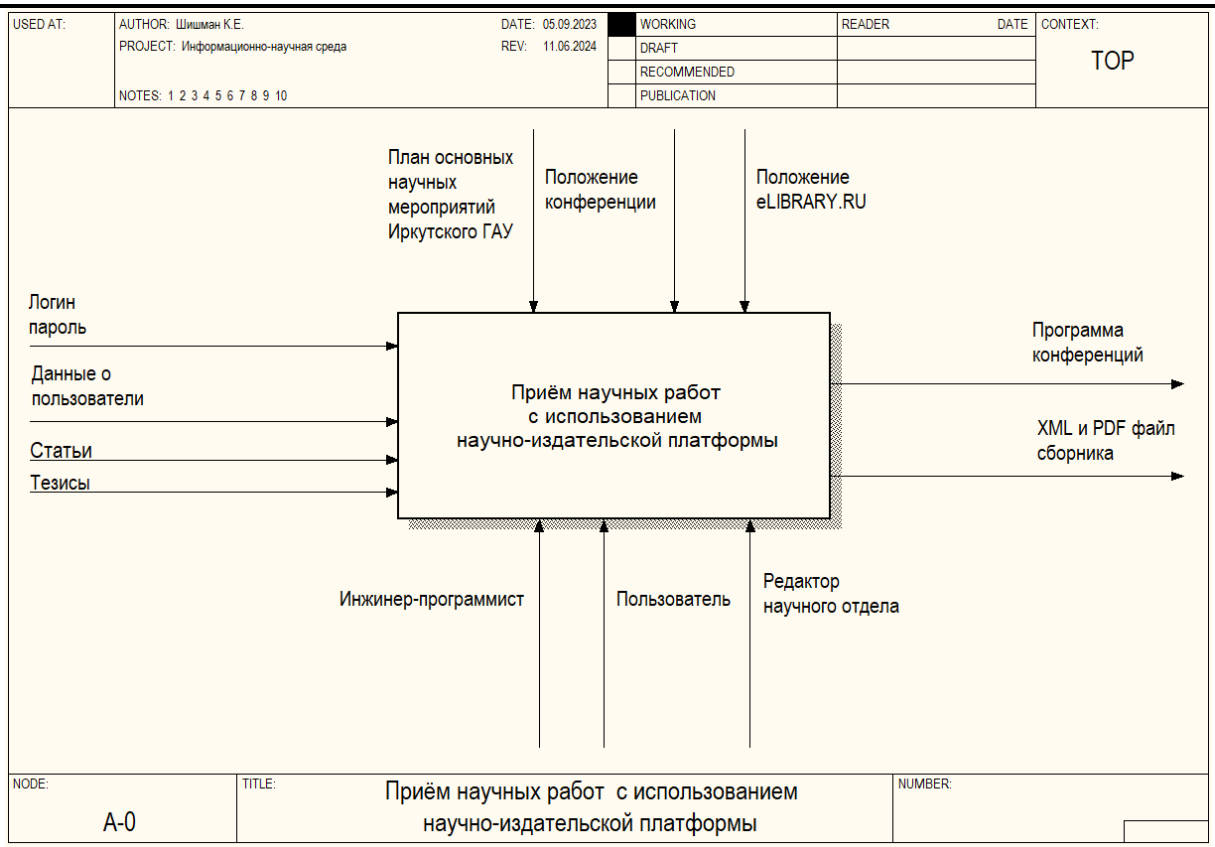


Рисунок 1 – **Функциональная модель приёма научных работ**

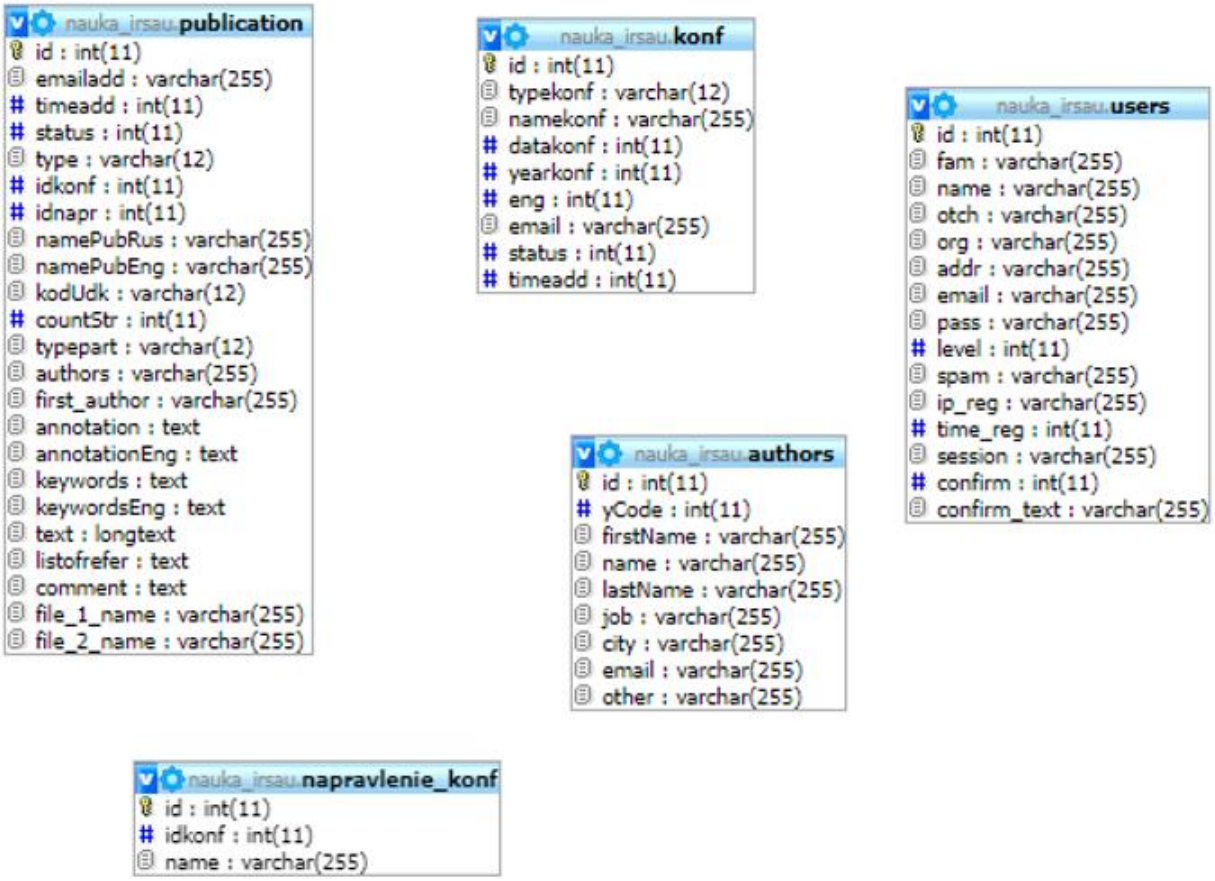


Рисунок 2 – **База данных платформы**

Интерфейс научно-издательской платформы состоит из главного меню в шапке, состоящей из кнопок, главная страница, о журнале, выпуски, поиск, помощь и личный кабинет показанного на рисунке 3. В теле сайта располагается материалы конференций и программы конференций.

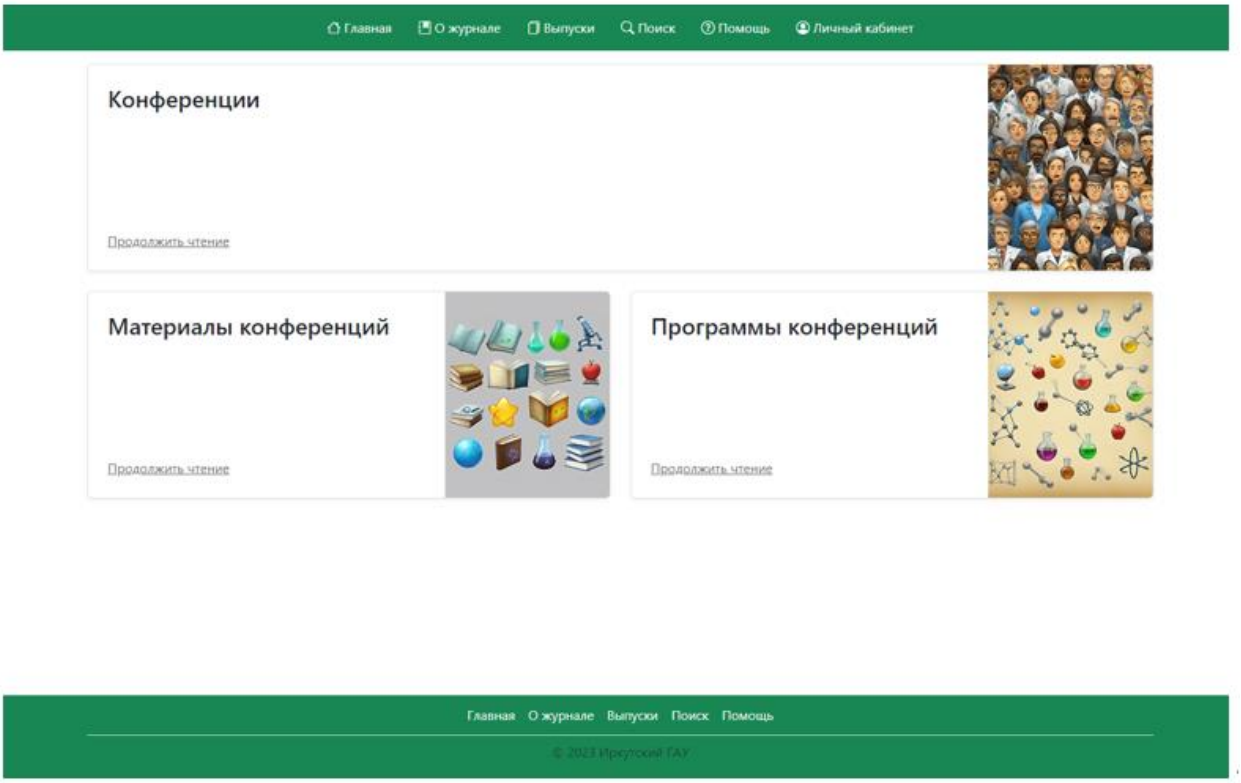


Рисунок 3 – **Главная страница «Научно-издательской платформы»**

Переходя в личный кабинет, открывается форма авторизации, где требуется *e-mail* и пароль. Для новых пользователей присутствует форма регистрации, где нужно заполнить поля, фамилия, имя, отчество, организация, адрес организации, *e-mail* и пароль, так же имеется переключатель рассылки на электронную почту, с помощью которого включившим разрешение на рассылку, можно будет отправлять программы конференций и другую полезную информацию.

Для подтверждения регистрации на указанную почту приходит ссылка с подтверждением, что увеличивает защищённость аккаунта пользователя.

После регистрации и авторизации пользователь попадает в личный кабинет. Который отображает главную информацию, позволяет хранить свои научные работы, отправляемые на конференции, добавлять статьи на конференции.

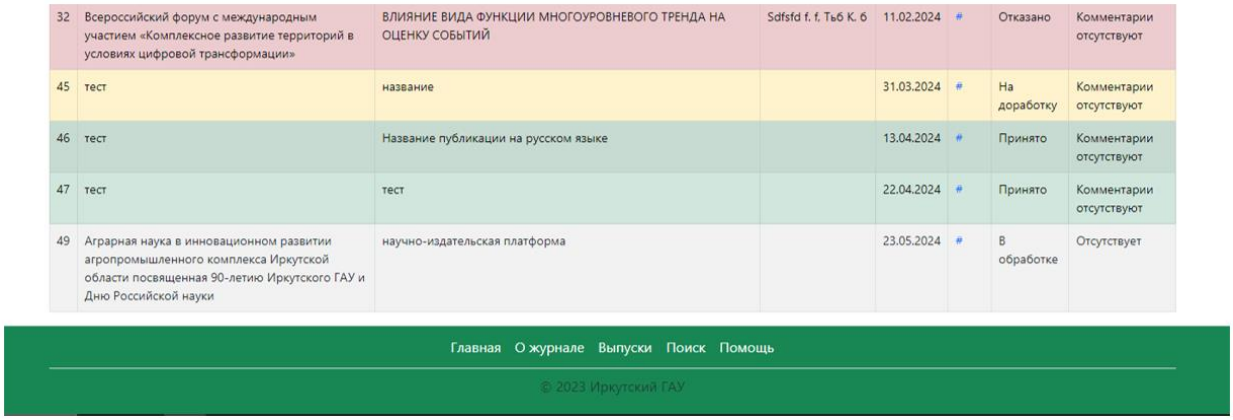
В научно-издательской платформы, функционал включает в себя различные компоненты и возможности, которые позволяют ей эффективно осуществлять свою деятельность.

Подача работы на конференцию начинается после того, как пользователь зарегистрировался, авторизовался и выбрал нужную ему конференцию из списка представленных на настоящий год.

В личном кабинете каждого пользователя есть кнопка «Добавить новую публикацию» при нажатии на которую вы попадаете на страницу, которую необходимо заполнить для отправки работы на модерацию.

На каждом этапе есть сопровождение в виде сносок если что-то заполнено не верно. Если всё заполнено верно, на последнем шаге нажимаем кнопку добавить публикацию и получаем такое же уведомление об успешно отправленной работе.

Чтоб узнать на какой стадии находится ваша заявка, заходите в личный кабинет, вкладка отправленные в редакцию материалы и там отображаются все ваши работы и их состояние. Для удобства состояния так же выделяются цветами зелёный – принято, красный – отказано, жёлтый – возвращено на доработку, белый – в обработке (рисунок 4).



32	Всероссийский форум с международным участием «Комплексное развитие территорий в условиях цифровой трансформации»	ВЛИЯНИЕ ВИДА ФУНКЦИИ МНОГОУРОВНЕВОГО ТРЕНДА НА ОЦЕНКУ СОБЫТИЙ	Sdfsfd f. f. Тьб К. б	11.02.2024	#	Отказано	Комментарии отсутствуют
45	тест	название		31.03.2024	#	На доработку	Комментарии отсутствуют
46	тест	Название публикации на русском языке		13.04.2024	#	Принято	Комментарии отсутствуют
47	тест	тест		22.04.2024	#	Принято	Комментарии отсутствуют
49	Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области посвященная 90-летию Иркутского ГАУ и Дню Российской науки	научно-издательская платформа		23.05.2024	#	В обработке	Отсутствует

Рисунок 4 – **Страница состояний**

Все принятые научные работы на конференцию отображаются по секциям, порядок работ можно изменять внутри каждой секции простым перетягиванием. При нажатии на значок в конце блока, научная работа вернётся на модерацию, что позволит поменять модератору секцию и тип участия.

При нажатии кнопки создать сборник, все статьи объединяются в единый *PDF* файл в том порядке, который был указан.

Экономическая эффективность разработки научно-издательской платформы может быть оценена по нескольким критериям. При разработке участвовали 7 специалистов: руководитель, аналитик, дизайнер, програм-мист, тестировщик, проектировщик баз данных, специалист технической поддержки. Затраты на труд включают расходы на заработную плату, соци-альные отчисления, обеспечение условий труда и прочие расходы, связанные с использованием рабочей силы.

На выполнения всех задач для создания научно-издательской платформы было затрачено 268960 рублей, для дальнейшего обслуживания потребуется только оплата веб-хостинга платформы.

Создание научно-издательской платформы помогает быстрее и эффективнее делиться своими исследованиями с научным сообществом. Это способствует ускорению научного прогресса, обмену знаниями и распространению новых идей.

Важное значение имеет также возможность использования различных инструментов для управления и анализа научными данными, создания цифровых архивов и репозиториев, проведения рецензирования статей, мониторинга публикаций и других функций, улучшающих качество и доступность научной информации.

Список литературы

1. *Барсукова, М.Н.* Проектирование информационной системы для формирова-ния результатов научно-исследовательской деятельности аграрного университета / *М.Н. Барсукова, А.А. Ромме* // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 36. – С. 38 - 47.

2. *Гринь, А.М.* Научно-исследовательская и инновационная деятельность в развитии современного вуза / *А.М. Гринь, К.Н. Мироненков* // Сибирская финансовая школа. 2011. № 3 (86). – С. 177 - 183.

3. *Иваньо, Я.М.* Прогнозирование показателей эффективности научно-исследовательской деятельности аграрного университета для улучшения управленческих решений / *Я.М. Иваньо, Д.А. Попов* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2021. – № 39. – С. 42 - 51.

4. *Шишман, К.Е.* Особенности организации научно-исследовательской деятельности в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ / *К.Е. Шишман* // Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области. Материалы очно-заочной научно-практической конференции, посвящённой 90-летию Иркутского ГАУ и Дню Российской науки. п. Молодёжный, 2024. – С. 565 - 566.

5. *Шишман, К.Е.* Обзор существующих разработок в области научно-издательской деятельности / *К.Е. Шишман* // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. Сборник научных тезисов студентов. п. Молодёжный, 2023. – С. 543 - 544.

6. *Белов, В.В.* Проектирование информационных систем: Учебник / *В.В. Белов*. – М. : Академия, 2018. - 144 с.

7. *Гвоздева, Т.В.* Проектирование информационных систем. Стандартизация: Учебное пособие / *Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод*. – СПб. : Лань, 2019. - 252 с.

8. *Мартишин, С.А.* Проектирование и реализация баз данных в СУБД MySQL с использованием MySQL Workbench: Методы и средства проектирования информационных систем и техноло / *С.А. Мартишин, В.Л. Симонов, М.В. Храпченко*. – М. : Форум, 2018. - 61 с.

9. *Абрамов, Г.В.* Проектирование и разработка информационных систем: учебное пособие для СПО / *Г.В. Абрамов, И.Е. Медведкова, Л.А. Коробова*. – Саратов : Про-фобразование, 2020. – 169 с.

10. *Сорихина В.П.* Научно-исследовательская деятельность в профессиональной подготовке студентов высших учебных заведений: сущность и основные формы / *В.П. Сорихина* // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2016. Т. 15. № 6 (139). – С. 117 - 123.

Сведения об авторах

Барсукова Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодёжный, Иркутский ГАУ, тел.: +7 (3952) 237 330, e-mail: margarita1982@bk.ru).

Шишман Каролина Евгеньевна – студентка 4 курса, направление Прикладная информатика, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7 999 643-31-90, e-mail: k.shishman@mail.ru.

Information about the authors

Barsukova Margarita N. – candidate of technical sciences, the associate professor of department of informatics and mathematical modeling of Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, p. Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, tel.: +7 (3952) 237 330, e-mail: bmn1982@rambler.ru).

Shishman Karolina E. – 4th year student, direction of applied informatics, federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: +7999643-31-90, e-mail: k.shishman@mail.ru

УДК 004.4: 636.05

О ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ЗООТЕХНИЧЕСКОГО УЧЁТА ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ

Н.В. Бендик, К.С. Романкина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье описан процесс разработки программного продукта для первичного зоотехнического учёта пушных зверей. Приведены аналоги отечественных программных продуктов, применяемых в зоотехническом учёте. Разработка информационной системы для первичного зоотехнического учёта пушных зверей включает в себя анализ особенностей первичного зоотехнического учёта пушных зверей, создание проектной документации, а также проектирование базы данных с возможностью сохранения всей введённой информации через удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

Ключевые слова: зоотехнический учёт, система, пушной зверь, база данных.

ABOUT THE SOFTWARE PRODUCT FOR PRIMARY ZOOTECHNICAL ACCOUNTING OF FUR ANIMALS

N.V. Bendik, K.S. Romankina

SBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article describes the process of developing a software product for primary zootechnical accounting of fur animals. Analogues of domestic software products used in zootechnical accounting are given. Development of an information system for primary zootechnical accounting of fur animals includes an analysis of the features of primary zootechnical accounting of fur animals, creation of design documentation, as well as design of a database with the ability to save all entered information through a convenient and intuitive user interface.

Key words: zootechnical accounting, system, fur animal, database.

Введение. Эффективность работы современных сельскохозяйственных организаций в значительной мере зависит от правильного выбора элементов программного и аппаратного обеспечения. Выбор программных продуктов

зависит от их соответствия бизнес-процессам организации, уровня производительности, стоимости лицензий и условий использования. Таким образом, внедрение программных продуктов в организации агропромышленного комплекса позволяет сократить временные затраты на выполнение технологических операций, связанных с ведением учётной деятельности, формированием отчётности, а также сократить управленческие издержки и повысить уровень конкурентоспособности организации.

Анализ отечественных программных средств. В современном мире наблюдается явное доминирование зарубежный программ в разных сферах жизни. На российском рынке программные продукты для зоотехнического учёта, предлагаемые компаниями разработчиков, можно приобрести за достаточно высокую цену. Это происходит, потому что список существующих отечественных специализированных программ мал [9]. К наиболее популярным программам зоотехнического учёта относятся следующие:

- ИАС «СЕЛЭКС» – используется для обработки данных по крупному рогатому скоту молочной продуктивности в хозяйстве;
- 1С: Селекция в животноводстве. КРС – программа учёта для хозяйств, работающих с крупным рогатым скотом. Предназначена для ведения зоотехнической и племенной работы.

К сожалению, программных продуктов по первичному зоотехническому учёту пушных зверей на отечественном рынке практически нет [3]. Таким образом, актуальным является разработка специализированных программных продуктов для зоотехнического учета пушных зверей [1, 2, 5, 7].

Объектно-ориентированное моделирование системы. На первом этапе разработки системы с помощью *case*-средства *Rational Rose* спроектирована диаграмма вариантов использования, которая демонстрирует взаимодействие потенциального пользователя с системой (рисунок 1). Диаграмма вариантов использования отражает работу системы и её функции, которые будут актуальны для тех или иных пользователей [4, 6]. При этом она не учитывает детали реализации (структуры данных, алгоритмы и т.п.). Диаграммы вариантов использования применяются в процессе анализа и проектирования как способ описания требований заказчика и того, для чего предназначена будущая система.

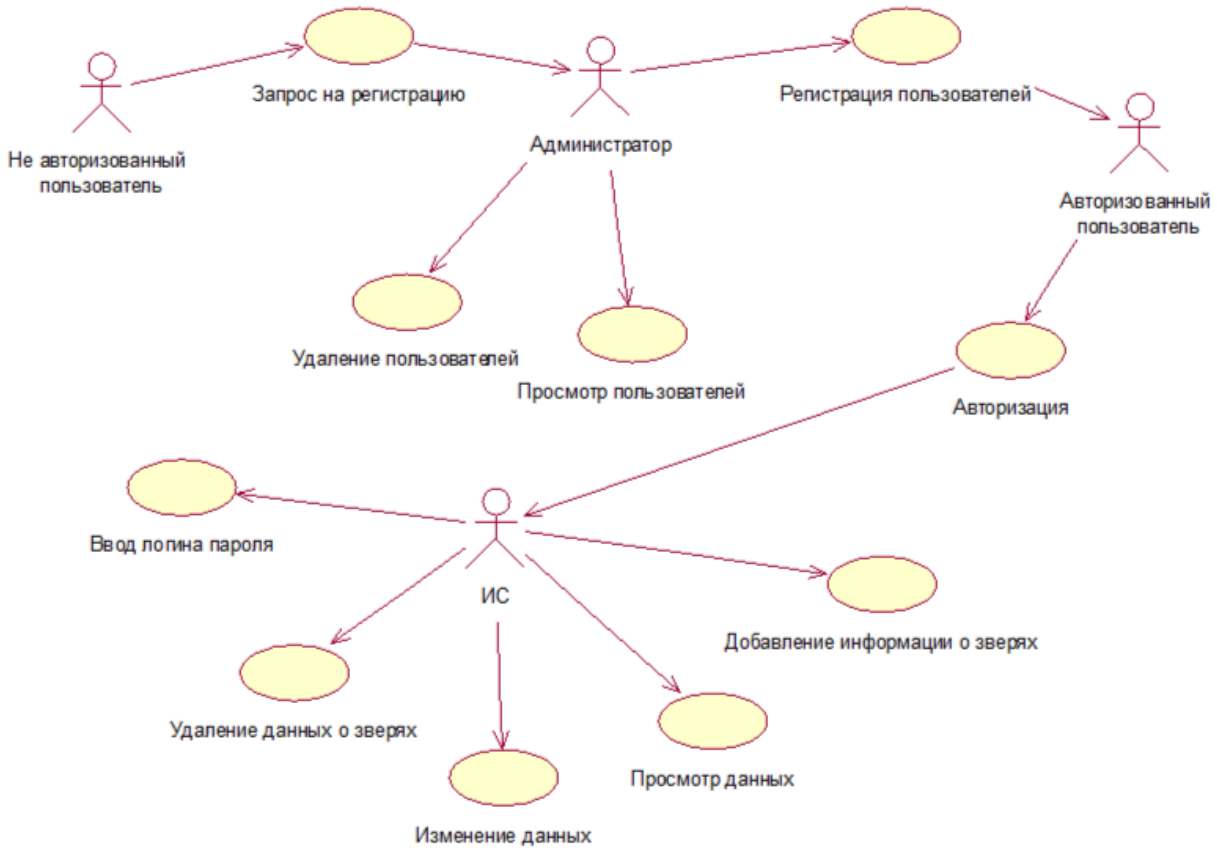


Рисунок 1 – **Диаграмма вариантов использования информационной системы**

Проектирование базы данных. Следующим этапом разработки является проектирование базы данных. Модель данных создана с использованием *Dbdiagram.io* и включает 8 таблиц: «Животные», «Щенки», «Бригада», «Трафаретка самца», «Трафаретка самки», «Масса», «Оборотная сторона» и «Сотрудники» (рисунок 2).

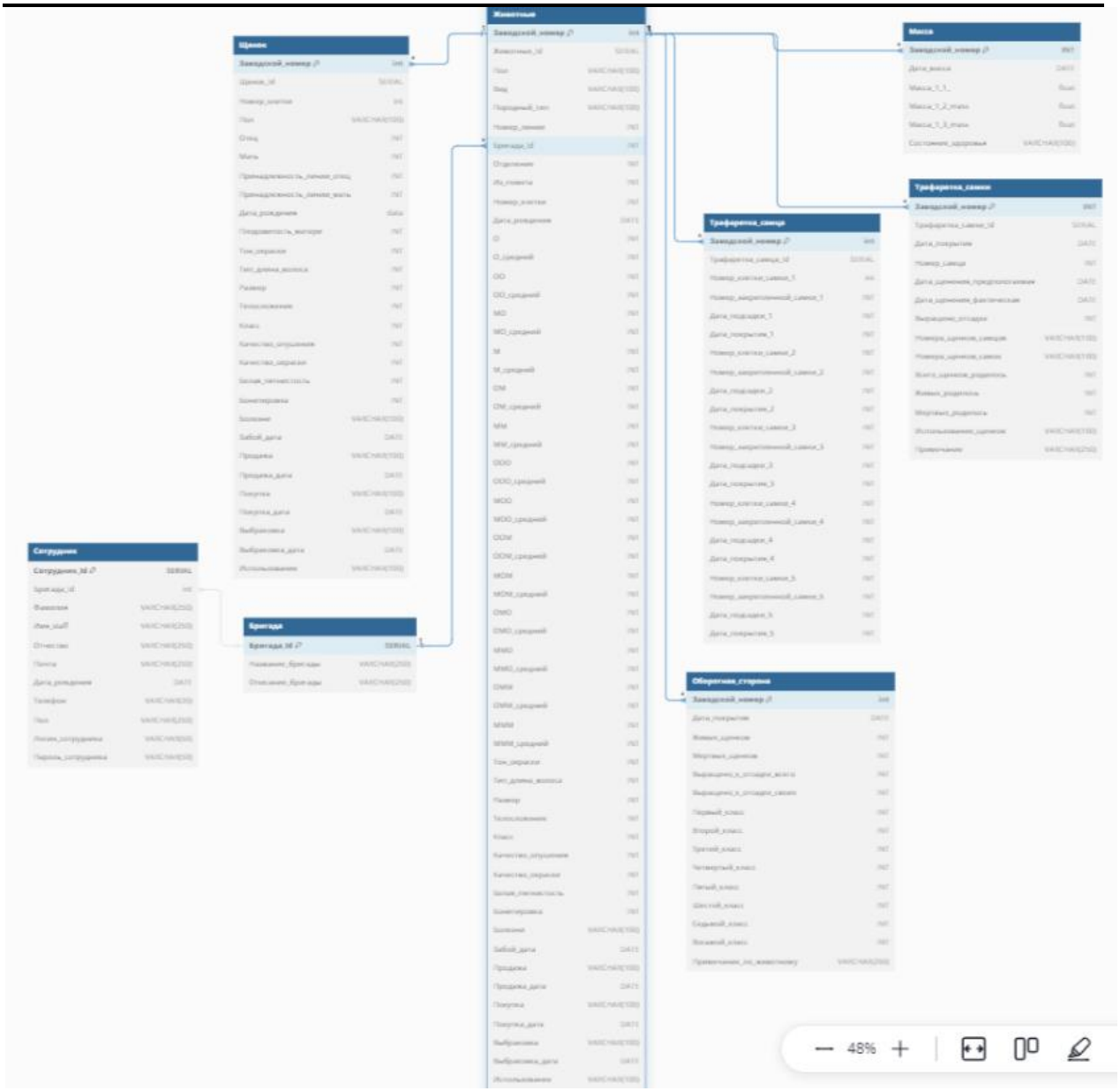


Рисунок 2 – **Диаграмма базы данных**

Модель данных сгенерирована в СУБД *PostgreSQL* (рисунок 3). Данная СУБД является объектно-реляционной системой управления базами данных, наиболее развитая из открытых СУБД в мире. Кроме того, имеет открытый исходный код и является альтернативой коммерческим базам данных.

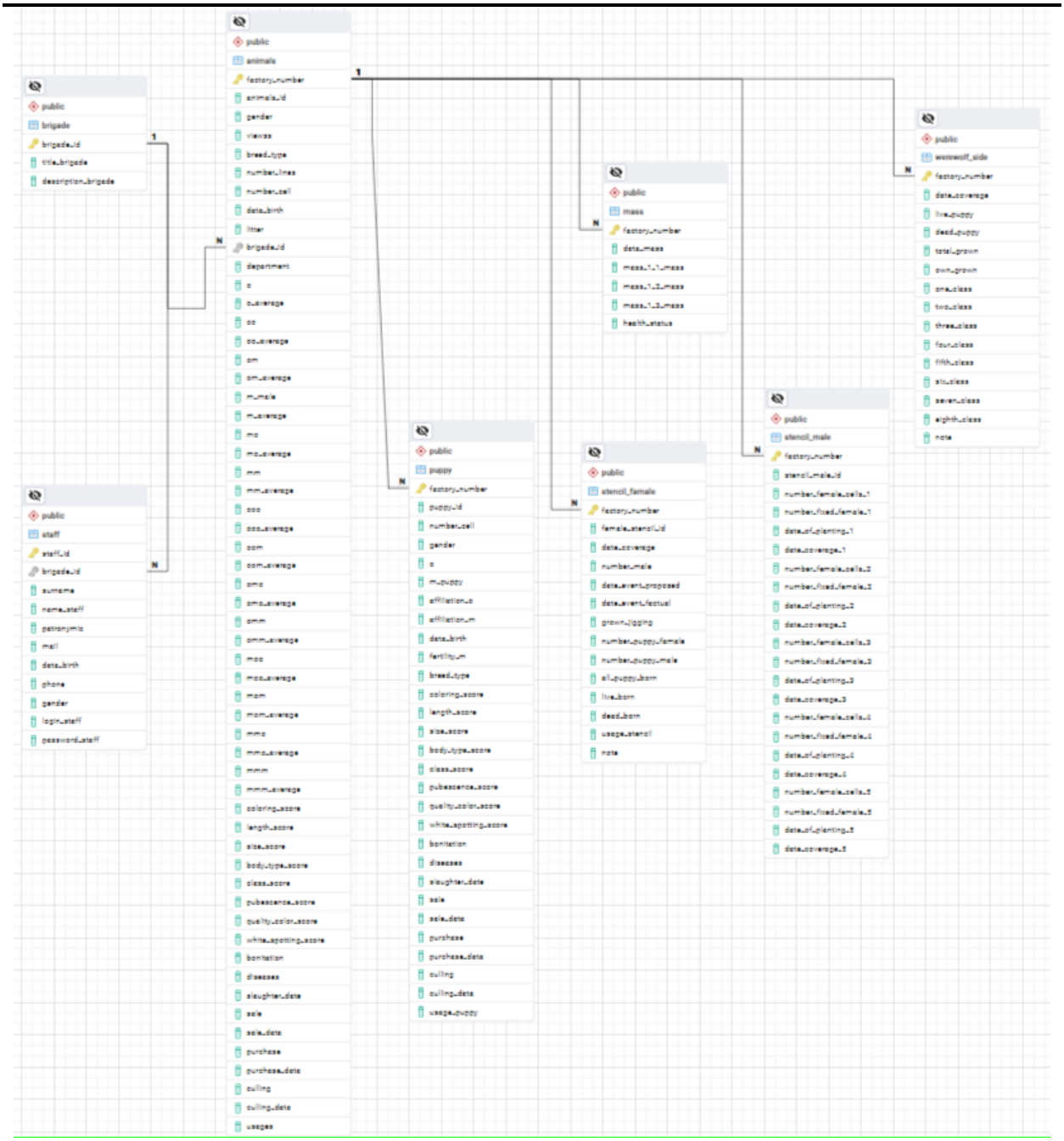


Рисунок 3 – **Диаграмма базы данных**

Пользовательский интерфейс. Интерфейс программы создан в среде *Microsoft Visual Studio*, программный код написан на языке C#. При запуске программы открывается окно авторизации пользователя [8]. После ввода логина и пароля, предварительно назначенных администратором, выводится окно успешной авторизации или выводится ошибка.

После авторизации появляется окно меню, с помощью которого пользователь может переходить в нужные ему окна для работы (рисунок 4).



Рисунок 4 – **Окно меню**

При нажатии на любую из кнопок выводится окно для работы с данными.

На рисунке 5 представлено окно «Карточки самца основного стада», в нем пользователь может выполнять ряд функций, которые прописаны в коде:

- Добавить новые записи;
- Удалить данные;
- Изменить данные;
- Обновить все данные;
- Поиск по фильтру.

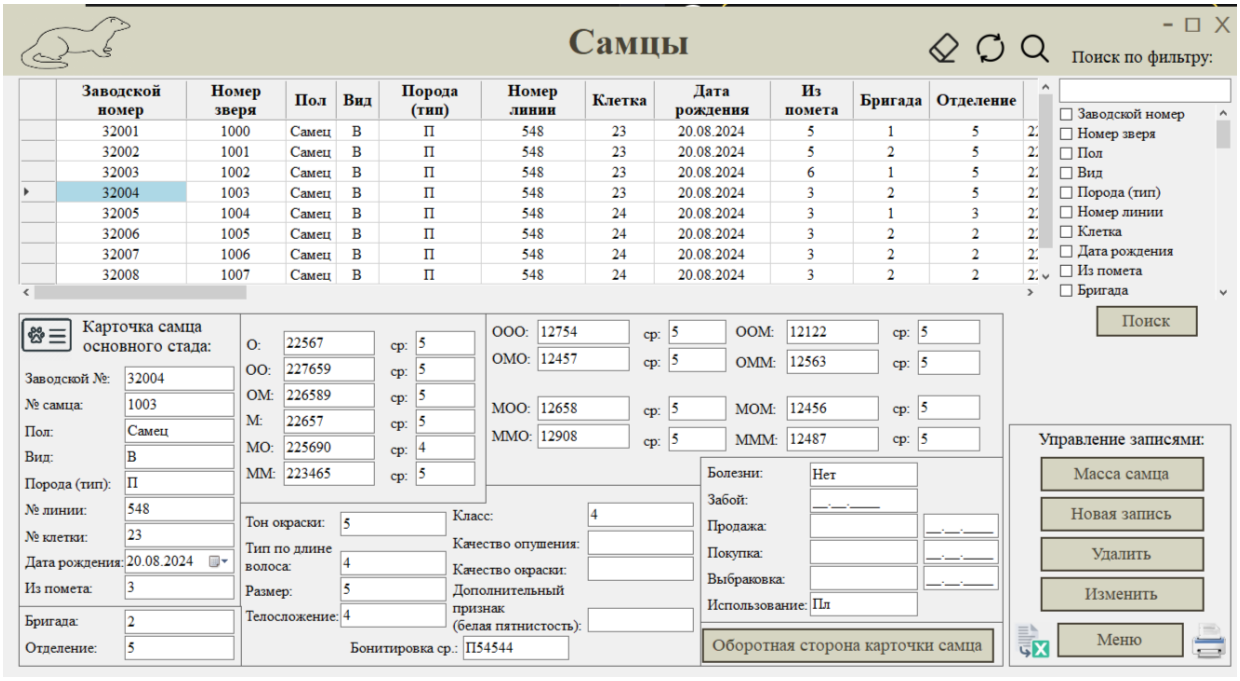


Рисунок 5 – **Окно карточки самца основного стада**

Добавление новой записи осуществляется с помощь дополнительного окна. Для остальных окон реализованы такие же функции, как и для окна «Карточка самца основного стада».

Заключение. В рамках данного проекта проводился анализ предметной области – первичного зоотехнического учёта пушных зверей, а также изучены программные средства для автоматизации зоотехнического учёта. Для детального изучения бизнес-процессов в этой сфере была разработана диаграммы вариантов использования. Реализована база данных, которая содержит восемь таблиц, связанных между собой. Таким образом, создана система, в которой реализованы основные функции первичного зоотехнического учёта пушных зверей.

Список литературы

1. *Бендик, Н.В.* Племенной учет пушных зверей с применением автоматизированной системы / *Н.В. Бендик, О.Ю. Ивонина, Я.С. Ятогуров* // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2023. – № 2 (71). – С. 176 - 182. – DOI 10.34655/bgsha.2023.71.2.022.

2. *Бендик, Н.В.* Концептуальная модель хранилища данных для эффективного ведения сельского хозяйства в регионе / *Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы международной научно-практической конференции. – Иркутск : Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. – С. 160 - 168.

3. *Ивонина, О.Ю*. История развития клеточного пушного звероводства в Иркутской области. / *О.Ю. Ивонина* // Достижения и перспективы развития ветеринарной медицины. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию создания кафедры специальных ветеринарных дисциплин Иркутского ГАУ. Пос. Молодёжный, 2020. С. 42 - 52.

4. *Катаев, М.Ю*. Оценка уровня бизнес-процессов жизненного цикла / *М. Ю. Катаев, С. Ю. Хотенюк*. // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2020. – 4(180). – 15-19 с.

5. *Квасова, А.А*. Цифровизация сельского хозяйства как категория: состояние и перспективы развития / *А.А. Квасова, Э.И. Козленко* // Лучший исследовательский проект 2021. сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2021. С. 108 - 114.

6. *Разумников, С.В*. Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия стратегических решений к переходу на облачные технологии: монография / *С.В. Разумников* – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 176 с. Ц.

7. *Романкина, К.С*. Автоматизация зоотехнического учета пушных зверей / *К.С. Романкина, Н.В. Бендик* // Прикладные вопросы математики в экономике, технике и сельском хозяйстве : Материалы студенческой научно-практической конференции, посвященной 90-летию Иркутского ГАУ, Иркутск, 22 мая 2024 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 87 - 89.

8. *Скитер, Н.Н.* Информационные системы в профессиональной деятельности: учебное пособие / *НН. Скитер, А. В. Костикова, С.Ю. Кузнецов*. – Волгоград : ВолгГТУ, 2019. – 93с.

9. *Федоров, Д.Е*. Обзор цифровых технологий в сфере сельского хозяйства / *Д.Е. Федоров* // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021. Сборник материалов. Казань, 2021. С. 716 - 720.

Сведения об авторах

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7(3952) 237-405, e-mail: starkovan@list.ru.

Романкина Кристина Сергеевна – студент 4 курса направления Прикладная информатика ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7(3952) 237-405, e-mail: romanckina.alena@yandex.ru.

Information about the authors

Bendik Nadezhda V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of computer science and mathematical modeling, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: +7(3952) 237-405, e-mail: starkovan@list.ru.

Romankina Kristina S. – 4th-year student, applied computer science Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: +7(3952) 237-405, e-mail: romanckina.alena@yandex.ru.

УДК 004.42:519.21:551.583.1

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Я.М. Иваньо, Н.В. Щербаков

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Работа посвящена разработке программного обеспечения для решения задачи стохастической оценки климатических событий, которые представляют собой значения многолетних характеристик тепла и увлажнения, превышающие или непревышающие некоторый критический уровень. С помощью языка программирования *Python* с использованием библиотеки «*Matplotlib.pyplot*» и «*Tkinte*r» реализован алгоритм выделения событий с критическими уровнями в виде средних значений локальных минимумов и максимумов временного ряда климатической характеристики.

Ключевые слова: климатическое событие, изменчивость, программное обеспечение, временной ряд, локальные экстремумы.

ABOUT SOFTWARE FOR SOLVING THE PROBLEM OF PROBABILISTIC ASSESSMENT OF CLIMATE EVENTS VARIABILITY

Ya.M. Ivanyo, N.V. Shcherbakov

SBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The work is devoted to the development of software for solving the problem of stochastic assessment of climatic events, which are the values of long-term characteristics of heat and humidity that exceed or do not exceed a certain critical level. Using the Python programming language with the use of the Matplotlib.pyplot and Tkinter libraries, an algorithm for identifying events with critical levels in the form of average values of local minima and maxima of the time series of a climatic characteristic is implemented.

Key words: climatic event, variability, software, time series, local extremes.

Введение. Исследование временных рядов климатических и производственно-экономических характеристик имеет значение для прогнозирования [9]. При этом в условиях значительной неопределённости применимы экспертные оценки [13].

При рассмотрении временных рядов климатических характеристик как случайных величин [2] для определения событий, описывающих значения, превышающие или непревышающие некоторые критические уровни, используют статистические критерии [5, 6, 11]. При этом предполагается, что в рядах отсутствует иерархическая структура. Примером подобного выделения событий может быть формула:

$$x_s > \overline{x} + k\sigma \ \ (s \in S), \quad (1)$$

$$x_z < \overline{x} - k\sigma \ \ (z \in Z), \quad (2)$$

где x_s, x_z – события выше и ниже некоторого критического уровня количеством S и Z;

$\overline{x}$ – среднее значение временного ряда;

σ – среднее квадратическое отклонение ряда;

k – коэффициент, принимающий обычно целые значения 0; 0,5; 1; 2; 3.

Например, если месячная температура воздуха $x_s > \overline{x} + \sigma$, то событие относится к разряду крупных [6]. Согласно [5] для Иркутска суровая зима соответствует абсолютной минимальной температуре воздуха по неравенству (2) для k = 0,5.

Приведённые критерии, строго говоря, применимы при условии, что временной ряд подчиняется нормальному закону распределения. В частности, это относится к разным температурам воздуха, зарегистрированным в Восточной Сибири – месячным, абсолютным минимальным и максимальным. Между тем осадки, максимальные расходы воды дождевых паводков и весеннего половодья [5] обычно подчиняются асимметричным законам распределения вероятностей.

Если рассматривать временной ряд в виде иерархической структуры [3] с выделениями трендов [4[, то можно определить события как значения, расположенные выше и ниже трендов последовательностей максимальных и минимальных локальных уровней. Для случайного ряда предлагается выделять верхние и нижние события как значения, превышающие среднюю величину локальных максимумов, и, не превышавшие среднее локальных минимумов [1]. При этом при решении задачи определения событий статистического ряда большое значение имеет закон распределения вероятностей. Распространённым в этом отношении является вероятностное распределение Крицкого С.Н.

и М.Ф. Менкеля, названное ими трехпараметрическим степенным гамма-распределением [10]:

$$p(x) = \left[\frac{\Gamma(\gamma+b)}{\Gamma(\gamma)}\right]^{\gamma/b} \frac{1}{\Gamma(\gamma)|b|\bar{x}} \left(\frac{x}{\bar{x}}\right)^{\gamma/b-1} \times exp\left\{-\left[\frac{x}{\bar{x}}\frac{\Gamma(\gamma+b)}{\Gamma(\gamma)}\right]^{1/b}\right\}, \quad (3)$$

где x – случайная величина;

$\bar{x}$ – среднее значение выборки;

γ и b – параметры, связанные с коэффициентами вариации C_v и асимметрии C_s, $\Gamma(\gamma)$ – гамма-функция.

Целью проведённого исследования является разработка программного обеспечения для определения климатических событий случайных рядов с помощью трехпараметрического степенного гамма-распределения.

Материалы и методы. В работе использованы алгоритмы построения эмпирических и аналитических функций распределения, а также инструментарий разработки программного обеспечения. В качестве тестовых примеров использованы многолетние ряды климатических характеристик ФГБУ «Иркутское УГМС». В работе [12] приведён алгоритм построения трёхпараметрического степенного закона распределения и тестовый пример.

Основные результаты. Для разработки программного обеспечения рассмотрены разные инструментарии разработки.

Из языков программирования *Java*, *Python* и *C ++* принято решение использовать *Python*. Основным фактором выбора является наличие большого количества библиотек и инструментов. Простой синтаксис позволит уменьшить объёмы работ. Ввиду популярности языка и активного сообщества, время выявления и устранния ошибок уменьшится. Недостатком языка *Python* является то, что он не вполне эффективен при работе с крупными проектами. Но в конкретном случае этот недостаток не сказывается на разработке программного обеспечения.

В качестве дополнительного языка использован *PHP* для работы с веб-сайтом, с помощью которого будет распространяться программа расчёта.

Из представленного набора программных инструментов *IDE*, исходя из сравнительного анализа разных систем, выбран программный инструмент *PyCharm Community Edition*, так как он облегчает и ускоряет написание кода.

В качестве системы управления базами данных (СУБД) выбрана система *MySQL* со свободной лицензией и широким распространением.

Для проектирования программного обеспечения принято решение использовать средство *Draw.io*, так как оно имеет свободную лицензию, удобный интерфейс, а также множество функций.

На основе выбранного инструментария проектирования программного обеспечения разработан интерфейс как совокупность средств, при помощи которых пользователь взаимодействует с веб-сайтом или любым другим программным обеспечением.

Главное меню программы показано на рисунке 1 Данное меню состоит из 4-х кнопок. «Запуск программы» отвечает за основную функцию программы. «Просмотр графиков» позволяет визуализировать графическую информацию из созданного *Excel*-файла с результатами вычислений.

«Инструкция» выводит краткую информацию по использованию программы. «Перейти на сайт» отвечает за переход на веб-сайт с полной информацией о программном продукте.



Рисунок 1 – **Главное меню программного обеспечения по вероятностной оценке, изменчивости климатических событий**

Для реализации интерфейса с помощью *Python* использованы библиотеки «*Matplotlib.pyplot*» и «*Tkinter*» [7, 8], предназначенные для создания статических, интерактивных и анимационных графиков и визуализаций данных. Основные функции модуля включают в себя:

1) Построение различных типов графиков;

2) Настройка внешнего вида графиков;

3) Поддержка многослойных визуализаций и сложных композиций графиков;

4) Сохранение графиков в различных форматах файлов.

Библиотека «*Tkinter*» предназначена для создания графических интерфейсов пользователя (*GUI*). Её основные функции:

- Создание оконных приложений с графическим интерфейсом;
- Реализация диалоговых окон для ввода и вывода данных;
- Создание и управление виджетами (кнопки, метки и др.);
- Обработка событий и взаимодействие с пользователем.

На рисунке 2 показаны графики, визуализированные с помощью использования данных библиотек.

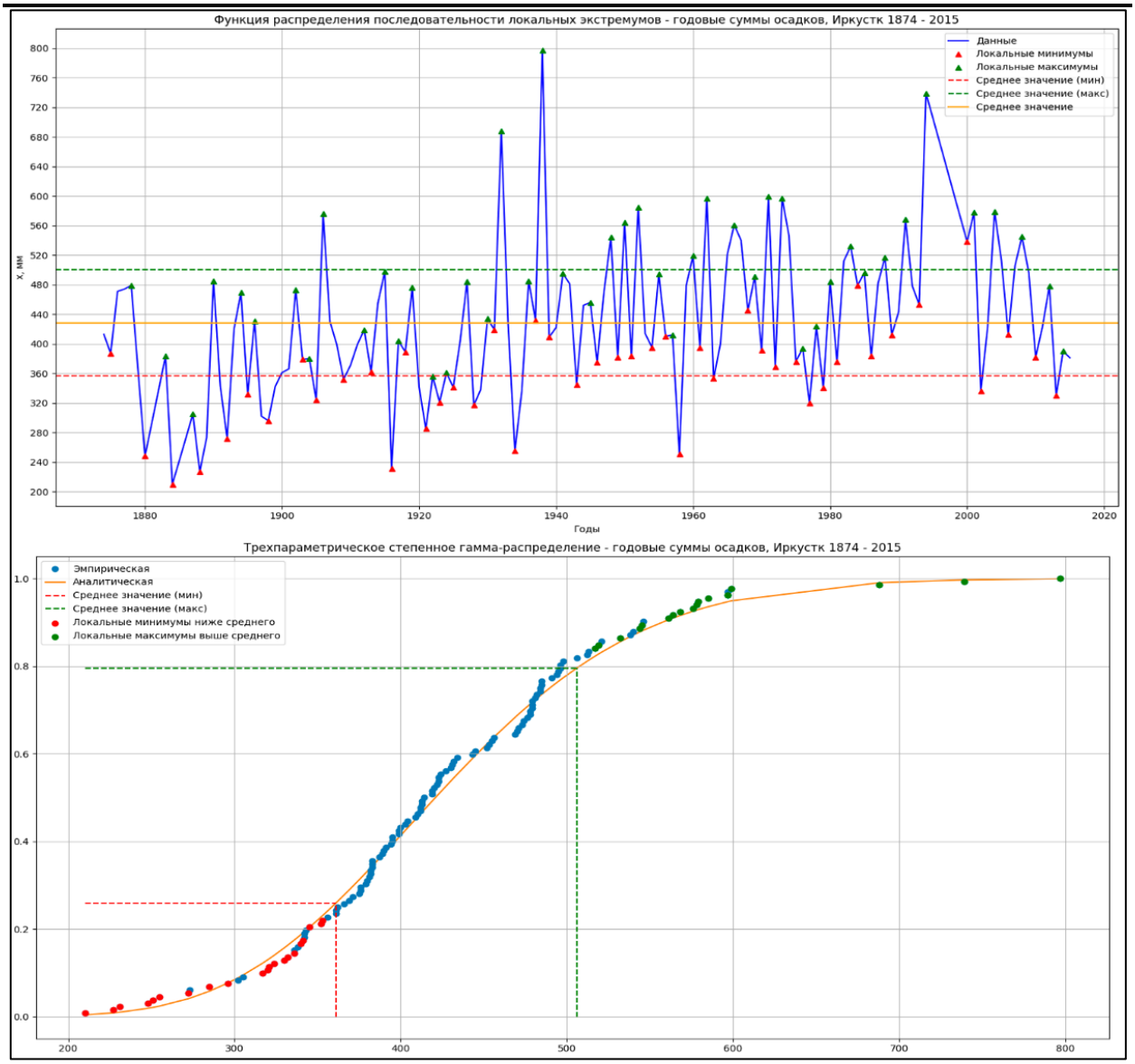


Рисунок 2 – **Графики, полученные с помощью программного обеспечения на основе годовых сумм осадков по данным Иркутска за 1874-2015 гг.**

На рисунке 2 зелёным цветом выделены высокие, а красным – низкие события. Остальные значения – промежуточные члены ряда.

Результаты вычислений, используемые для визуализации графков и статистические параметры, сохраняются в файле формата *Excel* (рисунок 3). На отдельных листах сохраняются выделенные события.

	A	B	C	D	E
1	Временной ряд	Сортированные данные	Эмпирическая	Аналитическая	Среднее значение
2	413	210	0,007575758	0,004036018	427,9393939
3	387	227	0,015151515	0,008516045	
4	471	231	0,022727273	0,010011752	
5	474	248	0,03030303	0,018882699	
6	479	251	0,037878788	0,020943423	
7	248	255	0,045454545	0,023956814	
8	383	272	0,053030303	0,040586507	
9	210	273	0,060606061	0,041776757	
10	305	285	0,068181818	0,058104157	
11	227	296	0,075757576	0,07660601	
12	273	302	0,083333333	0,088207326	
13	485	305	0,090909091	0,094417851	
14	343	317	0,098484848	0,122024721	
15	272	320	0,106060606	0,129617736	
16	420	321	0,113636364	0,132209761	
17	469	324	0,121212121	0,140167748	
18	332	330	0,128787879	0,156892426	
19	431	332	0,136363636	0,162702942	
20	302	336	0,143939394	0,174669339	
21	296	336	0,151515152	0,174669339	
22	342	338	0,159090909	0,180822061	
23	361	340	0,166666667	0,187085473	
24	366	341	0,174242424	0,190258099	
25	473	342	0,181818182	0,193457674	
26	379	342	0,189393939	0,193457674	
27	380	343	0,196969697	0,196683941	
28	324	345	0,204545455	0,203215485	
29	576	352	0,212121212	0,226875359	
30	430	353	0,21969697	0,230352778	
31	399	356	0,227272727	0,240923967	
32	352	361	0,234848485	0,258984542	
33	371	361	0,242424242	0,258984542	
34	399	362	0,25	0,262659638	
35	419	366	0,257575758	0,277557118	
36	362	369	0,265151515	0,288925954	
37	455	371	0,272727273	0,296592199	
38	498	375	0,28030303	0,31211824	

Данные | Локальные минимумы (условие) | Локальные максимумы (условие)

Рисунок 3 – **Результаты построение эмпирической и аналитической функций распределений годовых сумм осадков по данным Иркутска за 1874-2015 гг.**

Разработанное стартовое окно программного обеспечения «Вероятностная оценка изменчивости климатических событий» изображено на рисунке 4.

Запуск программного обеспечения происходит через файл формата «*Exe*». Иконка программного обеспечения изображена на рисунке 5. Приложение имеет название «ВОИСК», что является аббревиатурой «Вероятностная оценка изменчивости климатических событий».

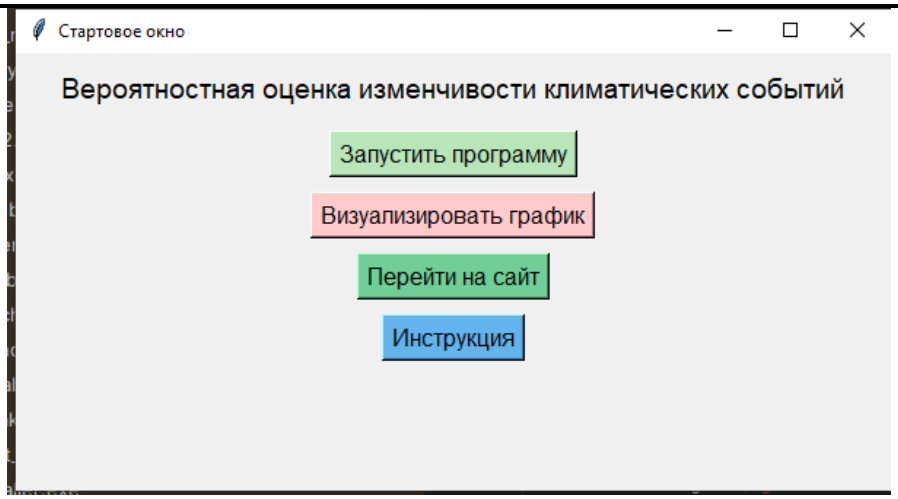


Рисунок 4 – **Стартовое окно программного обеспечения «Вероятностная оценка изменчивости климатических событий»**

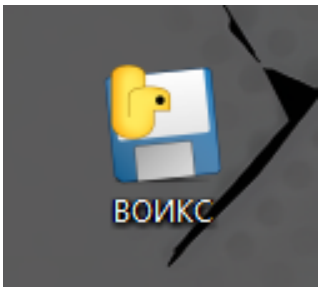


Рисунок 5 – **Ярлык «ВОИСК»**

Выводы. На основе алгоритма выделения событий для иерархической структуры временного ряда предложено программное обеспечение, разработанное на языке *Python* с использованием библиотеки «*Matplotlib.pyplot*» и «*Tkinter*».

В качестве закона распределения вероятностей использовано трехпараметрическое гамма-распределение.

Список литературы

1. Алгоритм моделирования характеристик производства растениеводческой продукции при неблагоприятных условиях / *Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова* // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 9. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9476.

2. *Болгов, М.В.* Оценка экстремальных гидрологических характеристик в условиях неопределенности климатических изменений / *М.В. Болгов, Е.В. Арефьева* // Безопасность в чрезвычайных ситуациях «Технологии гражданской безопасности». – 2021. – Т. 18. – № 1 (67). С. 54 - 59.

3. *Дружинин, И.П.* Долгосрочный прогноз и информация / *И.П. Дружинин*. - Новосибирск: Наука, 1987. - 255 с.

4. *Иваньо, Я.М.* Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / *Я.М. Иваньо, С.А. Петрова* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 42. – С. 48 - 57.

5. *Иваньо, Я.М.* Экстремальные природные явления: методология, моделирование и прогнозирование / *Я.М. Иваньо*. – Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2007. - 266 с.

6. Изменчивость климата Европы в историческом прошлом / *А.Н. Кренке, М.М. Чернавская, Р. Браздил* и др. – М. : Наука, 1995. - 224 с.

7. Информационный ресурс о библиотеке Matplotlib для Python. Документация и рекомендации по использованию / - Режим доступа: URL: https://matplotlib.org/ (обращение 06.05.2024).

8. Информационный ресурс о библиотеке Tkinter для Python. Документация и рекомендации по использованию / - Режим доступа: URL: https://docs.python.org/3/library/tkinter.html (обращение 18.05.2024).

9. *Касимова, Т.М.* Исследование и прогнозирование динамики показателей сельского хозяйства региона на основе моделей временных рядов и рядов динамики // Фундаментальные исследования. 2018. № 12 - 1. С. 113 - 118.

10. *Крицкий, С.Н.* Гидрологические основы управления водохозяйственными системами / *С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель*. – М. : Наука, 1982. – 271 с.

11. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 78 с.

12. *Щербаков, Н.В.* Трехпараметрическое степенное гамма-распределение: свойства и прикладное применение / *Н.В. Щербаков, Я.М. Иваньо* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах, Иркутск, 16-17 февраля 2023 года. Том II. – п. Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2023. – С. 314 - 319.

13. Optimization models of food processing wild-growing products with expert assessments / *Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova* // Critical infrastructures: contingency management, intelligent, agent-based, cloud computing and cyber security (IWCI 2019). Proceedings of the VIth International Workshop. Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019. С. 108 - 113.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по цифровой трансформации, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Щербаков Никита Васильевич – бакалавр направления подготовки Прикладная информатика ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru

Information about authors

Ivanyo Yaroslav M. – doctor of technical sciences, professor, vice-rector for research, Irkutsk SAU (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler. ru).

Shcherbakov Nikita V. – Bachelor of Science in the field of applied informatics, Irkutsk state agricultural university. Irkutsk state agricultural university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel. +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

УДК 004.42:330.131.7:631.165

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВ АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Я.М. Иваньо, А.С. Толмачев, В.В. Цыренжапова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Работа посвящена разработке программного обеспечения для решения задачи оценки ущербов, нанесённых товаропроизводителю, вызванных низкой урожайностью сельскохозяйственных культур, при наличии и отсутствии многоуровневых трендов во временных рядах биопродуктивности. С помощью языка программирования *Python* с использованием библиотеки «*Matplotlib*» реализован алгоритм формирования ряда разностей фактических данных и уровней тренда локальных минимумов для динамико-стохастической оценки потерь урожайности сельскохозяйственных культур. В качестве закона использовано распределение Пирсона III типа.

Ключевые слова: программное обеспечение, урожайность, многоуровневый тренд, вероятность.

SOFTWARE FOR ASSESSING RISKS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Ya.M. Ivanyo, A.S. Tolmachev, V.V. Tsyrenzhapova

SBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The work is devoted to the development of software for solving the problem of assessing damages caused to a producer due to low crop yields, in the presence and absence of multi-level trends in bioproductivity time series. Using the Python programming language and the Matplotlib library, an algorithm for forming a series of differences in actual data and trend levels of local minima for dynamic-stochastic assessment of crop yield losses has been implemented. Pearson distribution type III was used as the law.

Key words: software, yield, multi-level trend, probability.

Введение. Управление рисками является одной из важнейших задач для сельскохозяйственных предприятий, поскольку позволяет минимизировать негативные последствия возможных событий и обеспечить стабильность и устойчивое развитие бизнеса. Поэтому разработка программного обеспечения моет в значимой степи облегчить работу при решении сложной задачи оценки рисков и определении разных неблагоприятных ситуаций деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя.

В работах различных авторов встречаются разные интерпретации рисков сельскохозяйственного производства [2, 8, 21, 22], разрабатываются информационные системы управления рисками [18, 19], используется большое число методов и моделей оценки рисков [3, 5, 7, 17].

Целью проведённого исследования является разработка программного обеспечения для определения потерь урожайности сельскохозяйственных культур на основе многоуровневого моделирования временных рядов производственно-экономических характеристик, обладающих значимыми трендами или представляющих собой случайные величины.

При этом для вероятностного описания потерь использовано распределение Пирсона III типа:

$$(x, \gamma, l, \bar{x}) = \int_{-\infty}^{x} \frac{\gamma^{\gamma}}{\Gamma(\gamma)(\bar{x}-l)} \left(\frac{x-l}{\bar{x}-l}\right)^{\gamma-1} e^{-\gamma\left(\frac{x-l}{\bar{x}-l}\right)} dx, \quad (1)$$

где $F(x, \gamma, l, \bar{x})$ – функция распределения;

$\bar{x}$ – среднее значение ряда;
γ и l – параметры распределения;
$\Gamma(\gamma)$ – гамма-функция.

Материалы и методы. В работе использован алгоритм выделения событий при наличии значимых многоуровневых трендов [9] и рассмотрения временных рядов как случайных выборок согласно иерархии уровней [1, 6].

Для построения распределения Пирсона III типа рассмотрены разные способы [4, 20]. В качестве тестовых примеров использованы многолетние ряды урожайности сельскохозяйственных культур муниципальных образований Иркутской области, приведённые в материалах «Иркутскстат».

Основные результаты. Для разработки программного обеспечения рассмотрены разные инструментарии разработки.

Из языков программирования *Java* и *Python* принято решение использовать *Python*. Основным фактором выбора является наличие большого количества библиотек и инструментов. Простой синтаксис позволит уменьшить объёмы работ. Ввиду популярности языка и активного сообщества, время выявления и устранения ошибок уменьшится.

Для статистической обработки данных использованы следующие библиотеки *Python*: *NumPy*, *SciPy*, *Statsmodels*, *Pandas*, *Matplotlib*, *Tkinte*r и *Openpyx* [10-16].

В создании интерфейса для веб-части системы задействованы *HTML*, *CSS* и *Bootstrap*. Первоначально созданы страницы авторизации и регистрации.

Для ориентации в системе разработана навигационная панель. На вкладке «Главная» пользователь может получить информацию о системе, ее использовании. Вкладка «Расчёт» отображает временной ряд. С её помощью строятся графики и выводятся статистические параметры, а также выполняется функция скачивания исполнимого *exe*-файла для расчётов. Вкладка «Сохранённые расчёты» предусматривает сохранение расчётных данных. В правой части навигационной панели отображается имя пользователя, под которым он авторизован. Под ним находится кнопка для выхода из аккаунта. Навигационная панель изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – **Внешний вид навигационной панели программного обеспечения «Оценка рисков производства аграрной продукции»**

Рассмотрим интерфейс исполнимой программы. При запуске программы открывается диалоговое окно для выбора *Excel*-файла (рисунок 2). Для этого используется библиотека «*Tkinter*» и её функция *Filedialog*.

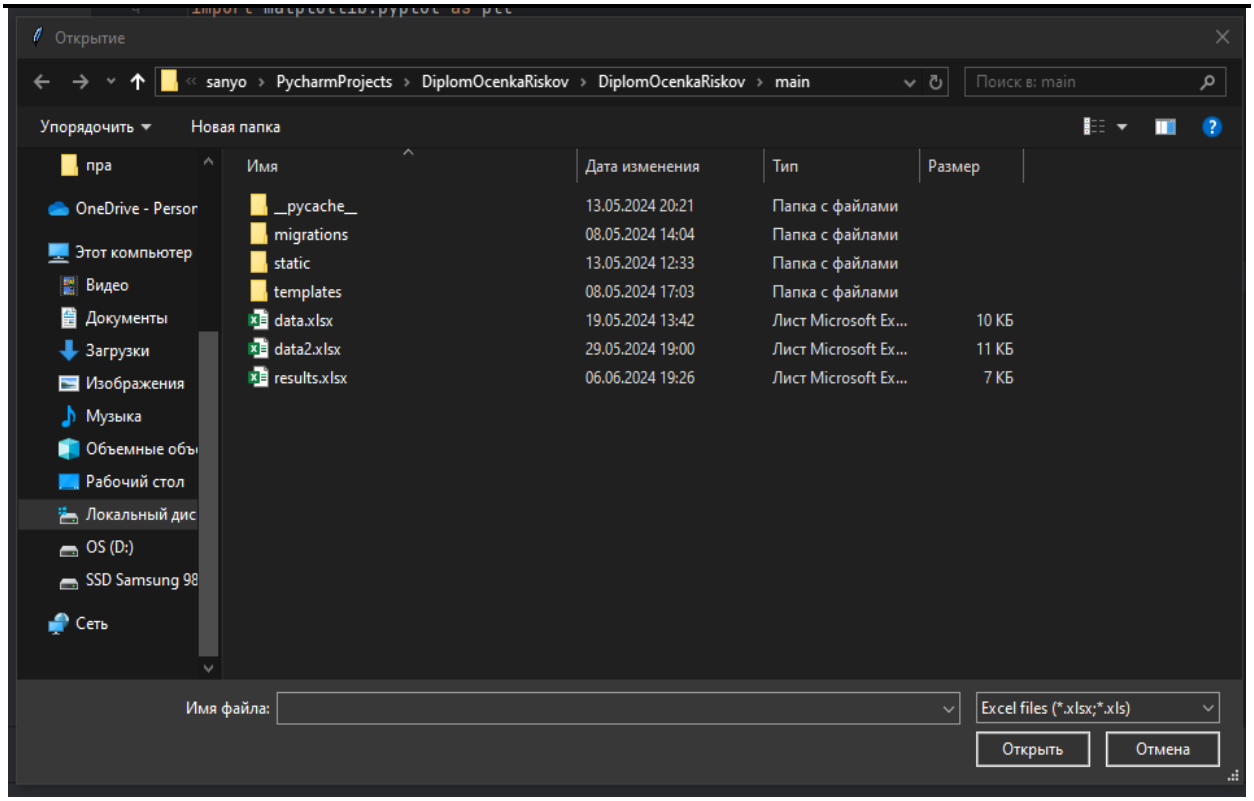


Рисунок 2 – **Диалоговое окно для выбора файла с временным рядом**

Для построения графиков используется библиотека «*Matplotlib*» языка программирования *Python*. Графики автокорреляционной функции, временного ряда урожайности ячменя, многоуровневые тренды и распределение Пирсона III потерь урожайности показаны на рисунке 3 и 4.

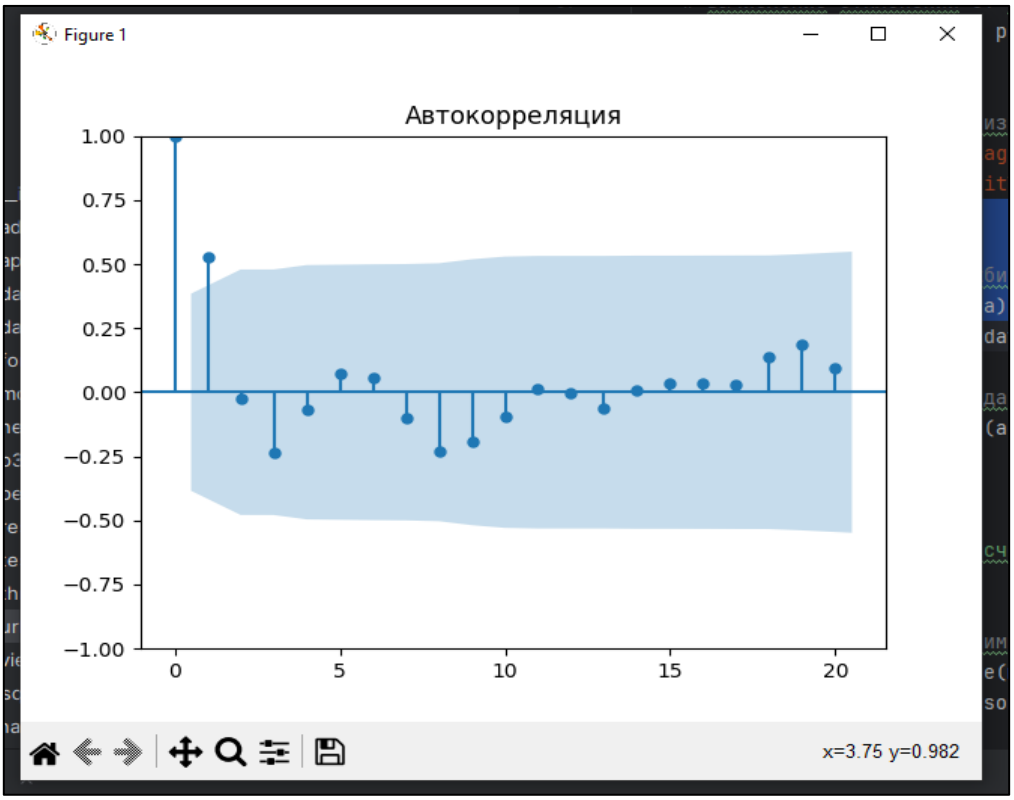


Рисунок 3 – **Автокорреляционная функция анализа данных урожайности ячменя в Заларинском районе**

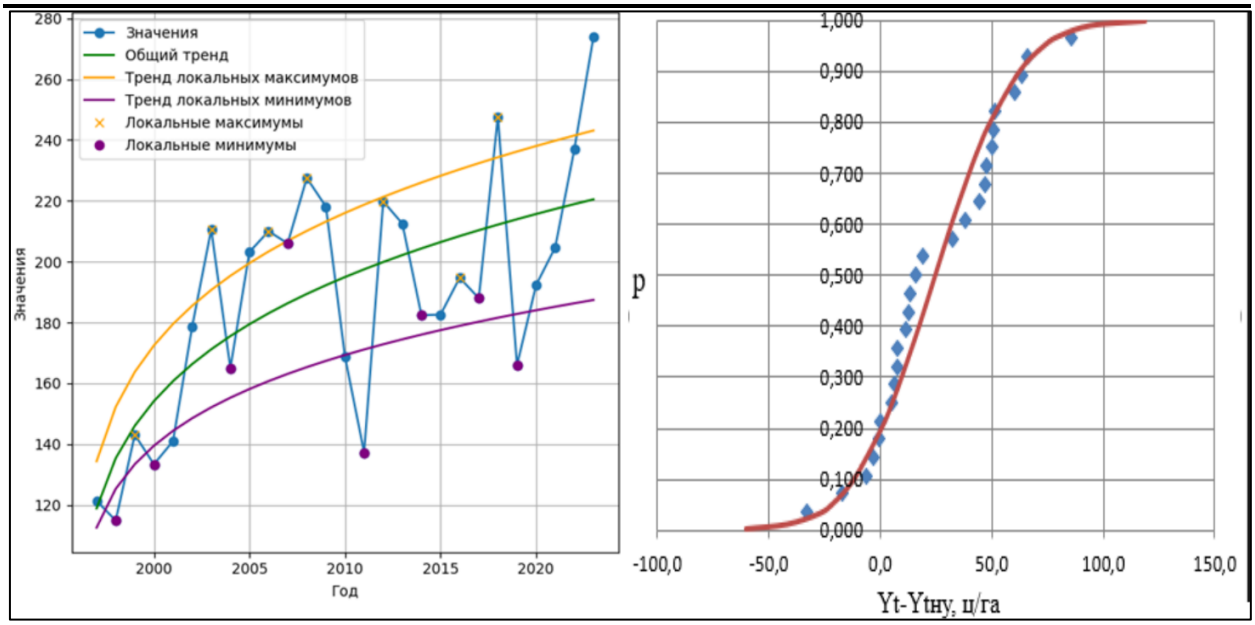


Рисунок 4 – **Пример многоуровневых трендов временного ряда урожайности ячменя в Заларинском районе и функции распределения потерь Пирсона III типа как разностей фактических и трендовых значений нижнего уровня**

Вывод расчётных данных производится в *Excel*-файл, что реализовано с помощью библиотеки «*Openpyxl*». Содержимое экспортируемого файла показано на рисунке 5.

Параметр	Значение					Распреде	Распределение Пирсона III Типа Вероятность
Среднее	14,3962					-8,1962	0,02013
Стандартное отклонение	4,02358					-7,6306	0,02819
Коэффициент асимметрии	0,02636					-7,0651	0,03876
Критерий хи-квадрат	23,9869					-6,4996	0,05234
Критерий Колмогорова-смирнова	0,07688					-5,9341	0,06942
КС P-значение	0,99469					-5,3686	0,09048
Среднее локальных максимумов	16,9571					-4,8031	0,11592
Среднее локальных минимумов	11,2875					-4,2375	0,14601
						-3,672	0,18091
Год	Значение		Год	Локальные максимумы		-3,1065	0,22056
1996	14,8		1999	17,6		-2,541	0,26471
1997	13,2		2001	17,9		-1,9755	0,3129
1998	14,3		2004	13,2		-1,4099	0,36446
1999	17,6		2009	15,8		-0,8444	0,41852
2000	13,2		2011	14,7		-0,2789	0,47411
2001	17,9		2014	16,9		0,2866	0,53013
2002	8,9		2018	22,6		0,85212	0,5855
2003	11,8					1,41764	0,63915
2004	13,2		Год	Локальные минимумы		1,98316	0,69013
2005	8,8		1997	13,2		2,54867	0,73763
2006	6,2		2000	13,2		3,11419	0,78105
2007	11,1		2002	8,9		3,67971	0,81998
2008	12,8		2006	6,2		4,24523	0,8542
2009	15,8		2010	11		4,81074	0,88372
2010	11		2012	12,2		5,37626	0,9087
2011	14,7		2015	16,8		5,94178	0,92944
2012	12,2		2020	8,8		6,50729	0,94634
2013	16,8					7,07281	0,95984
2014	16,9					7,63833	0,97043
2015	16,8					8,20385	0,97858
2016	18,5						
2017	21,1						

Результаты расчетов

Рисунок 5 – **Данные функции распределения потерь и данные временного ряда с расчётными значениями для урожайности ячменя в Заларинском районе**

Запуск программы осуществляется с помощью исполняемого файла с расширением *exe* (рисунок 6).



Рисунок 6 – **Иконка «СОРПА»**

Программа называется «СОРПА», являясь сокращением названия «Система оценки рисков производства аграрной продукции».

Выводы. На основе алгоритма выделения событий для иерархической структуры временного ряда со знаемыми трендами и рассмотрении их в виде свайных выборок предложено программное обеспечение, разработанное на языке *Python* с использованием библиотек по статистической обработке данных. В качестве закона использовано распределение Пирсона III типа.

Программное облесение позволяет оценивать потери урожайности сельскохозяйственных культур с учётом иерархической структуры временного ряда характеристики биопродуктивности.

Список литературы

1. Алгоритм моделирования характеристик производства растениеводческой продукции при неблагоприятных условиях / *Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова* // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 9. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9476.

2. *Барикаев, Е.Н.* Определение и классификация рисков / *Е.Н. Барикаев, В.З. Черняк* // Вестник Московского университета МВД России. – 2014. – № 2. – С. 126-133.

3. *Барсукова, М.Н.* Об одной модели оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных внешних условиях / *М.Н. Барсукова, Я.М. Иваньо, С.А. Петрова* // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2020. - № 3 (19). - С. 73 - 85.

4. *Блохинов Е.Г.* Распределение вероятностей величин речного стока / *Е.Г. Блохинов*. – М. : Наука, 1974. – 169 с.

5. *Гарькавый В.В.* Методы оценки рисков малого и среднего предпринимательства в сельском хозяйстве / *В.В. Гарькавый, Н.Г. Егорова* // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2018. – № 4 (апрель). – С. 1 - 7. – URL: http://ekoncept.ru/2018/184022.htm.

6. *Дружинин, И.П.* Динамика многолетних колебаний речного стока / *И.П. Дружинин, В.Р. Смага, А.Н. Шевнин*. – М. : Наука,1991. - 176 с.

7. *Ермакова, И.Н.* Методические подходы к оценке уровня экономической безопасности сельскохозяйственного предприятия / *И.Н. Ермакова Н.Б. Михеева. Д.С. Хандогина* // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ – 2018. - № 4. – С. 43 - 54.

8. *Живора, А.А.* Классификация рисков сельского хозяйства / *А.А. Живора* // Вестник АГАУ. 2016. № 1 (135). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-riskov-selskogo-hozyaystva - 10.04.2024.

9. *Иваньо Я.М.* Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / *Я.М. Иваньо, С.А. Петрова* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 42. – С. 48 - 57.

10. Информационный ресурс о библиотеке Matplotlib для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://matplotlib.org/ (дата обращения 06.05.2024).

11. Информационный ресурс о библиотеке NumPy для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://numpy.org/ (дата обращения 07.05.2024).

12. Информационный ресурс о библиотеке Openpyxl для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/ (дата обращения 07.05.2024).

13. Информационный ресурс о библиотеке Pandas для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: URL: https://pandas.pydata.org/ (дата обращения 07.05.2024).

14. Информационный ресурс о библиотеке SciPy для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://scipy.org/ (дата обращения 14.05.2024).

15. Информационный ресурс о библиотеке Statsmodels для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://www.statsmodels.org/stable/index.html (дата обращения 16.05.2024).

16. Информационный ресурс о библиотеке Tkinter для Python. Документация и рекомендации по использованию / - режим доступа: https://docs.python.org/3/library/tkinter.html (дата обращения 18.05.2024).

17. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции. Монография / *Я.М. Иваньо* [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. -Молодёжный : Изд-во Иркутский ГАУ, 2021. – 219 с.

18. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций. Agricultural Stress Index/ - режим доступа: https://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=ru (дата обращения 12.04.2024).

19. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций. GIEWS - Глобальная система информации и раннего предупреждения/ - режим доступа: URL: https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=RUS (дата обращения 12.04.2024).

20. *Рождественский, А.В.* Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. / *А.В. Рождественский*. – Л. : Гидрометеоиздат, 1977. – 270 с.

21. *Толмачев, А.С.* Оценка высоких рисков потерь урожая с использованием динамико-стохастических и вероятностных моделей / *А.С. Толмачев, Я.М. Иваньо* // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. В III томах, Иркутск, 16-17 февраля 2023 года. Т. II. – п. Молодёжный: Иркутский ГАУ, 2023. – С. 308 - 313.

22. *Ivanyo Ya.* Mathematical models of agricultural production management in high risk environments / *Ya. Ivanyo, N. Fedurina, Z. Varanitsa-Gorodovskaya* // E3S Web of Conferences. Cep. "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agrolndustrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad", DAIC 2020", 2020. - P. 1018.

Сведения об авторах

Ивньо Ярослав Михайлвич – доктор технических наук, проректор по цифровой трансформации ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

Толмачев Александр Сергеевич – бакалавр направления подготовки Прикладная информатика ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

Цыренжапова Валентина Вячеславовна – аспирант специальности математическое моделирование, численные методы и комплексы программ ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

Information about the authors

Ivnyo Yaroslav M. – Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Digital Transformation of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Irkutsk state agricultural university. Federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agricultural university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

Tolmachev Aleksandr S. – Bachelor of Applied Informatics, Irkutsk state agricultural university. Irkutsk state agricultural university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

Tsyrenzhapova Valentina V. – postgraduate student, mathematical modeling, numerical methods, and software systems, Irkutsk state agricultural university. Irkutsk state agricultural university, 664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny, tel.: +7 (3952) 237-330, rector@igsha.ru.

УДК 377.22

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов

ГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Одной из задач нашей работы является выявление эффективности применения творческих способностей обучающихся на занятиях с использованием игровых технологий. В пространство игровой технологии включаются не только приобретаемые учащимися знания, но и сам процесс овладения знаниями, процесс учения в целом, позволяющий приобретать необходимые способы познания и содействующий постоянному поступательному движению учащихся.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, творческие способности, игровые технологии, группа.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF CREATIVE ABILITIES WHEN USING GAMING TECHNOLOGIES

T.A. Altukhova, S.V. Altukhov

SBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. One of the tasks of our work is to identify the effectiveness of the use of students' creative abilities in classes using gaming technologies. The space of game technology includes not only the knowledge acquired by students, but also the process of mastering knowledge, the learning process as a whole, which allows you to acquire the necessary ways of learning and promotes the constant progressive movement of students.

Key words: pedagogical experiment, creativity, game technologies, group.

Введение. Творческие способности — это особый вид умственных способностей выражающихся в умении продолжать мыслительную деятельность за пределами требуемого, отклоняться в мышлении от традиционных норм и генерировать разнообразные оригинальные идеи, находить способы их практического решения.

Материалы и методы. Опытно-экспериментальная работа проводилась на базе колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий. В исследовании принимали участие 56 студентов 2 курса.

Результаты и обсуждение. На констатирующем этапе педагогического эксперимента был определён уровень творческих способностей обучающихся. Результаты математической обработки данных представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 следует, что на констатирующем этапе педагогического эксперимента творческие способности экспериментальной группы выше 09,00 % уровня творческих способностей контрольной группы.

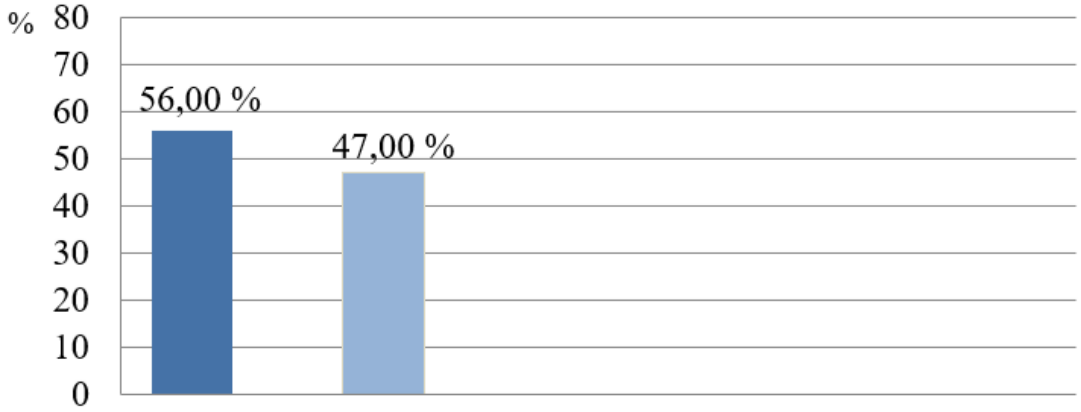


Рисунок 1 – **Уровень развития творческих способностей обучающихся контрольной и экспериментальной групп на констатирующем этапе исследования**

Использование творческих заданий на занятиях по предмету безопасность жизнедеятельности показало, что в экспериментальной группе преобладают обучающиеся, у которых уровень творческих способностей выше. Проверка осуществлялась с помощью теста на определение творческих способностей. Тест предполагал вопросы для оценки творческих способностей по следующим критериям:

- Вера в себя;
- Постоянство;
- Амбициозность;
- Слуховая память;
- Зрительная память;
- Способность абстрагироваться;
- Степень сосредоточенности.

Полученные результаты отражены на рисунке 2.

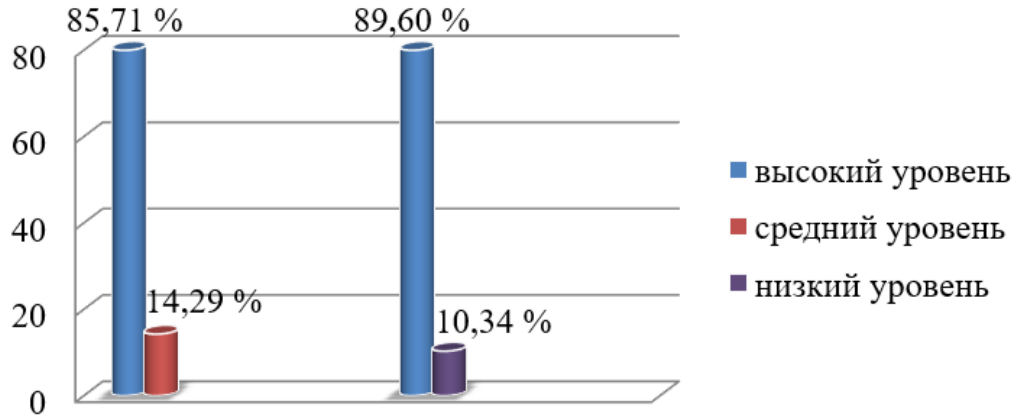


Рисунок 2 – **Уровень творческих способностей экспериментальной и контрольной групп на формирующем этапе исследования**

Из рисунка видно, что общий уровень творческих способностей контрольной группы выше уровня экспериментальной группы 6,23 %.

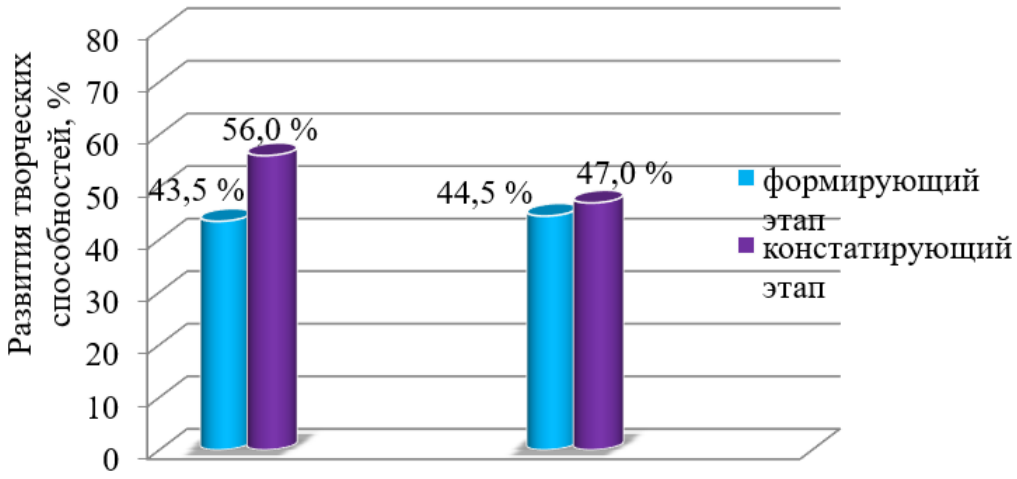


Рисунок 3 – **Динамика развития творческих способностей контрольной и экспериментальной групп**

Результативность применения игровых технологий и творческих способностей на занятиях по безопасности жизнедеятельности будет зависеть, во-первых, от систематического их использования, во-вторых, от целенаправленности программы игр в сочетании с обычными дидактическими упражнениями. Развития творческих способностей необходимо считать основной задачей развитие самостоятельного мышления учащегося. Значит, необходимы группы игр и упражнения, формирующие умение выделять основные, характерные признаки предметов, сравнивать, оставлять их; игры на обобщение предметов по определённым признакам, развивающие умение отличать реальные явления от нереальных, воспитывающие умение владеть собой и т.д. Качество знаний результатов тестирования экспериментальной группы на констатирующем этапе (рисунок 4).

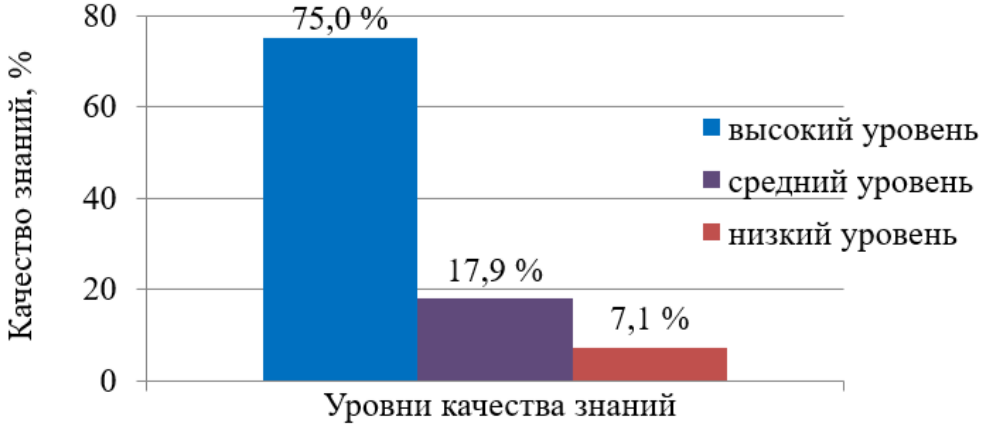


Рисунок 4 – **Качество знаний обучающихся экспериментальной группы на констатирующем этапе педагогического эксперимента**

На основании результатов, полученных при проведении педагогического эксперимента на констатирующем этапе в экспериментальной группе, можно сделать вывод о том, что только 75,0 % обучающихся показали высокий уровень и за тестовые задания получили оценку «Отлично», что соответствует 85 % качества знаниями. Только 17,9 % учащихся этой группы

справились с тестовыми заданиями на 75 %, что соответствует среднему уровню качества знаний.

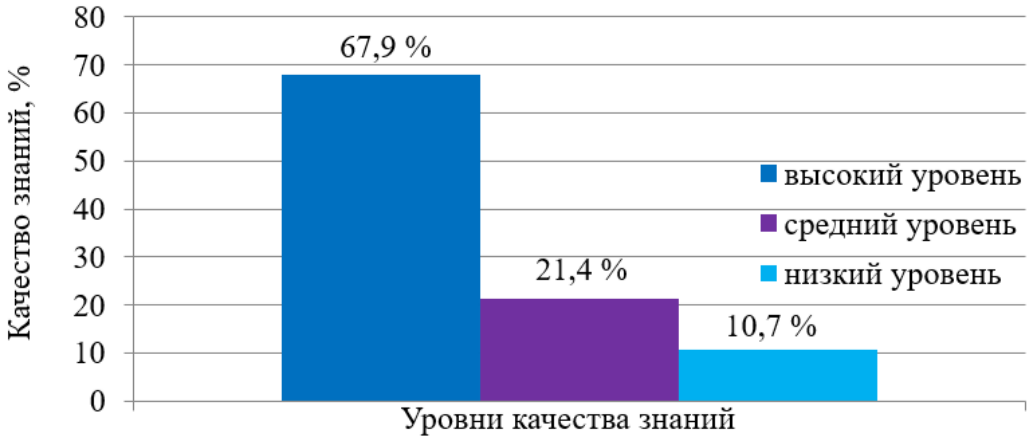


Рисунок 5 – **Качество знаний обучающихся на констатирующем этапе педагогического эксперимента**

Исходя из результатов тестирования при проведении педагогического эксперимента на констатирующем этапе в контрольной группе, можно сделать вывод о том, что только 67,9 % обучающихся знакомы с предметом и поэтому показали высокий уровень качества знаний, соответствующий оценке «Отлично». При этом 21,4 % учащихся, обучающихся в контрольной группе, показали средний уровень качества знаний и справились с тестовыми заданиями в диапазоне от 75 до 84 %. Однако 10,7 % обучающихся представили низкий уровень знаний предмета, соответствующий 74 % и ниже.

Для большей наглядности представим результаты полученных исследований на рисунке 6.

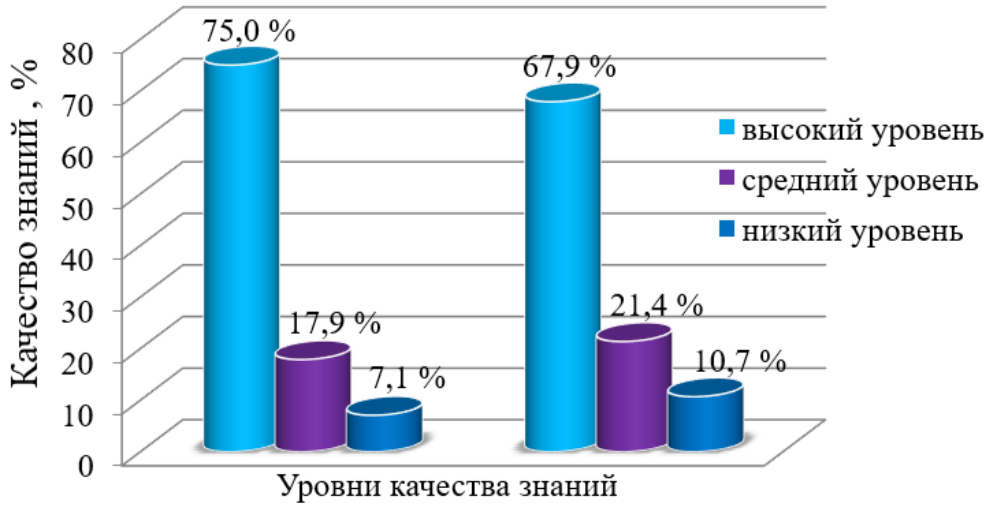


Рисунок 6 – **Результаты исследований**

Заключение. Таким образом, было продемонстрировано различие в активности познавательных процессов у учащихся, вовлечённых в эксперимент.

Результаты педагогического эксперимента показали, что на формирующем этапе произошло повышения качества знаний учащихся в экспериментальной группе выше контрольного на 71,4 %, уровень развития творческих способностей в контрольной группе оказались выше на 6,23 %, то есть

свидетельствует о том, что у учащихся сформировались следующие качества: вера в себя, постоянство, амбициозность, способность абстрагироваться.

Список литературы

1. *Алтухова, Т.А.* Совершенствование навыков самостоятельной работы студентов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов* // В сборнике: Прикладные аспекты математики и естественных наук в образовании, технике и экономике. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры математики. п. Молодёжный, 2024. С. 157 - 161.

2. Алтухова, Т.А. Рабочая тетрадь как средство обучения / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов* // В сборнике: Прикладные аспекты математики и естественных наук в образовании, технике и экономике. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры математики. п. Молодёжный, 2024. С. 162 - 166.

3. *Алтухова, Т.А.* Анализ результативности реализации модели активных методов профессионального обучения / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов* // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». п. Молодежный, 2024. С. 521 - 527.

4. *Алтухова, Т.А.* Формы и методы обучения, используемые при формировании профессиональных компетенций студентов / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов* // В сборнике: Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи. Материалы региональной научно-практической конференции, посвящённой Году педагога и наставника. Иркутск, 2023. С. 4 - 8.

5. *Ананьин, А.Д.* Совершенствование подготовки специалистов агроинженерного профиля на основе интеграции образования, науки и производства / *А.Д. Ананьин, В.А. Смелик, В.А. Ружьев* // В сборнике: Наука и образование в современном мире. сборник научных трудов. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Калининградский филиал. Калининград- ознань, - 2016. – С. 330 - 335.

6. *Сухаева, А.Р.* Организация внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине "Инженерная графика" в колледже автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ / *А.Р. Сухаева* // В сборнике: Актуальные вопросы образования. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение». п. Молодёжный, - 2023. – С. 106 - 110.

7. *Сухаева, А.Р.* Использование тестирования при подготовке специалистов среднего звена / *А.Р.Сухаева* // В сборнике: Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника. Иркутск, 2023. С. 240 - 243.

8. *Чубарева, М.В.* Анализ игровых форм получения новых знаний студентов / *М.В. Чубарева, А.К. Корниенко* // В сборнике: Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника. – Иркутск, 2023. – С. 55 - 58.

9. *Чубарева, М.В.* Методика проведения контроля знаний в игровой форме на примере сценки по дисциплине «Психология» / *М.В. Чубарева, А.К. Корниенко* // В сборнике: Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов. Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. – Москва, 2022. – С. 125 - 130.

10. *Корниенко, А.К.* Анализ игровых форм контроля знаний студентов / *А.К. Корниенко, М.В.Чубарева* // В сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – п. Молодежный, 2022. – С. 39 - 44.

Сведения об авторах

Алтухова Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно - тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения, инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Алтухов Сергей Вячеславович – к.т.н., доцент кафедры Технического сервиса и общеинженерных дисциплин Иркутского аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500515275, e-mail: altukhova@bk.ru).

Information about the authors

Altukhova Tatyana A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and professional training, engineering faculty. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Altukhov Sergey V. – PhD, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines of the Irkutsk agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89500515275, e-mail: altukhova@bk.ru).

УДК 316.614

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА «ИНЖЕНЕР БУДУЩЕГО»

А.В. Абросимов, В.В. Пальвинский, А.А. Бричагина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье приведены ключевые моменты плана реализации проекта «Научно-технологическая площадка – Инженер будущего», осуществляемого в рамках Всероссийского конкурса молодёжных проектов среди физических лиц «Росмолодёжь». Проект нацелен на привлечение подростков к инженерно-техническим и информационным технологиям, к научно-исследовательской, конструкторской и технологической деятельности в области конструирования и эксплуатации транспортных машин и технологического оборудования для последующего наращивания кадрового потенциала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях промышленности региона.

Ключевые слова: грант, вклад в будущее, молодежные инициативы, техническое творчество, детское творчество.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PLATFORM «ENGINEER OF THE FUTURE»

A.V. Abrasimov, V.V. Palvinsky, A.A. Brichagina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article presents the main points of the developed plan for the implementation of the project «Scientific and Technological Platform Engineer of the Future». The project is being implemented within the framework of the All-Russian competition of youth projects among individuals «Rosmolodezh». The goal of the project is to attract teenagers to engineering and information technologies, to research, design and technological activities in the field of design and operation of transport machines and technological equipment. This is necessary for the subsequent build-up of human resources in high-tech and knowledge-intensive industries of the region.

Key words: grant, contribution to the future, youth initiatives, technical creativity, children's creativity.

Введение. Ключевым показателем эффективности современного аграрного образования является подготовка конкурентоспособной личности, востребованной на рынке труда. Выработанные в процессе обучения универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции позволят будущему специалисту не только успешно осуществлять профессиональную деятельность, но и полноценно реализоваться как личность. В этой связи одной из важных задач, стоящих перед современным аграрным вузом, является создание условий для наиболее полного раскрытия личностного потенциала студентов [1].

Материалы и методы. Наиболее эффективной работой с точки зрения формирования личности компетентного выпускника вуза является привлечение студентов к совместной с преподавателем и друг с другом работе над грантами [6, 7, 9, 10].

Результаты и обсуждение. В настоящее время студенты аграрных вузов имеют возможность принимать участие в грантовых конкурсах, в том числе, социальной направленности. Например, Федеральное агентство по делам молодёжи ежегодно проводит Всероссийский конкурс молодёжных проектов в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1436 «Об утверждении Правил предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета победителям Всероссийского конкурса молодёжных проектов, в рамках федерального проекта «Развитие системы поддержки молодёжи» национального проекта «Образование» [11].

Одной из номинаций (тематических направлений) реализации проектов в рамках конкурса среди физических лиц является номинация «Вклад в будущее» – молодёжные инициативы, направленные на вовлечение молодёжи в сферу науки и технологий, в том числе, реализуемые сообществами молодых учёных.

Государственная политика в сфере образования предусматривает поддержку и развитие детского технического творчества с целью привлечения молодёжи в научно-техническую сферу профессиональной деятельности и повышение престижа научно-технических профессий [5, 8, 12].

В настоящее время дополнительные образовательные программы, реализуемые на базе средних образовательных школ не в состоянии в полной мере решить поставленные задачи. Необходимыми интеллектуальными и материальными ресурсами, в большей степени, обладают высшие учебные

заведения, в том числе ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» [3, 4].

Разработанный проект Научно-технологическая площадка (НТП) «Инженер будущего» нацелен на привлечение подростков к инженерно-техническим и информационным технологиям, к научно-исследовательской, конструкторской и технологической деятельности в области конструирования и эксплуатации транспортных машин и технологического оборудования для последующего наращивания кадрового потенциала в высокотехнологичных и наукоёмких отраслях промышленности региона путём создания на базе Иркутского ГАУ одноимённой площадки.

Реализация проекта предусматривает обучение школьников основам конструирования и 3*D*-моделирования, 3*D*-печати и изготовления моделей из лёгких металлов на станках с ЧПУ. В результате школьники получат базовые знания, умения и навыки в данной области, что привлечёт их в сферу науки и технологий.

Основной целевой аудиторией для реализации проекта являются подростки возраста 10-15 лет, в том числе из неполных семей, проживающие на территории п. Молодёжный Иркутского района Иркутской области.

Команда проекта состоит из студентов и сотрудников инженерного факультета, имеет большой опыт проведения мастер-классов и профессиональных проб со школьниками Иркутской области по темам проектирования, конструирования и изготовления деталей и узлов машин с использованием 3*D*-печати в рамках мероприятий, реализуемых в Иркутском ГАУ, а также опыт успешной реализации научных грантовых проектов [2].

Перспективой и потенциалом проекта являются:

1. Финансовая стабильность проекта – постоянно действующая Научно-технологическая площадка «Инженер будущего» для школьников п. Молодёжный на базе Иркутского ГАУ на принципах самоокупаемости за счёт реализации платных программ дополнительного образования;

2. Взаимодействие с партнёрами – заключение соглашений о сотрудничестве с ведущими дилерами спецтехники Иркутской области (ООО «ТимбермашБайкал», ООО «ТехПроСервис», ООО «Агроресурс», АО «Облагроснаб» и др);

3. Расширение географии проекта – масштабирование проекта до уровня Иркутского района Иркутской области и г. Иркутска;

4. Передача накопленного опыта – популяризация проекта в сельских территориях Иркутского района путём привлечения к участию в проекте образовательных учреждений среднего профессионального образования.

Реализация проекта включает следующие этапы:

1. Планирование и организация мероприятий по реализации проекта (разработка НТП «Инженер будущего», утверждение плана реализации проекта, разработка рабочей программы и учебно-методических материалов для проведения занятий, разработка макетов рекламной продукции и т.д.);

2. Организация рабочих мест (приобретение необходимого оборудования и материалов, обустройство лаборатории, монтаж оборудования, печать рекламных постеров и листовок и т.д.);

3. Реализация мероприятий проекта (набор учебной группы «Осень» и проведение занятий, набор учебной группы «Зима» и проведение занятий, набор учебной группы «Весна» и проведение занятий);

4. Подведение итогов (составление отчёта о реализации грантовых мероприятий).

Срок реализации проекта составляет 1 год. Сумма гранта – 800 тыс. руб. Основные затраты связаны с приобретением необходимого оборудования (3*D*-принтеров, фрезерного станка с ЧПУ, материалов для печати изделий, комплектующих для оборудования).

Разработан примерный план проведения занятий:

1. Введение. Ознакомление с правилами поведения в лаборатории и правилами техники безопасности во время занятий. Знакомство с рабочей средой программы по 3*D*-моделированию. Изучение устройства 3*D*-принтера с демонстрацией его работы;

2. Разработка 3*D*-модели простой детали. Составление задания на 3*D*-печать в специальной программе. Распечатывание детали;

3. Разработка 3*D*-модели детали средней сложности. Составление задания на 3*D*-печать. Распечатывание детали;

4. Изучение устройства фрезерного станка с ЧПУ и программного обеспечения с демонстрацией его работы;

5. Разработка 3*D*-модели детали со сложной геометрией. Составление задания на 3*D*-печать и изготовление на фрезерном станке с ЧПУ. Распечатывание детали. Изготовление детали из металла;

6. Создание 3*D*-модели деталей блочного конструктора. Печать деталей с последующей сборкой;

7. Создание 3*D*-модели сборочного узла БПЛА. Печать деталей с последующей сборкой. Изготовление детали из металла на станке с ЧПУ с последующей сборкой;

8. Создание 3*D*-модели сборочного узла автомобиля. Печать деталей с последующей сборкой. Изготовление детали из металла на станке с ЧПУ с последующей сборкой;

9. Распечатывание и изготовление деталей по собственному проекту;

10. Заключительное занятие.

Помимо этого, предусматривается самостоятельная работа обучающихся в соответствии с разработанными методическими материалами (выполнение упражнений по черчению, основам материаловедения, выполнение упражнений в программе КОМПАС-3*D* и т.д.).

Информацию о реализации проекта планируется размещать в печатных изданиях муниципального образования и на информационных ресурсах Иркутского ГАУ и п. Молодёжный**;** Газета «Молодёжный: Вчера. Сегодня. Завтра», ВК Иркутский ГАУ, ВК Дом культуры «Молодёжный», Телеграмм Иркутский ГАУ, Мессенджер Вайбер «Мы из Молодёжного».

Грант реализуется при материальной, организационной и информационной поддержке ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ:

1. Материальная поддержка – предоставление помещений с технологическим и информационным оборудованием для реализации проекта;

2. Организационная поддержка – помощь в организации мероприятий гранта, интеллектуальная поддержка;

3. Информационная поддержка – предоставление доступа к информационным ресурсам университета.

Заключение. Реализация проекта «Научно-технологическая площадка (НТП) «Инженер будущего» позволит школьникам получить новейшие знания, освоить необходимые компетенции для работы по постоянно совершенствующимся технологиям, включиться в решение реальных технологических задач, попробовать себя в реальной разработке 3*D*-моделей. Кроме того, в рамках НТП школьники научатся работать в команде, приобретут опыт социальный опыт ответственности за общее дело и товарищества.

НТП «Инженер будущего» может выполнить функцию первого этапа в профессиональном пути будущих учёных, инженеров, конструкторов и технологических предпринимателей.

Список литературы

1. *Белова, С.С.,* Формирование социально-личностной компетентности в образовании / *Е.А. Валуева, Е.Ю. Коробкина, Е.М. Лаптева, Д.В. Ушаков* // Психологические проблемы современного российского общества : сборник статей / Российская академия наук, Институт психологии. – М., 2012. – С. 338 - 361.

2. *Бричагина, А.А.* «День открытых дверей» на инженерном факультете Иркутского ГАУ / *А.А. Бричагина, В.В. Пальвинский* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Матер. междунар. науч.-практ. конф.– Красноярск : КрасГАУ, 2023. – С. 376 - 379.

3. *Бричагина, А.А.* К вопросу практико-ориентированного обучения в аграрном вузе / *А.А. Бричагина, С.Н. Ильин, В.В. Пальвинский* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы междунар. науч.-практ. конф. Часть 1. – Красноярск : КрасГАУ, 2020. – С. 10 - 12.

4. *Бричагина, А.А.* Студенческий научный кружок – эффективная форма научно-исследовательской деятельности студентов / *А.А. Бричагина, А.Е. Пасынкова* // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодёжи : Матер. регион. науч.-практ. конф., посвященной Году педагога и наставника. – Иркутск : Иркутский ГАУ, 2023. – С. 35 - 38.

5. *Изгарина, Г.К.* Эффективность реализации модели кружковой работы с применением технологий электронного обучения / *Г.К. Изгарина* // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2020. – № 3(35). – С. 216 - 228.

6. *Кисова, А.Е.* Гранты как инструмент реализации социальных инициатив молодежных организаций в Российской Федерации / *А.Е. Кисова, О.М. Азизов* // Инновационная экономика и право. – 2023. – № 2 (25). – С. 54 - 61.

7. *Леднева, С.А.* Привлечение студентов к работе над грантами как фактор формирования социально-психологической компетентности будущего специалиста / *С. А. Леднева* // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2016. – № 5 (89). – С. 26 - 33.

8. *Лесовская, М.И.* Кружковая работа: хорошо забытая и всегда новая / *М.И. Лесовская, Д.В. Лесовский* // Профессиональное самоопределение молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы : Сб. ст. по матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. – Красноярск : КрасГАУ, 2020. – С. 197 - 200.

9. *Некрасова, Д.В.* Некоммерческие организации как субъекты социально-экономического развития регионов Приволжского федерального округа (на материалах Фонда президентских грантов) / *Д.В. Некрасова, М.А. Мухин, А.А. Урасова* // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 201 - 214. – DOI 10.17072/1994-9960-2023-2-201-214.

10. *Палаткина, Г.В.* Гранты социально-значимой направленности как метод стимулирования активной гражданско-патриотической позиции студентов / *Г.В. Палаткина, Р.Р. Хусаинов* // Патриотическое воспитание через сохранение памяти семьи: традиции и инновации : матер. межрегионал. науч.-практ. конф. – Астрахань: : Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2023. – С. 203 - 208.

11. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1436 «Об утверждении Правил предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета победителям Всероссийского конкурса молодёжных проектов» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://base.garant.ru/74653530/.

12. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 22.06.2024) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 23.06.2024). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.

Сведения об авторах

Абросимов Александр Викторович – аспирант 3 года обучения кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89025782050, e-mail: abrosimov_1998@inbox.ru.

Пальвинский Виктор Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89025694069, e-mail: kvenbox@mail.ru.

Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

Information about the authors

Abrosimov Aleksandr V. – 3rd year postgraduate student of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89025782050, e-mail: abrosimov_1998@inbox.ru.

Palvinsky Viktor V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89025694069, e-mail: kvenbox@mail.ru.

Brichagina Anastasia A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

УДК 378.4

ПОСОБИЕ ПО ПЕРЕВОДУ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА КАК СРЕДСТВО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Статья посвящена описанию разработки пособия по переводу эксплуатационной технической документации электрооборудования с английского языка для магистрантов технических специальностей аграрных вузов. Понимание нормативно-эксплуатационной технической литературы на иностранном языке становится необходимым умением выпускников вузов в связи с большим объёмом импортируемого электрооборудования. В связи с этим возникает целесообразность специального обучения студентов работе с текстами инструкций и технических паспортов на английском языке. Такой подход в обучении повысит уровень подготовки агроинженерных кадров в системе современного образования.

Ключевые слова: учебное пособие, техническая литература, инструкции, документация, электрооборудование, профессиональная иноязычная коммуникативная компетенция.

A MANUAL FOR TRANSLATING OPERATIONAL TECHNICAL DOCUMENTATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT FROM ENGLISH AS A MEANS OF IMPROVING STUDENTS TRAINING IN AGROENGINEERING

A.V. Annenkova Yu.Yu. Klibanova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article describes the experience of creating an innovative manual on a foreign language for undergraduates of technical majors of agricultural universities. The need to understand the regulatory and operational technical literature in a foreign language is becoming a necessary skill for university graduates due to the large volume of imported electrical equipment. In this regard, it becomes advisable to provide special training for students to understand the texts of instructions and technical passports from English into Russian. This approach in training increases the level of training of agroengineering personnel in the modern education system.

Key words: textbook, technical literature, instructions, documentation, electrical equipment, professional foreign language communicative competence.

Введение. Наличие качественной, информативной эксплуатационной документации является важным условием для организации высокоэффективной эксплуатации электрооборудования, поскольку такая документация главным образом влияет на затраты труда, средства и время. Любая система

распределительных электросетей предприятий, либо организаций, начиная от вводных устройств и до конечного пункта потребления электроэнергии, должна быть документально утверждена [6, 8]. Нормативно-техническая документация в электроустановках отличается наличием большого количества наименований и назначений, а также непрерывного обновления и корректировки нормативов, требований органов государственного и ведомственного надзора. Кроме того, в отраслевые и производственные (эксплуатационные) инструкции, технические отчёты, проекты, расчётные схемы электроснабжения постоянно вносятся изменения и дополнения.

Материалы и методы. На сегодняшний день на рынке России имеется большое количество организаций, осуществляющих поставки широкого спектра зарубежного высококачественного оборудования. Доля такого оборудования составляет порядка 80 %. Импортное (зарубежное) электрооборудование достаточно востребовано потребителями, что связано в первую очередь с его доступностью, широким выбором и использованием уникальных инновационных технологий. Кроме того, зарубежная продукция является надежной, долговечной и, как правило, имеет очень высокое качество. Ещё одним весомым фактором являются международные гарантии и послепродажное обслуживание. Однако, согласно российскому законодательству, любое оборудование должно быть снабжено инструкцией на русском языке, которая позволяет беспрепятственно воспринимать и понимать информацию. При этом не всегда качество переводов соответствует требованиям построения, изложения и оформления текстов в нашей культурной среде. Поэтому необходимо владеть иностранным языком для понимания эксплуатационной технической документации, которая написана на иностранном языке.

Результаты и обсуждение. Ввиду такой назревшей необходимости преподаватели кафедр «Иностранные языки» и «Физика и электрооборудование» ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского» посчитали целесообразным выявить в структуре профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции студентов способность понимать и интерпретировать нормативно-техническую документацию для специалистов в области электро- и теплоэнергетики в АПК. Было разработано пособие [7], целью которого является практическое овладение студентами специальной технической терминологией на английском языке, развитие у студентов умений, необходимых для самостоятельной работы с научной и учебной литературой, для профессионального общения, а также умения результативной работы с техническими текстами на английском языке.

Данное пособие рассматривает комплекс фундаментальных и прикладных понятий, определений, тематических разделов. Материал пособия включает синтез знаний и фактов специальных дисциплин, изучаемых в области энергетики, АПК и иностранного языка. В теоретической части пособия рассматриваются основные понятия и состав технической документации электрооборудования в АПК на русском языке, с примерами на английском языке, а также лингвистические особенности научно-технического текста на английском и русском языках. Сам язык научно-технических текстов более точный,

строгий, с ясным изложением мысли, насыщенный специальной терминологией. Основную особенность таких текстов составляет именно большое количество общетехнических, межотраслевых, узкоспециальных терминов, таких как *voltage, wattage, alternating current, the drive shaft of the bowl, appliance*; сокращения, которые при переводе должны расшифровываться и даваться в полном значении.

В специальной литературе термины несут основную смысловую нагрузку и занимают важное место среди прочих общелитературных и служебных слов. Существуют и такие термины, которые представляют собой общелитературные английские слова, употребляемые в специальном значении, например, «*Fly*» в переводе это муха и маховик, «*Frog*» – лягушка и крестовина, «*Horse*» – лошадь и рама.

В английской научно-технической литературе широко используются различные сокращения, аналогов которых в русском языке нет. Например: *d.c.* (*direct current*) – постоянный ток, *s.a.* (*sectional area*) – площадь поперечного сечения и др. Кроме того, к лексическим особенностям научно-технического текста присуще изобилие отглагольных существительных: *grinding, blending, charging, operating*, наличие устойчивых оборотов и клише текстов: *out of the reach of children*; *considerable hazards*; *for household use only*.

Помимо изучения лексических особенностей научно-технических текстов в курсе подробно рассматриваются основные грамматические и стилистические особенности литературы эксплуатационного характера; детально приводятся рекомендации по переводу технической литературы. Особое внимание уделяется специфике форм и структуры традиционных текстов инструкций (руководств) зарубежных производителей. Разделы таких инструкций следующие: I*NTRODUCTION* (Вводная часть), *SYMBOLS USED IN THIS MANUAL* (Условные обозначения, символы), *INTENDED USE* (Использование), *SAFETY INFORMATION* (Информация о технике безопасности), *DESCRIPTION* (Описание), *OPERATION* (Эксплуатация), *INSTALLATION* (Монтаж), *WARRANTY* (Гарантии), *PREVENTATIVE MAINTENANCE* (Профилактическое обслуживание), *TROUBLE SHOOTING* (Поиск неисправностей), *DISPOSAL* (Утилизация).

Поскольку основным документом оборудования является его технический паспорт, в рамках разработанного курса также рассматриваются композиционные особенности текста на английском языке «Технический паспорт» и «Шильдик». Например, на рисунке 1 показан пример шильдика на английском и русском языках.

В практической части приводятся примеры реальных инструкций, технических паспортов, специализированной терминологии и задания к ним. Дополнительно представлены англо-русский словарь электротехнических терминов и таблицы соответствий британской, американской и международной единиц измерений.

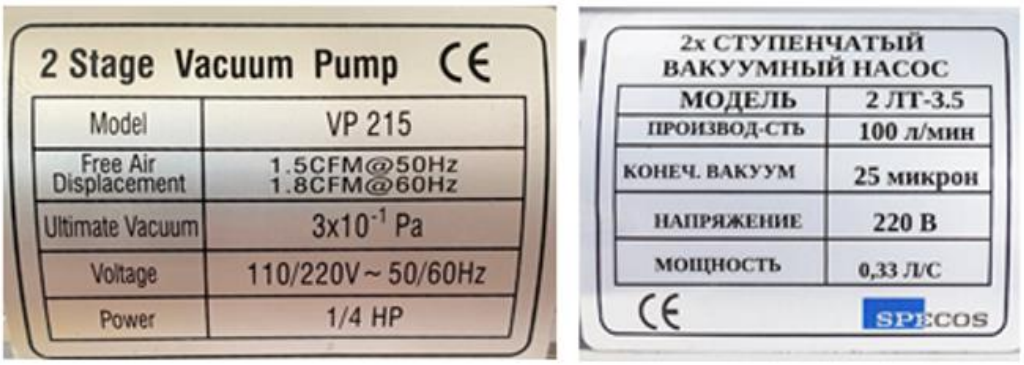
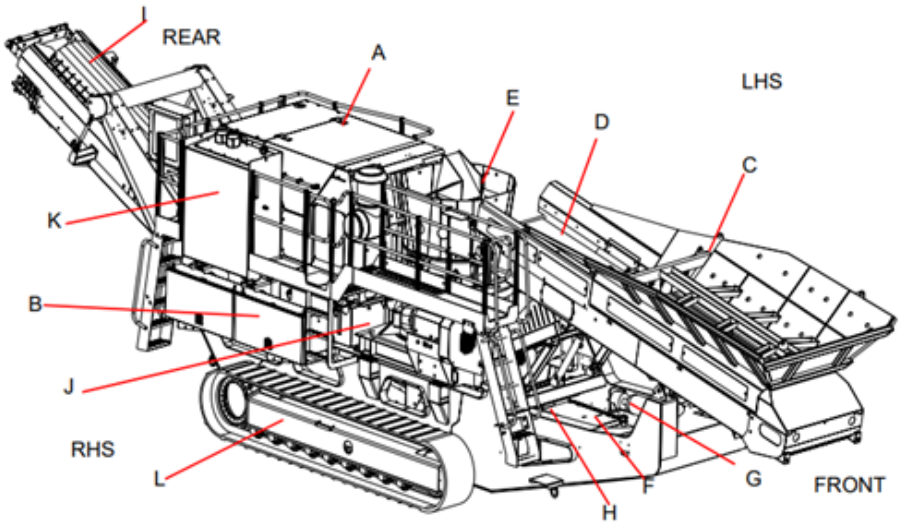


Рисунок 1 – **Шильдики**

При разработке пособия использовались аутентичные англоязычные статьи и ряд учебных пособий по английскому языку; специализированные пособия, содержащие информацию о нормативно-технической документации электрооборудования [1-6, 8]. Для практических заданий использованы инструкции, технические паспорта, шильдики на английском языке реально существующего оборудования, используемого в сельском хозяйстве (рисунок 2).

Study the parts of the Mobile Cone Crushing Unit. Translate the description into Russian.



A. Power unit - the power unit is fully detachable and lockable. It is the source of all the hydraulic and electrical power used to power all functions of the machine.

B. Main control box - the engine control panel is located here.

Рисунок 2 – **Фрагмент практического задания**

Заключение. Представленное пособие обеспечивает практическое владение английским языком в плане основных электротехнических терминов и понятий. Курс отличается конструктивностью, широким охватом материала, систематичностью изложения. Данное пособие направлено на обеспечение

совершенствования подготовки агроинженерных кадров в системе высшего аграрно-технического образования.

Список литературы

1. *Анненкова, А.В.* Английский язык для энергетических направлений подготовки: интегрированный практический курс : Учебное пособие для вузов / *А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова* // Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2023. 112 с.

2. *Анненкова, А.В.* Интегрированный курс английского языка для студентов энергетических направлений подготовки / *А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова*. - Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. 120 с.

3. *Анненкова, А.В.* Интегрированный курс иностранного языка в вузе как реализация системного подхода к формированию общепрофессиональных компетенций / *А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова* // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой памяти А.А. Ежевского, п. Молодёжный, 17-18 ноября 2022 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 230 - 236.

4. *Анненкова, А.В.* Интегрированный курс иностранного языка как средство повышения качества образования в вузе / *А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова* // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодёжи : Материалы региональной научно-практической конференции, посвящённой Году педагога и наставника, Иркутск, 20 января 2023 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023.

5. *Анненкова, А.В.* Опыт создания интегрированного курса по иностранному языку для студентов энергетических направлений подготовки в ИрГАУ / *А.В. Анненкова, Ю.Ю. Клибанова* // Современные тенденции развития системы подготовки обучающихся по иностранному языку в неязыковом вузе: региональная практика : Материалы всероссийской (национальной) научной конференции, Красноярск, 10-11 ноября 2022 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2022.

6. *Гапонюк, Н.А.* Нормативно-техническая документация по охране труда, У/П. – МГИУ, 2009.

7. *Клибанова, Ю.Ю.* Профессиональный иностранный язык : практикум по переводу эксплуатационной технической документации электрооборудования / *Ю.Ю. Клибанова, А.В. Анненкова*. – Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – 109 с.

8. *Красник, В.В.* Управление электрохозяйством предприятий. Произв.-практ. пособие. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

Сведения об авторах

Анненкова Арина Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой иностранных языков Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89148768561, e-mail: arinka26@yandex.ru.

Клибанова Юлия Юрьевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры Электрооборудования и физики, Иркутский государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89086473947, e-mail: malozemova81@mail.ru.

Information about the authors

Annenkova Arina V. – candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the department of foreign languages, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89148768561, e-mail: arinka26@yandex.ru.

Klibanova Yulia Yu. – candidate of physics-mathematician sciences, associate professor, department of electrical equipment and physics, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Yezhevsky. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89086473947, e-mail: malozemova81@mail.ru.

УДК 378.1

СТАНОВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТА ИРКУТСКОГО ГАУ

А.А. Бричагина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье приводится информация о первых годах подготовки кадров для сельского хозяйства в Иркутском сельскохозяйственном институте (ИСХИ), ныне Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Рассказывается о становлении факультета механизации сельского хозяйства, ныне инженерный факультет. Описывается структура факультета в довоенное время. Приводятся фамилии основателей кафедр и людей, внёсших значительный вклад в образовании факультета.

Ключевые слова: история, факультет механизации, инженерный факультет, Иркутский ГАУ, ИСХИ.

FORMATION OF THE ENGINEERING FACULTY OF IRKUTSK SAU

A.A. Brichagina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article provides information about the first years of training for agriculture at the Irkutsk Agricultural Institute (ISHI), now the Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky. It tells about the formation of the Faculty of Agricultural Mechanization, now the Faculty of Engineering. The structure of the faculty in pre-war times is described. The names of the founders of the departments and people who made a significant contribution to the education of the faculty are given.

Key words: history, faculty of mechanization, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university, Institute of agricultural sciences.

Введение. История инженерного факультета (ранее факультет механизации сельского хозяйства) ФГБОУ ВО «Иркутский государственный

аграрный университет имени А.А. Ежевского» неотделима от истории вуза. Звонок о начале первого учебного года в Иркутском сельскохозяйственном институте – единственном на всю Восточную Сибирь и Дальний Восток высшем сельскохозяйственном учебном заведении прозвучал 1 сентября 1934 г. в 9 часов утра. К занятиям на двух факультетах – механизации и ветеринарии приступили 95 человек. Через два месяца открылись ещё два факультета – агрономический и зооинженерный [1, 6, 9].

Результаты и обсуждение. На факультете механизации занятия начались сразу на двух курсах, второй был укомплектован из студентов, переведённых в институт из других вузов. В 1934 г. от Урала до Владивостока было всего два факультета механизации сельского хозяйства – Омский и Иркутский [6, 7].

Институт развивался в очень трудных условиях, не хватало преподавательских кадров, учебных и хозяйственных помещений, общежитий, учебного и хозяйственного оборудования, не был налажен быт студентов и преподавателей. Переданное институту здание старинной постройки бывшего сиропитательного заведения Иркутской купчихи Елизаветы Медведниковой, совершенно не было приспособлено для высшего учебного заведения, требовался большой ремонт, здание отапливалось печами, не было водопровода и канализации. Мебель и кое-какое учебное оборудование, переданное институту из Промышленной академии, ликвидированной в 1934 г., находились в жалком состоянии. В студенческом общежитии на улице Подаптечной и общежитии для преподавателей (несколько комнат) на улице Карла Маркса требовался ремонт и отсутствовала самая необходимая мебель [3, 4].

Институт располагал всего одной машиной, состояние которой оставляло желать лучшего, а первому ректору М.С. Персову для поездок была предоставлена лошадь [4].

15 августа этого же года произошло важное событие для факультета механизации сельского хозяйства – назначен первый декан (по совместительству с работой в горном институте) Н.А. Кудрявцев. Р.И. Голлауэр стал первым штатным деканом факультета 7 сентября 1935 г. после перевода с должности заместителя директора института по учебной части [3].

В первом учебном году на факультете было только три штатных научных работника: Ю.В. Харкеевич, Я.И. Шерлаимов и Р.И. Голлауэр. Учебный процесс обеспечивался работниками госуниверситета и горного института. Лабораторные занятия первые два года по общетехническим дисциплинам проводились в других вузах. Если можно было использовать опыт других вузов по организации аналогичных кафедр на факультете механизации сельского хозяйства, то опыта по организации специальных кафедр не было. На этом и были сосредоточены главные усилия Р.И. Голлауэра. [3].

Преподавателями факультета в 1934-1935 учебном году были: Б.А. Викберг, профессор, зав. кафедрой математики; А.В. Большев, и.о. доцента математики; И.Е. Могилева и.о. доцента кафедры математики; В.С. Вачин, и.о. доцента кафедры графики; Н.А. Кудрявцев и.о. доцента кафедры технологии металлов; З.Б. Гаухштейн, и.о. профессора, зав. кафедрой политэкономии;

Я.И. Шерлаимов, ассистент кафедры физики; В.А. Винокуров, доцент кафедры физики; П.П. Лукин, профессор, зав. кафедрой теоретической механики; С.В. Романов, ассистент кафедры теоретической механики; Ю.Ф. Харкеевич, ассистент кафедры математики; Р.И. Голлауэр, зав. кафедрой тракторов; М.А. Семенцов, доцент кафедры электротехники; Н.В. Соколовский, и.о. доцента кафедры термодинамики; И.А. Гуртовой, и.о. доцента (раздел «Кузнечное дело»); И.Н. Иванова, преподаватель сопротивления материалов; П.М. Курилев, ассистент по технологии топлива [3, 4].

Зимняя зачётная сессия 1934-1935 учебного года включала следующие предметы: на первом курсе – политэкономия, математика, физика; на втором курсе – математика и теоретическая механика [3, 4].

Организация кафедр и развертывание лабораторий на факультете так же, как и в институте в целом проходила в трудных условиях. Из года в год факультет рос, ему была предоставлена фасадная часть и левое крыло первого этажа учебного здания института [3, 4].

Первой на факультете начала организовываться кафедра математики. 26 мая 1934 г. заведующим кафедры был назначен (по совместительству) профессор Б.А. Викберг.

Первой без сторонней помощи на факультете в 1934 г. начала свою деятельность кафедра графики и начертательной геометрии под руководством В.С. Вагина. Были приобретены чертёжные принадлежности, и с началом учебного года кабинет черчения был открыт для студентов.

Для механической мастерской (первый заведующий т. Копьев) была перестроена прачечная бывшего сиропитательного дома. Здесь были установлены первые два токарных станка, приобретённые в ремесленном училище при содействии его завуча И.М. Островского, впоследствии организатора кафедры технологии металлов, было завершено строительство мастерской, установлены 8 современных станков, приобретены слесарные инструменты. И.М. Островский дал научное направление кафедре и изготовил первое оборудование для научно-исследовательской работы на факультете [3, 4].

Со дня основания факультета на кафедре физики работал сначала ассистентом, а с 1937 г. заведующим Я.И. Шерлаимов. Начало организации кафедры положено видным учёным А.А. Тресковым. Я.И. Шарлаимовым проделана большая работа по оснащению кафедры лабораторным оборудованием, существенную помощь ему в этом оказал Н.П. Ворожбитов, заведующий кабинетом кафедры, затем её ассистент [4].

Кафедра сопротивления материалов организована Н.В. Щербаковым, работавшим на факультете в качестве штатного работника с 1936 г. Он первым читал этот курс в институте, позднее он читал и прикладную механику (прежнее название теории машин и механизмов). В 1937 г. заведующим кафедрой был А.С. Ларионов. на кафедру были выписаны модели и макеты механизмов кинематических пар [3].

Кафедра электрификации в первые годы была представлена совместителями – доцентами горного института М.А. Семенцовым и Ю.Д. Чекулаевой. 1 сентября 1937 г. доцент Коссовский был приглашён на должность

заведующего кафедрой, на кафедру зачислен лаборант, началось оснащение её оборудованием. 1 сентября 1938 г. зав. кафедрой стал Л.Г. Лисецкий, продолживший оборудование кафедры. Позднее кафедра переросла в факультет электрификации [3, 4].

Кафедру сельскохозяйственных машин расположили в физкультурном зале сиропитательного дома, здесь был установлен первый зерноуборочный комбайн. Организатором кафедры являлся доцент С.Ф. Фонарев. [2]. Большая роль в становлении кафедры принадлежит Н.Н. Орлову, работавшему на кафедре с первых дней её образования совместителем, и окончательно перешедшему из Совпартшколы в 1937. Он разработал методику преподавания конструктивной части курса сельскохозяйственных машин и положил начало организации лаборатории почвообрабатывающих машин. Начав работу ассистентом, Н.Н. Орлов первым на факультете начал научно-исследовательскую работу в полевых условиях и первым защитил кандидатскую диссертацию по специальным дисциплинам. Первым курс теории сельскохозяйственных машин читал С.Ф. Фонарев. С 16 сентября 1938 г. кафедрой заведовал Б.М. Брик, а с сентября 1939 г. по совместительству с работой в горном институте, вновь С.Ф. Фонарев [3, 5, 8].

На возглавляемой Р.И. Голлауэром кафедре тракторов и автомобилей были установлены разрезы колёсного трактора ХТЗ и автомобиля ЗИС-5 с приводом механизмов от электромоторов. В кабинете систем питания и зажигания были смонтированы разрезы применявшихся тогда карбюраторов, установлены действующая прозрачная модель карбюратора и приборы для проверки и регулировки магнето. [3].

В 1937 г. одновременно с началом организации на Челябинском тракторном заводе производства дизельных тракторов был получен для учебных занятий первый в Иркутской области трактор С-65. Перегон этого трактора с железнодорожной платформы был связан с опасениями – хватит ли заводской заправки горючего для перегона, так как на тот момент в Иркутскую область ещё не поступило дизельное топливо [1].

Немного позже кафедра получила свой первый автомобиль. Уже в 1937 г. кафедра располагала полнометражным фильмом (10 частей) по устройству и работе тракторов СХТЗ и проекционным аппаратом.

В 1937-1936 учебном году Р.И. Голлауэр впервые в институте прочитал курс теории двигателей внутреннего сгорания, разработал задания для курсового и дипломного проектирования. В подвальном помещении здания была построена лаборатория двигателей внутреннего сгорания, установлен первый гидравлический тормозной стенд [3, 4].

Непродолжительное время (сентябрь-октябрь 1937 г.) на кафедре тракторов и автомобилей работал и.о. профессора И.И. Оболенский. С 20 августа 1938 г. кафедрой заведовал А.М. Брик, а с 19 сентября 1939 г. А.М. Гуревич, оба успешно руководили первыми дипломниками.

Первым прибором лаборатории топлива и смазки была установка для определения теплоты сгорания твёрдого топлива (1937 г.). Позднее под

руководством Л.Н. Соколовского лаборатория была сравнительно хорошо оснащена приборами [3, 7].

Кафедра теплотехники, возглавляемая Ф.П. Волощенко в 1937-1939 гг. развития не получила. Отдельные курсы термодинамики и тепловых двигателей, читавшиеся Н.В. Соколовским и Ф.П. Волощенко были включены в состав дисциплин других кафедр.

Начало организации кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка относится к 1935-1936 учебном году. Оно было положено Г.В. Веденяпиным, впоследствии доктором технических наук. Кафедра располагала макетами транспортных сцепок и имела в своём распоряжении один динамометр.

К 1936 г. кафедры тракторов и автомобилей и эксплуатации машинно-тракторного парка были уже в состоянии проводить научно-исследовательскую работу в Хомутовской МТС по повышению рабочих скоростей тракторов [3].

Первыми преподавателями кафедры ремонта машин, её организаторами были в 1936 г. В.В. Колпаков (работник завода имени Куйбышева) и с 1938 г. И.Б. Саковский.

К 1937 г. все кафедры факультета были обеспечены штатными научными работниками [3, 4].

С 26 февраля по 2 марта 1939 г. заседала первая в истории факультета Государственная экзаменационная комиссия. 5 марта 1939 г. был опубликован приказ № 23 по итогам ГЭК, 16 выпускников получили дипломы инженеров-механиков, четверо из них – дипломы с отличием. Первым защищал дипломный проект на тему «Форсированный дизель М-17 на шасси трактора С-65» А.А. Ежевский. [3].

На кафедре тракторов и автомобилей было выполнено 6 проектов, на кафедре ремонта машин – 10 проектов. Председателем первой ГЭК был доцент Саратовского СХИ В.Н. Мещеряков, он же руководитель дипломных проектов по ремонту машин. Многие инженеры первого выпуска были оставлены на факультете для работы в качестве старших лаборантов и ассистентов: С.П. Молодкин, В.К. Жебелев – на кафедре сопротивления материалов; В.П. Шергин – на кафедре деталей машин; П.С. Супрановка и И.Е. Макаров – на кафедре ремонта машин; А.А. Ежевский – на кафедре тракторов и автомобилей; М. В. Лобачев – на кафедре сельхозмашин. Многие из выпускников довоенных лет связали навсегда свою жизнь с институтом: В.В. Назимов, Г.Л. Еселевич, М.В. Нисенман, М.Н. Масовский, А.И. Толстиков; И.М. Зильберг [3, 4].

К началу Великой Отечественной войны факультет сравнительно хорошо был укомплектован преподавателями, имел самое необходимое оборудование и успешно решал задачу подготовки квалифицированных кадров для сельского хозяйства Сибири и Дальнего востока [2, 10].

Заключение. В течение всей последующей истории вуза факультет развивался, и в настоящее время занимает ведущие позиции в подготовке кадров для агропромышленного комплекса региона.

Список литературы

1. *Алексеев, Н.С.* Иркутский государственный аграрный университет: история создания и достижения выпускников / *Н.С. Алексеев, О.В. Бондаренко* // Иркутский ГАУ: история в лицах : Материалы науч.-практ. семинара, посвящ. 90-летию Иркутского аграрного университета им. А.А. Ежевского. – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2024. – С. 6 - 9.

2. *Бричагина, А.А.* К вопросу практико-ориентированного обучения в аграрном вузе / *А.А. Бричагина, С.Н. Ильин, В.В. Пальвинский* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы междунар. науч.-практ. конф. Часть 1. – Красноярск : Красноярский ГАУ, 2020. – С. 10 - 12.

3. *Голлауэр, Р.И.* Как начинался факультет / *Р.И. Голлауэр* // Нива. – 1974. - № 9. – С. 3.

4. *Голлауэр, Р.И.* Страницы истории / *Р.И. Голаауэр* // Нива. – 1984. – № 4. – С. 1 - 3.

5. *Ильин, С.Н.* Ведущий научный сотрудник инженерного факультета (к 70-летию Евтеева Виктора Константиновича) / *С.Н. Ильин, А.А. Бричагина* // Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК : Материалы VI науч. – практ. конф. с междунар. участием «Чтения И.П. Терских» посвящённой 80-летию Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – Иркутск : ИрГСХА, 2014. – С. 235 - 239.

6. *Мухачев, С.Н.* От трёх человек до двух тысяч / *С.Н. Мухачев* // Нива. – 1974. – № 1. – С. 2.

7. *Нечитайло К.А.* Становление / *К.А. Нечитайло* // Нива. – 1975. – № 13. – С. 3.

8. *Орлов, Б.Н.* Вспоминая учителей / *Б.Н. Орлов, А.А. Бричагина* // Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК : Материалы междунар. Науч.-практ. конф. и V-го Регионального науч.-произв. семинара «Чтения И.П. Терских», посвящённые 80-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки и техники РФ Терских Ивана Петровича. – Иркутск : ИрГСХА, 2012. – С. 339 - 342.

9. *Перфильев, К.В.* «Открыть в Иркутске сельскохозяйственный институт» / *К.В. Перфильев* // Нива. – 1984. – № 20. – С. 3.

10. *Чаплиев В.В.* Факты истории. Факультет механизации / *В.В. Чаплиев* // Нива. – 1984. – № 39. – С. 2.

Сведения об авторе(ах)

Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

Information about the author(s)

Brichagina Anastasia A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

УДК 378.146

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРЕПОДАВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

М.Ю. Бузунова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В современном образовательном пространстве вопросы качества преподавания естественно-научных дисциплин становятся всё более актуальными. Эти дисциплины играют ключевую роль в формировании у студентов не только специализированных знаний, но и развитии аналитического мышления, критического подхода к информации и практических навыков. Для повышения эффективности обучения необходимо постоянное совершенствование и развитие методик преподавания. В данной статье мы рассмотрим основные подходы и инновационные методы, которые могут быть использованы для повышения качества процесса обучения естественно-научных дисциплин на основе дисциплины «Физика».

Ключевые слова: методика, физика, педагогическое тестирование, качество, образовательный процесс, оценка.

METHODS FOR IMPROVING THE QUALITY OF TEACHING NATURAL SCIENCES

M.Yu. Buzunova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. In the modern educational space, the issues of quality of teaching natural sciences are becoming increasingly relevant. These disciplines play a key role in the formation of students not only specialized knowledge, but also the development of analytical thinking, a critical approach to information and practical skills. To improve the effectiveness of training, it is necessary to constantly improve and develop teaching methods. In this article, we will consider the main approaches and innovative methods that can be used to improve the quality of the teaching process of natural sciences based on the discipline «Physics».

Key words: methodology, physics, pedagogical testing, quality, educational process, assessment.

Введени. Современное образование стоит перед вызовом постоянного совершенствования процессов преподавания, особенно в области естественно-научных дисциплин. Роль технологий в этом процессе играет ключевое значение, предлагая новые возможности для улучшения качества обучения и достижения лучших результатов [9]. Технологии в современном обучении естественно-научным дисциплинам представляют собой мощный инструмент, способствующий динамическому и интерактивному обучению. Значимость совершенствования методов преподавания естественно-научных дисциплин неоспорима в современном образовательном контексте. Эти дисциплины играют ключевую роль в формировании базовых знаний и навыков у студентов и важны для их успешной адаптации в научной и профессиональной среде.

Результаты и обсуждение. Современные методы преподавания должны быть ориентированы на активное вовлечение студентов в учебный

процесс путём проведения интерактивных занятий, использования современных технологий, применения методов проблемного обучения, проектной работы и самостоятельного исследования. Развитие у студентов навыков анализа, синтеза информации, принятия решений и коммуникации является важным элементом совершенствования самой методики преподавания. Эффективное использование современных методов обучения также способствует улучшению понимания материала студентами и помогает им связывать теоретические знания с практическими примерами. При этом у обучающихся формируется целостное видение предмета и его практического применения в реальной жизни. Важным аспектом совершенствования методов преподавания является учёт различного уровня подготовки и индивидуальных интересов.

Развитие методов преподавания естественно-научных дисциплин важно также и для эффективного использования новейших достижений научного и педагогического сообщества. Постоянное изучение и апробация современных методик позволяют преподавателям быть в курсе последних тенденций и улучшить качество обучения студентов. Использование инновационных методов также способствует развитию творческого подхода к преподаванию и поощрению исследовательской активности как у студентов, так и у преподавателей.

В целом, совершенствование методов преподавания естественно-научных дисциплин играет важную роль в формировании успешного, компетентного и творческого специалиста, способного к аналитическому мышлению, критическому анализу и инновационной деятельности. Поэтому постоянное развитие и совершенствование методов преподавания в данной области образования должно быть приоритетом как для преподавателей, так и для образовательных учреждений в целом. Инновационные подходы к повышению эффективности обучения естественно-научным предметам могут значительно улучшить качество преподавания и обучения в данной области. С развитием технологий и образовательных практик, появляются новые возможности для учительского сообщества и студентов. Открытые и гибкие методики, а также использование инновационных инструментов способствуют более глубокому пониманию и запоминанию материала, активизации творческого мышления и формированию навыков самостоятельного и исследовательского обучения.

Одним из ключевых инновационных подходов является использование современных образовательных технологий [2, 3]. В современном мире преподаватели и студенты имеют доступ к различным обучающим онлайн-ресурсам, веб-платформам, приложениям и программам, которые обогащают учебный процесс. Использование интерактивных учебных материалов, видеоуроков, онлайн-тестов, симуляций и виртуальных лабораторий позволяет студентам более наглядно усваивать информацию, проводить эксперименты и исследования, а также получать обратную связь и поддержку от учителей и коллег.

Ещё одним эффективным инновационным методом является применение проблемно-ориентированного обучения. Студентам предоставляются реальные ситуации и задачи, которые требуют от них применения полученных

знаний и навыков для поиска решения. Такой подход способствует развитию критического мышления, аналитических способностей, умению работать в команде и принимать решения. Проблемные ситуации могут быть смоделированы с помощью кейс-методов, проектной работы, лабораторных практикумов и других форм активного обучения.

Также важным инновационным методом является персонализированное обучение, учитывающее индивидуальные потребности студента, на осноке персонализированных учебных планов и программы, адаптированных под базовый уровень знаний каждого обучающегося. Такой подход способствует максимальной эффективности обучения. Таким образом, инновационные подходы к повышению эффективности обучения естественно-научным предметам играют ключевую роль в совершенствовании качества преподавания. Использование современных технологий, проблемно-ориентированное обучение и персонализация учебного процесса способствуют активизации учебной деятельности студентов, повышению мотивации к обучению и содействуют формированию устойчивых знаний и навыков в области естественных наук.

Одним из методов совершенствования качества преподавания естественно-научных дисциплин является интеграция современных технологий в образовательный процесс [4]. Это включает в себя использование интерактивных досок, онлайн-платформ для обучения, виртуальных лабораторий, мультимедийные материалы и прочие инструменты, которые сделают процесс обучения более доступным, увлекательным и эффективным.

Виртуальные лаборатории предоставляют уникальную возможность студентам практически применять полученные теоретические знания, проводя различные эксперименты и исследования в виртуальной среде. Это помогает им лучше понимать принципы и законы естественных наук и развивать навыки критического мышления.

Мультимедийные материалы, такие как видеоуроки, анимации, аудиолекции, способствуют более наглядному объяснению сложных концепций и явлений, что делает учебный материал более понятным и запоминающимся для студентов. Такой подход к обучению стимулирует интерес студентов к предмету и способствует их активному участию в учебном процессе.

Таким образом, роль технологий в современном обучении естественно-научным дисциплинам неоценима. Их интеграция в образовательный процесс способствует повышению качества преподавания, оказывая позитивное влияние на результативность обучения и развитие у студентов необходимых компетенций и навыков. Применение активных методов обучения играет ключевую роль в улучшении качества преподавания физики. Эти методы способствуют более глубокому усвоению материала, развитию критического мышления и повышению уровня мотивации учащихся [7]. Они позволяют перенести акцент с пассивного усвоения информации на активное вовлечение студентов в образовательный процесс.

Один из эффективных активных методов обучения – это использование интерактивных лекций. Вместо одностороннего выступления преподавателя, студенты задействуются в процессе обучения через обсуждение темы,

решение задач и демонстрацию примеров. Это способствует более глубокому пониманию материала, поскольку студенты активно принимают участие в учебном процессе. Ещё одним популярным методом является проведение лабораторных работ и практических занятий. В ходе таких занятий студенты могут непосредственно взаимодействовать с физическими явлениями, проводить эксперименты и наблюдения, что позволяет им лучше усвоить теоретический материал и получить навыки решения практических задач.

Также активным методом обучения является использование групповых проектов. Работа в небольших группах позволяет студентам обмениваться знаниями, развивать коммуникативные навыки и учиться работать в коллективе, что способствует углубленному изучению темы и развитию социальных навыков. Для улучшения качества преподавания физики также важно использование современных технологий [5, 6]. Онлайн-курсы, интерактивные симуляции и виртуальные лаборатории позволяют студентам изучать физику в удобном формате и повышают доступность образования. Такие технологии могут быть эффективным дополнением к традиционным методам преподавания и способствуют более интересному и эффективному усвоению материала.

В целом, использование активных методов обучения для улучшения качества преподавания физики играет важную роль в формировании навыков учащихся, развитии их критического мышления и повышении мотивации к изучению дисциплины. Комбинирование различных методов позволяет создать более интересное, динамичное и привлекательное образовательное пространство, способствующее успешному усвоению знаний в области физики.

При оценке эффективности методов совершенствования преподавания естественно-научных дисциплин необходимо учитывать ряд ключевых аспектов [2]. Важным критерием является повышение уровня понимания материала студентами. Для этого необходимо использовать различные подходы к объяснению сложных концепций, визуализацию информации, а также четкую структуризацию лекций и семинаров. Другим важным показателем эффективности методов является активное участие студентов в учебном процессе. Это достигается путем проведения интерактивных занятий, демонстрации практических примеров, обсуждения в группах, а также использования современных технологий для привлечения внимания студентов.

Не менее важным аспектом при оценке эффективности методов является результативность обучения. Для этого необходимо учитывать результаты контрольных и экзаменационных работ, оценки студентов, а также их способность применять знания на практике. Также важно учитывать отзывы студентов и коллег о работе преподавателя. Анализ обратной связи позволяет определить сильные и слабые стороны методов преподавания, а также внести коррективы для их совершенствования.

Для объективной оценки эффективности методов совершенствования преподавания естественно-научных дисциплин можно использовать как количественные, так и качественные методы исследования. К количественным методам относятся анализ успеваемости студентов, статистическая обработка результатов тестирования, а также измерение показателей качества знаний. К

качественным методам относятся анализ эмоциональной отзывчивости студентов, глубина понимания материала, применение полученных знаний на практике.

Заключение. Таким образом, эффективность методов совершенствования преподавания естественно-научных дисциплин может быть определена по уровню понимания и активности студентов, результативности обучения, обратной связи от студентов и коллег, а также использованию количественных и качественных методов исследования. Постоянное изучение и анализ эффективности методов позволяет добиться непрерывного улучшения качества преподавания и повышения образовательного процесса в целом. Не менее важным методом совершенствования качества преподавания физики и других естественно-научных дисциплин является педагогическое тестирование при помощи базы оценочных средств [10], позволяющее преподавателям не только проверить знания учащихся, но и проанализировать эффективность своих методов обучения [1]. Роль педагогического тестирования в обучении физике может быть ключевой в формировании у студентов устойчивого понимания основных научных концепций и умений применять их на практике.

Список литературы

1. *Аванесов, В.С.* Педагогическое тестирование в России конца XX - начала XXI века / *В.С. Аванесов,* // Педагогическая диагностика. – 2016. – № 3. – С. 11 - 26.

2. *Алтухова, Т.А.* Организация самостоятельной работы студентов вуза / *Т.А. Алтухова, Е.П. Бальжанова* // Вестник ИрГСХА. – 2008. – № 33. – С. 98 - 103.

3. *Байденко, В.И.* Обеспечение качества высшего образования: современный опыт (статья 2) / *В.И. Байденко, Н.А. Селезнёва* // Высшее образование в России. – 2017. – № 11 (217). – С. 122 - 136.

4. *Бедный, Б.И.* Интегрированные программы подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации / *Б.И. Бедный, О.А. Кузенков* // Интеграция образования. – 2017. – Т 21, № 4. – С. 637 - 650. DOI: 10.15507/1991-94.68.089.021.201704.637-650.

5. *Бузунова, М.Ю.* Особенности преподавания физики в аграрном вузе / *М.Ю. Бузунова* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20-22 апреля 2021 года. Том Часть I. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 20 - 22.

6. *Бузунова, М.Ю.* Особенности методики преподавания физики в вузе аграрного профиля / *М.Ю. Бузунова* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, 19-21 апреля 2022 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 191 - 193.

7. *Бузунова, М.Ю.* Актуальные вопросы повышения мотивации при обучении в Вузе / *М.Ю. Бузунова* // Актуальные вопросы образования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение», п. Молодежный, 05-06 октября 2023 года. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 21 -25.

8. *Сазонов, Б.А.* Организация образовательного процесса: возможности индивидуализации обучения / *Б.А. Сазонов* // Высшее образование в России. – 2020. – Т. 29, № 6. – С.35 - 50. DOI: https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-29-6-35-50.

9. *Ратнер Ф.Л., Тихонова Н.В.* Качество образования: педагогический аспект / *Ф.Л. Ратнер, Н.В. Тихонова* // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28, № 12. – С. 87 - 96. DOI: https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-12-87-96.

10. *Шахова, Е.Ю.* Централизованная структура фонда оценочных средств образовательной программы / *Е.Ю. Шахова, Е.В. Нестер, И.С. Ситов* // Высшее образование в России. – 2017. – № 1 (208). – С. 69 - 77.

Сведения об авторе(ах)

Бузунова Марина Юрьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500557333, e-mail: bmirk@mail.ru).

Information about the author(s)

Buzunova Marina Yu. – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of electrical equipment and physics of the faculty of energy (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89500557333, e-mail: bmirk@mail.ru).

УДК 378.4

СТАНОВЛЕНИЕ АГРОПРОФИЛЬНЫХ ШКОЛ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

В.П. Друзьянова, В.И. Заровняева

ФГАОУ ВО Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Якутск, Россия

Аннотация. В настоящее время имеется опыт организации агрошкол республики, где реализованы идеи трудового воспитания учащихся, привитие и владение навыками исторического уклада жизни предков, что является основой агропрофильного образования. Однако необходима соответствующая трансформация современного общества, где будут учтены эффективные задачи и тренды развития образования, что приведёт к созданию функциональной модели системы непрерывной профессиональной подготовки квалифицированных кадров для агропромышленного комплекса республики Саха (Якутия).

Ключевые слова: агропрофилированное образование, агропрофильные школы, трудовое воспитание, рейтинг, агропроизводство.

THE FORMATION OF AGRO-SPECIALIZED SCHOOLS IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

V.P. Druzyanova, V.I. Zarovnyaeva

FSAEI HE North-eastern federal university named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Russia

Annotation. Currently, there is experience in organizing agricultural schools in the republic, where the ideas of labor education of students are implemented, instilling and mastering the skills of the historical way of life of their ancestors, which is the basis of agro-specialized education. However, a corresponding transformation of modern society is necessary, where effective tasks and trends in the development of education will be taken into account, which will lead to

the creation of a functional model of a system of continuous professional training of qualified personnel for the agro-industrial complex of the Republic of Sakha (Yakutia).

Key words: agro-specialized education, agro-specialized schools, labor education, rating, agricultural production.

Введение. Известно, что Якутия находится в самых суровых климатических условиях для ведения сельскохозяйственного производства. Поэтому при подготовке специалистов для сельского хозяйства необходимо применять другой подход [8]. Актуальность данной работы в том, что в общую образовательную систему республики внедрён опыт организации агрошкол, которые напрямую влияют на развитие школьного агротехнологического образования и формируют у детей стойкое понимание необходимости ведения агропроизводства на основе практического опыта старшего поколения и с учётом современного развития технологий, но в данное время нет эффективной системы отслеживания и учёта этих агропрофильных школ. В Якутии более девяноста агропрофильных школ, где углубленно изучают дисциплины сельскохозяйственной отрасли. Следует отметить, что такого количества агрошкол нет ни в одном субъекте России. В настоящее время имеется опыт организации агрошкол в России, однако, их эффективность исследуется и изучается только в разрезе экономики и экологии [1].

Материалы и методы. В историческом ракурсе в развитии школьного агротехнологического образования в республике можно дифференцировать 3 основных этапа деятельности общественности республики.

I этап. 1987-1990 гг. Обоснование организации системы агропрофилированного образования. Разработка целей и задач создания агропрофилированных сельских школ. Организация первых средних образовательных школ агронаправления, их материально-технической базы, комплектования педагогическими кадрами

II этап. 1991-2009 гг. Становление системы агропрофилированного образования. Выпуск первых учебных пособий, разработка учебных планов, программ агропрофилированного направления обучения учащихся. Создание баз трудового воспитания учащихся. Комплектование школ учебно-научными лабораториями. Широкое вовлечение педагогических и научных работников республики в деятельность агрошкол.

Внедрение ежегодной НПК учащихся «Чугуновские агрочтения». Организация краткосрочных педагогических курсов для учителей профильных предметов и мастеров производственного обучения. Разработка условий оценки эффективности деятельности агрошкол. Организация улусных, республиканских учебно-методических конференций по совершенствованию системы агропрофилированного образования. Участие учащихся и учителей, мастеров.

III этап. 2010-2018 гг. Совершенствование системы агропрофилированного образования. Внедрение агрокомпонентного принципа обучения учащихся агрошкол. Организация ежегодных школьных, улусных и

республиканских конференций, методических семинаров. Разработка Концепции развития системы школьного агротехнологического образования в РС(Я) [1].

Результаты и обсуждение. Со дня организации и формирования первых агрошкол республики возрождение идеи трудового воспитания учащихся, привитие и владение навыками исторического уклада жизни их предков ставились как основа агропрофилированного образования.

В настоящее время трудовое воспитание – изучение основ сельскохозяйственного производства – привитие навыков научных исследований – профориентация явились и являются основой агропрофилированного образования учащихся.

На основе данных Министерства образования и науки республики Саха (Якутия) на сегодняшний день имеется следующий рейтинговый перечень агропрофильных школ (таблица 1) [10].

Таблица 1 – **Рейтинг агропрофильных школ республики Саха (Якутия)**

№	Наименование МР, ГО	Наименование образовательной организации	Сумма баллов	Место в рейтинге	МКШ
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Чурапчинский	МБОУ «Диринская СОШ «АГРО» им. И.Е. Федосеева-Доосо»	376	1	
2	Якутск	МОБУ «Тулагинская СОШ им. П.И. Кочнева»	320	2	
3	Мегино-Кангаласский	МБОУ «Майинская СОШ им. В.П. Ларионова с углубленным изучением отдельных предметов»	317	3	
4	Таттинский	МБОО «Чычымахская СОШ»	280	4	
5	Томпонский	МБОУ «Мегино-Алданская СОШ им. Е.П. Неймохова»	280	4	
6	Чурапчинский	МБОУ «Телейская СОШ»	279	5	
7	Горный	МБОУ «Атамайская СОШ им. В.Д. Лонгинова»	276	6	
8	Усть-Алданский	МБОУ «Соттинская СОШ»	271	7	
9	Сунтарский	МБОУ «Куокунинская СОШ»	269	8	
10	Горный	МБОУ «Магарасская СОШ им. Л.Н. Харитонова»	265	9	
11	Таттинский	МБОО Усть-Таттинская СОШ	262	10	
12	Якутск	МОБУ «Хатасская СОШ им. П.Н. и Н.Е. Самсоновых»	260	11	
13	Хангаласский	МБОУ «2-Жемконская СОШ»	259	12	
14	Эвено-Бытантайский	МБОУ «Кустурская СОШ им. И.Н. Слепцова»	257	13	
15	Кобяйский	МБОУ «Кобяйская СОШ» им. Е.Е. Эверстова	255	14	
16	Верхоянский	МБОУ «Борулахская СОШ»	254	15	
17	Верхневилюйский	МБОУ «Верхневилюйская СОШ № 1 им. И. Барахова»	251	16	
18	Мегино-Кангаласский	МАОУ «Рассолодинская СОШ»	247	17	
19	Верхоянский	МБОУ «Сартанская СОШ»	242	18	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
20	Нюрбинский	МБОУ «Сюлинская СОШ им. С.С. Сюльского»	223	19	
21	Вилюйский	МБОУ «Борогонская СОШ»	220	20	МКШ
22	Момский	МБОУ «Индигирская СОШ им. Н.А. Брызгалова»	217	21	МКШ
23	Момский	МБОУ «Соболохская СОШ»	218	22	МКШ
24	Амгинский	МБОУ «Абагинская СОШ им. А.Е. Кралина»	216	23	
25	Чурапчинский	МБОУ «Сыланская СОШ им. Г.П. Башарина»	211	24	
26	Усть-Алданский	МБОУ «Наяхинская СОШ»	210	25	
27	Верхневилюйский	МБОУ «Балаганнахская основная общеобразовательная школа»	208	26	МКШ
28	Верхнеколымский	МБОУ «Арылахская средняя агро-профилированная общеобразова-тельная школа»	200	27	МКШ
29	Томпонский	МБОУ «Крест-Хальджайская СОШ им. Героя Советского Союза Ф.М. Охлопкова»	200	27	
30	Абыйский	МБОУ «Абыйская СОШ им. д.т.н. Слепцова А.Е.»	198	28	МКШ
31	Оленекский	МБОУ «Эйикская СОШ»	197	29	МКШ
32	Чурапчинский	МБОУ «Хадарская СОШ им. С.Д. Флегонтова»	197	29	
33	Нюрбински	МБОУ «Нюрбачанская СОШ»	195	30	
34	Таттинский	МБОО «Тыарасинская СОШ»	194	31	
35	Мегино-Кангалас-ский	МБОУ «Жабыльская СОШ им. Н.В. Петрова»	192	32	
36	Хангаласский	МБОУ «2 Мальжагарская СОШ»	191	33	
37	Олекминский	МБОУ «Токкинская школа-интер-нат среднего общего образования им. П.П. Ощепкова»	187	34	
38	Сунтарский	МБОУ «Арылахская агротехноло-гическая СОШ им. Л. Попова»	184	35	
39	Чурапчинский	МБОУ «Амгинская СОШ им. Р.И. Константинова»	184	35	
40	Усть-Алданский	МБОУ «Тандинская СОШ им. М.Н. Готовцева»	182	36	
41	Намский	МБОУ «2 Хомустахская СОШ им. Е.П. Сивцева»	181	37	
42	Нюрбинский	МБОУ «Хатынская СОШ им. Н.И. Прокопьева»	181	37	
43	Таттинский	МБОО «Жохсогонская СОШ им. А.Е. Кулаковского»	181	37	
44	Хангаласский	МБОУ «Булгунняхтахская СОШ им. С.П. Ефремова»	181	37	
45	Мегино-Кангалас-ский	МБОУ «Хоробутская СОШ»	180	38	
46	Чурапчинский	МБОУ «Ожулунская СОШ»	178	39	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
47	Анабарский	МБОУ «Юрюнг-Хаинская СОШ»	162	40	
48	Мегино-Кангалас-ский	МБОУ «Хаптагайская СОШ им. Кеши Алексеева»	162	40	
49	Верхоянский	МБОУ «Арылахская СОШ»	161	41	
50	Верхневилюйский	МБОУ «Оргетская СОШ им. Т.И. Петрова»	155	42	
51	Амгинский	МБОУ «Бетюнская СОШ им. Н.Е. Иванова»	154	43	
52	Мегино-Кангалас-ский	МБОУ «Мельжехсинская СОШ им. А.В. Чугунова»	153	44	
53	Верхневилюйский	МБОУ «Хоринская СОШ им. Г.Н. Чиряева»	151	45	
54	Вилюйский	МБОУ «Бекчегинская СОШ»	150	46	МКШ
55	Сунтарский	МБОУ «Бордонская СОШ»	147	47	
56	Верхневилюйский	МБОУ «Намская СОШ им. П. Н.Т обурокова»	145	48	
57	Усть-Алданский	МБОУ «Тулунинская СОШ им. П.В. Аммосова»	141	49	
58	Хангаласский	МБОУ «Октемская СОШ им. П.И. Шадрина»	141	49	
59	Усть-Майский	МБОУ «Петропавловская СОШ»	137	50	
60	Амгинский	МБОУ «Мэндигинская СОШ им. П.И. Караканова»	133	51	МКШ
61	Таттинский	МБОО «Дая-Амгинская СОШ им. Х.И. Кашкина»	133	51	МКШ
62	Верхневилюйски	МБОУ «Тамалаканская средняя общеобразовательная школа»	132	52	
63	Хангаласский	МБОУ «Синская СОШ»	128	53	
64	Нюрбинский	МБОУ «1-Кангаласская СОШ им. Н.И. Кочнева»	125	54	МКШ
65	Сунтарский	МБОУ «Кюндяинская СОШ им. Б.Н. Егорова»	124	55	
66	Намский	МБОУ «Модутская средняя обще-образовательная школа»	122	56	
67	Сунтарский	МБОУ «Тюбяйская СОШ агротех-нологического профиля им. акаде-мика В.М. Анисимова»	121	57	МКШ
68	Горный	МБОУ «Кептинская СОШ»	115	58	
69	Среднеколымский	МБОУ «Алеко-Кюельская СОШ агрофермерского профиля им. Г.Г. Софронова»	115	58	
70	Таттинский	МБОО «Чымнайская СОШ им. Г.Д. Бястинова-Бэс Дьарааьын»	112	59	МКШ
71	Мегино-Кангалас-ский	МБОУ «Балыктахская СОШ»	111	60	
72	Усть-Алданский	МБОУ «Бейдигинская СОШ»	110	61	
73	Кобяйский	МБОУ «Танаринская СОШ»	109	62	
74	Чурапчинский	МБОУ «Соловьевская СОШ им. П.М. Васильева»	106	63	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
75	Верхневилюйский	МБОУ «Верхневилюйская СОШ № 2 им. М.Т. Егорова»	104	64	
76	Нюрбинский	МБОУ «Антоновская СОШ им. Н.Н. Чусовского»	101	65	
77	Усть-Алданский	МБОУ «Батагайская СОШ им. Н.Н. Тарского»	101	65	МКШ
78	Момский	МБОУ «Улахан-Чистайская СОШ им. Н.С. Тарабукина»	96	66	
79	Булунский	МБОУ «Борогонская СОШ»	94	67	МКШ
80	Абыйский	МБОУ «Урасалахская СОШ»	86	68	МКШ
81	Верхоянский	МБОУ «Боронукская средняя общеобразовательная школа»	75	69	МКШ
82	Нюрбинский	МБОУ «Малыкайская СОШ им. М.В. Мегежекского»	75	69	
83	Верхневилюйский	МБОУ «Кэнтикская СОШ им. Н.К. Седалищева-Дьуэгэ Ааныстыырова»	74	70	
84	Горный	МБОУ «Джикимдинская СОШ им. С.П. Данилова»	70	71	
85	Вилюйский	МБОУ «Халбакинская СОШ им. П.И. Быканова»	60	72	МКШ
86	Булунский	МБОУ «Быковская СОШ»	55	73	МКШ
87	Олекминский	МБОУ «Дабанская СОШ»	55	73	МКШ
88	Усть-Майский	МБОУ «Кюпская СОШ им. Е.И. Апросимова»	54	74	МКШ
89	Абыйский	МБОУ «Майорская СОШ»	43	75	МКШ
90	Горный	МБОУ «Кюереляхская СОШ им. С.Г. Коврова»	41	76	МКШ
91	Намский	МБОУ «Салбанская СОШ им. Е.М. Ларионова»	28	77	МКШ
92	Жиганский	МБОУ «Жиганская СОШ»	27	78	
93	Нюрбинский	«Мальжагарская средняя общеобразовательная школа им. М.В. Максимова»	26	79	МКШ
94	Олекминский	МКОУ «Солянская СОШ»	23	80	МКШ
95	Сунтарский	МБОУ «Сунтарская СОШ № 2 им. И.С. Иванова с дошкольными группами»	22	81	
96	Амгинский	МБОУ «Майская СОШ им. Е.Л. Чистякова»	21	82	МКШ
97	Усть-Майский	МБОУ «Эжанская СОШ им. Н.А. Атласова»	12	83	МКШ
93	Нюрбинский	«Мальжагарская средняя общеобразовательная школа им. М.В. Максимова»	26	79	МКШ
94	Олекминский	МКОУ «Солянская СОШ»	23	80	МКШ
95	Сунтарский	МБОУ «Сунтарская СОШ № 2 им. И.С. Иванова с дошкольными группами»	22	81	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
96	Амгинский	МБОУ «Майская СОШ им. Е.Л. Чистякова»	21	82	МКШ
97	Усть-Майский	МБОУ «Эжанская СОШ им. Н.А. Атласова»	12	83	МКШ

Объёмы финансирования осуществляются согласно утверждённой рейтинговой системы (таблица 2) [10].

Таблица 2 – **Порядок определения рейтинга агропрофильных школ республики Саха (Якутия)**

Доля от максимального балла	**Сумма баллов**	**Коэффициенты финансирования**
75-100	282 и более баллов	0,4
50-74	188-281	0,35
30-49	113-187	0,3
1	**2**	**3**
20-29	75-112	0,25
меньше 20	74 и меньше	0

Рейтинг проводится среди общеобразовательных организаций агротехнологического направления. Составляется единый рейтинг агрошкол по республике Саха (Якутия) без деления на группы улусов, без разделения школ на малокомплектные и полнокомплектные.

Определение рейтинга производится в два этапа. Первый этап – рейтинг по каждому критерию, второй этап – общий рейтинг. Рейтинг по каждому критерию выстраивается на основании данных управлений образованием муниципальных районов (улусов). Общий рейтинг рассчитывается путём суммирования баллов за рейтинг по каждому критерию.

Агрошколам, получившим меньше 20 % от максимального балла, не предусматривается повышающий коэффициент к ФОТ. Максимальный полученный балл по итогам оценки деятельности агрошкол составляет 376 баллов, минимальный – 12 баллов. Коэффициенты финансирования распределяются на 5 групп: по 0,4, 0,35, 0,30, 0,25 и 0.

Заключение. Поэтому, имеется необходимость полного исследования и изучения педагогического аспекта и влияния педагогической науки на формирование у школьников сельскохозяйственных компетенций. Необходима соответствующая трансформация современного общества, где будут учтены эффективные задачи и тренды развития агропрофильного образования.

Список литературы

1. Агрошколы Якутии: информационный сборник / Республиканский ресурсный центр «Юные якутяне». – Якутск : Офсет, 2020. – 150 с.

2. *Габышева, Ф.В.* О развитии сельских общеобразовательных школ агротехнического профиля / *Ф.В. Габышева* // Народное образование Якутии. – 2004. - № 2. С. 26 - 38.

3. *Данилова, В.В.* Развитие профессиональных компетенций учащихся через школьные кооперативы в условиях агрошколы / *В.В. Данилова* // Народное образование Якутии. – 2023. - № 4. – С.118 - 120.

4. *Иванова, А.С.* Агрошкола – пространство развития навыков будущего / *А.С. Иванова, М.Д. Иванова* // Народное образование Якутии. – 2023. - № 4. – С. 140 - 144.

5. *Игнатьев, М.С.* Первая агрошкола в республике Саха (Якутия): этапы и траектории развития / *М.С. Игнатьев, С.В. Тарасова* // Народное образование Якутии. – 2022. - № 4. – С. 231 - 237.

6. *Коколова, Л.М.* Роль агропрофильных школ республики Саха (Якутия) в развитии сельского хозяйства и школьное агроэкологическое обучение / *Л.М. Коколова, Н.М. Герасимова* // Тенденции развития науки и образования. – 2018. - № 42 - 3. – С .60 - 62.

7. *Кычкина, Л.В.* Агрошкола готовит к сельскому труду / *Л.В. Кычкина* // Народное образование Якутии. – 2011. - № 10. – С. 69 - 70.

8. *Лозгачева, О.В.* Агрошкола: новый формат социальной экосистемы / *О.В. Лозгачева, О.С. Чеченихина, И.Р. Соколовская, С.А. Палкина, Н.С. Обожина* // Педагогическое образование в России. – 2022. – № 5. – С. 26 - 38.

9. Приказ № 01-03/767 от 30.08.2020 г. министерства образования и науки Республики Саха (Якутия) об утверждении рейтинга общеобразовательных организаций агротехнологического профиля.

10. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 года с изменениями 2020 года. Статья 10.

Сведения об авторах

Друзьянова Варвара Петровна – доктор технических наук, заведующая кафедрой эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис автодорожного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677000, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, тел.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Заровняева Варвара Ивановна – старший преподаватель кафедры машиноведения Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. ФГАОУ ВО СВФУ, 667000, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, тел.: 89991743311, e-mail: Baat25@mail.ru.

Information about the authors

Druzyanova Varvara P. – doctor of technical sciences, head of the department of motor transport operation and car service of the road faculty, North-Eastern federal university named after I.I. M.K. Ammosova (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, tel.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Zarovnyaeva Varvara I. – is a senior lecturer at the department of mechanical engineering of the northeastern federal university named after M.K. Ammosov. NEFU, 667000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, tel.: 89991743311, e-mail: Baat25@mail.ru.

УДК 378.4

ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЯКУТИИ

В.П. Друзьянова, Т.И. Афанасьева

ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
Якутск, Россия

Аннотация. В статье проведён анализ поэтапного становления инженерного факультета в Арктическом государственном агротехнологическом университете Якутии. Агроинженерное образование на Севере представляет собой уникальное сочетание научного знания и практического опыта, адаптированных к специфическим условиям региона. Суровый климат и особенности природных ресурсов требуют соответствующего подхода к обучению специалистов в области рискованного ведения сельскохозяйственного производства. Именно поэтому вопросы развития агроинженерной науки на Севере, являющейся необходимой базой и основой для реализации эффективных методов преподавания являются весьма важной задачей.

Ключевые слова: образование, инженерное образование, агроинженерное образование, подготовка инженеров, образовательная программа, профессорско-преподавательский состав, научные кадры.

PATHS OF THE DEVELOPMENT OF AGROENGINEERING EDUCATION IN YAKUTIA

V.P. Druzyanova, T.I. Afanasieva

FSBEI HE Arctic state agrotechnological university
Yakutsk, Russia

Annotation. The article analyzes the phased development of the Engineering Faculty at the Arctic State Agrotechnological University of Yakutia. Agroengineering education in the North represents a unique blend of scientific knowledge and practical experience, adapted to the specific conditions of the region. The harsh climate and the unique characteristics of natural resources necessitate an appropriate approach to training specialists in the field of risky agricultural production. Therefore, the issues of developing agroengineering science in the North, which serve as the necessary foundation and basis for the implementation of effective teaching methods, are of utmost importance.

Key words: education, engineering education, agroengineering education, engineer training, educational program, faculty staff, scientific personnel.

Введение. Инженерное образование играет важную роль в технологическом прогрессе и развитии экономики любого государства. Ключевой фигурой в этом процессе является инженер, специалист, который превращает научные открытия в реальные, прикладные технологии. Каждое учебное заведение стремится создать условия для формирования у студентов навыков и знаний, которые позволят им стать успешными в этой области.

Материалы и методы. В 1956 году на базе педагогического института открыт Якутский государственный университет. Одним из факультетов университета стал сельскохозяйственный факультет с двумя отделениями – ветеринарным и зоотехническим.

Постановлением Совета Министров СССР № 592 от 28 июня 1985 г. и Приказом Минсельхоза СССР № 189 от 30 июля 1985 г. открыт Якутский сельскохозяйственный институт. В период становления института было создано два факультета: зооинженерный и ветеринарный (Приказ № 109 от 01.10.1994 г.) [2].

Результаты и обсуждение. Понимая важность механизации сельского хозяйства для подготовки специалистов, способных эффективно использовать

современные технологии и оборудование для повышения производительности и устойчивости сельского хозяйства в 1986 году на зооинженерном факультете создана кафедра механизации сельскохозяйственного производства и кормопроизводства. Заведующими работали (1986-1991 гг.), к.т.н., доцент К.П. Черноградский, (1991-1995 гг.), к.с.-х.н. доцент К.Г. Оконешников. В составе кафедры дисциплины по механизации сельского хозяйства вели К.П. Черноградский, Д.Е. Афанасьев, А.В. Федоров, Н.И. Ефимов, Е.А. Давыдов. В 1994г. зооинженерный факультет преобразован в агротехнологический (декан А.И. Бойнов, д.с.-х.н., профессор). В январе 1995 года по инициативе доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента Российской Академии естественных наук, члена-корреспондента Российской Академии естествознания Афанасьева Дмитрия Егоровича в Якутской государственной сельскохозяйственной академии была создана кафедра механизации и электрификации сельскохозяйственного производства.

С 1995-1996 уч. года на базе кафедры механизации и электрификации была открыта специальность 230100 Сервис и техническая эксплуатация транспортных машин и технологического оборудования в сельском хозяйстве.

Решением Учёного Совета № 102 от 29 июня 2006 г. с 1 сентября 2006 г. создан инженерный факультет со следующей структурой: деканат, кафедра энергомеханики (заведующий кафедрой, д.т.н., В.П.Гуляев); кафедра технологии ремонта машин и механизации сельскохозяйственного производства (заведующий кафедрой, к.т.н. В.П.Друзьянова).

В педагогический состав кафедры энергомеханики вошли доктора наук, профессора Гуляев В.П., Кузьмин В.Р., кандидат наук, доцент Ефимов Н.И., старшие преподаватели Парникова ТА., Герасимова Г.А., Кондакова Н.И., Иванов М.С., ассистенты Ноев Д.М., Христофоров И.И., Тимофеев П.У. Были привлечены доктора наук, профессора Афанасьев Д.Е., Омельяненко А.В., к.т.н. доцент Федоров В.Г., Иванов В.Н., Кычкин А.К., Афонская Г.П., ст. преподаватель Гуляев П.В., Дьяконова Д.П.

Педагогический состав кафедры «Технологии ремонта машин и механизации» состоял из к.т.н. доцента Друзьяновой В.П., к.т.н., ст. преподаватель Александрова Н.П., старших преподавателей Дмитриева Н.Е., Ушницкого И.Н., Семенова О.П., ассистента Оконешникова О.П., Яковлева А.А., ст. преподаватель Семенова О.П., внешние совместители д.т.н., профессор Афанасьев Д.Е., Викулов М.А.

Постановлением Ученого Совета № 117 от 31 января 2008 года инженерному факультету присвоено имя академика РАН доктора технических наук Ларионова Владимира Петровича.

В 2011 году приказом ректора ЯГСХА № 01/03 от 28.01.2011 г. на основании решения Учёного совета № 141 от 27.01.2011 г. кафедра энергомеханики была разделена на две кафедры: «Прикладная механика» (заведующий кафедрой, д.т.н., В.П. Гуляев) и «Энергообеспечение в АПК» (зав. кафедрой, к.п.н., Ч.Г. Машиев).

Педагогический состав кафедры «Прикладная механика» состоял из д.т.н. Гуляева В.П., Парниковой Т.А., Ноева Д.М., Аммосова И.Н., привлечены к преподавательской деятельности д.т.н. Викулов В.А., к.т.н. Гуляев П.В., Ноев И.И., Буслаева П.В., Иванов П.М.

В составе кафедры «Энергообеспечение в АПК» велись общепрофессиональные, естественно-научные дисциплины, дисциплины специализации, которые обеспечивали преподаватели: д.т.н., профессора Омельяненко А.В., Афанасьев Д.Е., к.т.н., доцент Машиев Ч.Г., Гоголев В.Е., Васильев П.Ф., Рожин И.И., Семенов Р.Н., старшие преподаватели Кондакова Н.И., Герасимова Г.А., Тимофеев П.У., Борисов А.А., ассистент Константинов А.А.

В 2011 году была создана кафедра Природообустройства (зав. кафедрой Ушницкий А.А.). В составе кафедры работали д.н., профессор Чахов Д.К., к.т.н., доценты Ущницкий А.А., Степанова Д.И., Сивцев И.Г., Румянцев В.А., Федорова Т.Н., Петухов И.С., ассистенты Гоголева Н.И., Пучнин А.Н., Соловьева Р.А., Самсонов Д.Д., Григорьев М.Ф., Корнилова Т.И.

В составе кафедры Технологический системы в АПК вели преподавательскую деятельность к.т.н. Матвеев И.Н., Друзьянова В.П., Александров Н.П., Иванов А.А., Горохова Н.К., Левин А.И., старшие преподаватели Аммосова А.К., Дмитриев Н.Е., Ушницкий И.Н., ассистенты Скрябина И.Ю., Мыреев И.С., Борисова О.А., Климов С.М., Жирков Н.П.

В 2017 году кафедра «Прикладная механика» была переименована в кафедру информационных технологий (заведующий кафедрой, к.э.н. И.В. Гоголева).

На основании Постановления Учёного совета ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ от 28 мая 2020 г. № 43/1 кафедра информационных технологий была переименована на кафедру информационных и цифровых технологий.

Преподавательский состав играет ключевую роль в подготовке инженерных кадров, так как именно от них зависит качество образования и уровень подготовки будущих специалистов.

Таблица 1 – **Показатели остепеннности профессорского состава кафедр инженерного факультета (1994-2024 гг.)**

№	Наименование кафедр, периоды	годы					
1	**1986-1994 гг.**	**1986**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
	Кафедра механизации сельскохозяйственного производства и кормопроизводства в т.ч. дисциплины по механизации с.-х.	-	-	-	-	-	(5/9,5) 52,6 % (3/4,5) 66,7 %
2	**1995-2006 гг.**	**1995**	**1999**	**2000**	**2002**	**2003**	**2005**
	Кафедра механизации и электрификации с.-х.	(5/8) 62,5 %	5,25/10,75 48,8 %	50 %	5,25/10,25 51,2 %	(6,8/12,95) 52,5 %	60,9 %
3	**2006-2010 гг.**	**2006**	**2007**	**2008**	**2010**		

	Кафедра энергомеханики	39,5 %	46,9 %	45,8 %	8,4/12,6 67,7 %		

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Кафедра технологии ремонта машин и механизации сельскохозяйственного производства	46,3 %	44,6 %	50 %	42,9 %		
4	**2011-2017 гг.**	**2012**	**2013**	**2016**	**2017**		
	Кафедра «Прикладная механика»	4,15/9,35 44,4 %	3,65/8,8 41,5 %	2,25/6,5 38,5 %	2/7,8 28,6 %		
	Кафедра «Энергообеспечение в АПК»	2,9/9,8 29,6 %	47,5 %	5,5/12,4 44,3 %	4,1/8,1 50 %		
	Кафедра «Технологические системы агропромышленного комплекса»	4,25/11,75 36,2 %	48,7 %	6,2/12,2 50,8 %	5/7,4 67,6 %		
	Кафедра природообустройства	4,25/6,25 68 %	61 %	8,2/10,5 78,1 %	9,5/16,7 56,9 %		
5	**2018-2024 гг.**	**2018**	**2021**	**2023**	**2024**		
	Кафедра информационных и цифровых технологий	4,1/8,6 47,7 %	4/7,5 53,3 %	3,95/10,4 37,9 %	3,8/9,4 40,4 %		
	Кафедра «Технологические системы агропромышленного комплекса»	4,5/8,7 51,7 %	5,0/7,75 64,5	4,8/6,9 69,6 %	4/5,5 72,7 %		
	Кафедра «Энергообеспечение в АПК»	6,25/11,15 56 %	6,4/9,65 66 %	5,35/8,1 66 %	5,8/9,5 61 %		

Изменения уровня остепенённости кафедр связаны со структурными изменениями кафедр, прикрепления дисциплин, открытием новых направлений подготовки

С 1995-96 уч. года открыта специальность 230100 Сервис и техническая эксплуатация транспортных машин и технологического оборудования (по направлениям) [3].

В 1999-2000 уч. г. осуществлён первый выпуск инженеров-механиков по очной форме [1].

Начиная с 1999-2000 уч. г. в соответствии с договором ЯГСХА и Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Саха (Якутия) часть выпускников получают дополнительную специализацию «Теплотехника и применение тепла в сельском хозяйстве» [10].

По специальности 230100 Сервис и техническая эксплуатация транспортных машин и технологического оборудования в сельском хозяйстве с 1997г. открыты специализации:

- 230101 Организация и технология технического сервиса (экономика технического сервиса; организация технического сервиса; проектирование

предприятий технического сервиса; технология ремонта машин; эксплуатация МП; транспорт в сельском хозяйстве);

- Электрификация и автоматизация сельскохозяйственных технологических процессов.

С 2000 года обеспечивается подготовка по специальности 110304.65 Технология обслуживания и ремонта машин в АПК. С 2014 г. 311900 Технология обслуживания и ремонта машин в АПК со специализациями:311901 Организация и технология технического сервиса; 311903 Сервис оборудования перерабатывающих предприятий; 311906 Теплотехническое и энергетическое оборудование в АПК.

В 2003 году при кафедре была открыта аспирантура по специальности 01.02.06 Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры.

С 2008 года 110301.65 Механизация сельского хозяйства.

С 2009 года осуществлён переход на двухуровневое образование по направлению подготовки бакалавров 110800.62 Агроинженерия (с 2014 года 35.03.06 Агроинженерия).

В 2010 году были открыты специальности: Природообустройство, Лесное хозяйство.

С 2014 г. на инженерном факультете реализуются следующие направления:

20.03.02 Природообустройство и водопользование, профиль – мелиорация, рекультивация и охрана земель;

21.03.02 Землеустройство и кадастры профиль – управление земельными ресурсами;

35.03.01 Лесное дело (профиль – рациональное многоцелевое использование лесов);

35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (профиль – лесоинженерное дело);

35.03.06 Агроинженерия (профили – технологические системы в агробизнесе, технический сервис в агропромышленном комплексе, энергообеспечение и теплотехническое оборудование в сельском хозяйстве);

16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

В 2017 году была получена лицензия по специальности среднего профессионального образования 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (Распоряжение о переоформлении лицензии от 07.03.2017 № 511-06).

Открыты два профиля по направлению 35.03.06 Агроинженерия – Энергообеспечение и теплотехническое оборудование в сельском хозяйстве и Информационные системы и технологии.

В последствии в 2018 году на базе инженерного и агротехнологического факультетов была организован факультет лесного комплекса и землеустройства (Постановление УС № 5 от 29.03.2018 г. На факультет были переданы направления бакалавриата Землеустройство и кадастры. Специальность среднего профессионального образования – 13.02.02 Теплоснабжение и

теплотехническое оборудование была передана организованному в этом же году колледжу технологий и управления (Постановление УС № 14 от 31.08.2018 г.)

В 2019 году получена лицензия по программе подготовка кадров высшей квалификации 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве [7].

В 2020 году начался приём по новым для факультета направлениям подготовки бакалавриата [4]: 09.03.02 Информационные системы и технологии (кафедра информационных и цифровых технологий) [6]; 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (кафедра энергообеспечение в АПК) [8]; 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (кафедра энергообеспечение в АПК) [8]; 15.03.02 Технологические машины и оборудование (Кафедра технические системы в АПК [5]; Программе магистратуры: 35.04.06 Агроинженерия [5].

Заключение. Высококвалифицированные преподаватели являются фундаментом качественного агроинженерного образования. Их профессионализм, научная активность и методическое мастерство обеспечивают подготовку специалистов, готовых эффективно решать сложные задачи и вносить значимый вклад в развитие сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Высшее аграрное образование Республики Саха (Якутия) / Якут. республик. обществ. организация «Ассоциация выпускников ЯГСХА»; [авт. кол.: А.В. Чугунов, д.с.-х.н., проф. и др.; редкол.: Л.Н. Владимиров, д.биол.н., проф. и др.; сост. : П.П. Брызгалов и др.]. – Якутск : 2014 – Т. 3: Якутская государственная сельскохозяйственная академия, (1996-2015 гг.) / [авт. кол.: А.В. Чугунов, д.с.-х.н., проф. и др.; редкол.: А.В. Чугунов, И.И. Слепцов]. – 2016 с. – 496 с.

2. Высшее аграрное образование Республики Саха (Якутия) / ФГБОУ ВО ЯГСХА, ЯРОО «Ассоциация выпускников ЯГСХА»; [авт.кол.: А.В. Чугунов, д.с.-х.н.к., проф. и др.; редкол.: А.В. Чугунов, д.с.-х.н., проф. и др.; сост. : П.П. Брызгалов и др.]. – Якутск : 2016 – Т. 2 : Якутский сельскохозяйственный институт. 1986-1995 гг. – Якутск : Типография «СМИК», 2016. – 576 с.

3. Лицензия на право ведения образовательной деятельности № 16. Г-532 от 03.04.1994 г.

4. Лицензия на право ведения образовательной деятельности № 24 Г -0993 от 08.06.2000 г.

5. Приказ о переоформлении лицензии от 27.02.2018 № 254.

6. Приказ о переоформлении лицензии от 22.05.2019 № 700.

7. Приказ о переоформлении лицензии от 02.07.2019 № 927.

8. Приказ о переоформлении лицензии от 02.06.2020 № 629.

9. Распоряжение о переоформлении лицензии от 07.03.2017 № 511-06.

10. Якутская государственная сельскохозяйственная академия / Авт. – сост.: Владимиров Л.Н. [и др.] – Якутск : Бичик, 2000. – 144 с.

Сведения об авторах

Друзьянова Варвара Петровна – доктор технических наук, заведующая кафедрой эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис автодорожного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677000, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, тел.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Афанасьева Татьяна Ивановна – старший преподаватель кафедры «Энергообеспечение в АПК»" Арктического государственного агротехнологического университета. ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ, 677007, Россия, республика Саха (Якутия), Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, 3, тел. 89241764164, e-mail: tanafan42@gmail.com.

Information about the authors

Druzyanova Varvara P. – doctor of technical sciences, head of the department of motor transport operation and car service of the road faculty, North-Eastern federal university named after I.I. M.K. Ammosova (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, tel.: 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Tatiana Ivanovna A. – senior lecturer at the department of "energy supply in agriculture" of the Arctic state agrotechnological university. FSBEI of HE Arctic GATU, 677007, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye Highway, 3 km, house 3, phone +79241764164, e-mail: tanafan42@gmail.com.

УДК 378.046.4

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 35.03.06 АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Е.В. Елтошкина, Т.В. Бодякина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Прикладная составляющая является основой для формирования профессиональных компетенций студента при получении технического и технологического образования. При этом нужно выделить важное значение курса высшей математики, которое заключается в применении основ методов исследований, анализа и проектирования технических и технологических систем.

В данной статье предложены методы формирования профессиональных компетенций у студентов направления 35.03.06 Агроинженерия Иркутского ГАУ. Приведены примеры оптимизационных задач в агроинженерии, а также описан способ решения частной задачи систем массового обслуживания. Описаны этапы математического моделирования оптимизационных задач. Представленная задача показывает широкие возможности математического моделирования при изучении естественно-научных, технических, технологических и экономических процессов.

Ключевые слова: задача, агроинженерия, оптимизация, моделирование, образование.

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES IN STUDENTS OF THE DIRECTION 35.03.06 AGROENGINEERING

E.V. Eltoshkina, T.V. Bodyakina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The applied component is the basis for the formation of professional competencies of a student when receiving technical and technological education. At the same time, it is

necessary to highlight the importance of the course of higher mathematics, which consists in the application of the basics of research methods, analysis and design of technical and technological systems.

This article proposes methods for the formation of professional competencies in students of the direction 35.03.06 Agroengineering of Irkutsk state agrarian university. Examples of optimization problems in agricultural engineering are given, and a method for solving a particular problem of mass service systems is described. The stages of mathematical modeling of optimization problems are described. The presented problem demonstrates the wide possibilities of mathematical modeling in studying natural-scientific, technical, technological and economic processes.

Key words: problem, agricultural engineering, optimization, modeling, education.

Введение. Прикладная составляющая является основой для формирования профессиональных компетенций студента при получении технического и технологического образования. При этом нужно выделить важное значение курса высшей математики, которое заключается в применении основ методов исследований, анализа и проектирования технических и технологических систем. В конечном итоге каждый студент должен понимать процессы математического моделирования, так как в реальной жизни на производстве они сталкиваются каждодневно с унисоном физических, информационных, математических, социальных, экономических задач и проблем [1, 2, 3, 5].

Материалы и методы. Планирование и управление производством позволяет показать межпредметную расширенную связь высшей математики, физики, информатики и системного программирования. На занятиях по высшей математике студентам предлагаются примеры применения различных разделов в профессиональной деятельности агроинженера [4, 7, 9].

Результаты и обсуждение. Дипломированный бакалавр по направлению 35.03.06 Агроинженерия, должен быть готов к осуществлению следующих видов деятельности:

- Производственно-технологической;
- Проектной;
- Научно-исследовательской;
- Организационно-управленческой.

При изучении дисциплины «Высшая математика» мы прививаем компетенции, применяемые в дальнейшем для моделирования процессов, то есть формализации практических задач планирования [6, 10].

При моделировании выделяются следующие этапы:

- Постановка задачи;
- Формализация задачи;
- Составление математической модели;
- Анализ результатов моделирования.

В процессе обучения студентам необходимо научиться решать задачи по оптимизации процессов, видов деятельности, ресурсов при наложенных ограничениях, условиях.

Рассмотрим примеры задач, решаемые со студентами по моделированию явлений, процессов.

Модель ёмкости определяет допустимую разность выходных и входных потоков, при которой за время заданного интервала оперативного управления не произойдёт её переполнения. Для ёмкости S_1:

$$\frac{I_O^{(S_1)}-I_H^{(S_1)}}{T-t_o} \le \left| y_1^{(S_1)} - x_1^{(S_1)} \right| \le \frac{I_B^{(S_2)}-I_O^{(S_2)}}{T-t_o}.$$

Для ёмкости S_2:

$$\frac{I_O^{(S_2)}-I_H^{(S_2)}}{T-t_o} \le \left| y_1^{(S_2)} + y_2^{(S_2)} - x_1^{(S_2)} \right| \le \frac{I_B^{(S_2)}-I_O^{(S_2)}}{T-t_o}$$ и т.д.

Модели связей производства с внешним миром задаются в виде либо фиксированных на определённом уровне, либо усреднённых за интервал $(T - t_o)$ значений сырьевых потоков и некоторых потоков готовых продуктов:

$$x_1^{(S_1)}(t) = x_1^{(S_1)} = const;\ y_1^{(S_3)}(t) = y_1^{(S_3)} = const.$$

Ограничения на продукцию со стороны календарного плана

$$y_2^{(S_2)} \ge \frac{Q''^{(S_2)}_{y_2}}{T-t_O},\ y_1^{(S_3)} \ge \frac{Q''^{(S_3)}_{y_1}}{T-t_O}.$$

В случае минимизации отклонения от заданий календарного плана:

$$F_1 = \min_{x,y} \left\{ \gamma_1 \left[\frac{Q''^{(S_2)}_{y_2}}{T-t_O} - y_2^{(S_2)} \right] + \gamma_2 \left[\frac{Q''^{(S_3)}_{y_1}}{T-t_O} - y_1^{(S_3)} \right] \right\}.$$

Например, выпускники инженерного факультета аграрного вуза должны уметь заниматься оперативным управлением производства, оперативным планированием, воздействия которого определяют и влияет на основные характеристики работы производства в интервале от нескольких часов до нескольких суток.

При этом рассматриваются классы производств, которые обладают следующими свойствами:

- Перечень выпускаемой продукции каждой установкой и всем производством в целом постоянен и не зависит от рассматриваемого интервала времени;

- Все установки и производство в целом работают в одном из возможных режимов (при этом остановки могут быть вызваны аварийными ситуациями, плановыми ремонтными работами, переполнениями ёмкостей);

- Технологические установки, входящие в производство, имеют либо непрерывный режим работы, либо периодический режим работы, но в последнем случае период работы должен быть немного меньше рассматриваемого интервала оперативного управления, чтобы периодичностью режима можно было бы пренебречь.

К производствам указанного класса относятся подавляющее большинство заводов минеральных удобрений и пищевой промышленности, цехов и перерабатывающих заводов.

Для таких производств оперативное управление заключается в определении текущих нагрузок на установки, входящее в производство. Эти нагрузки должны компенсировать возникающие возмущения, способствовать выполнению заданного календарного плана, улучшать технико-экономические показатели работы производства.

При этом объектом оперативного управления является некоторый выделенный технологический комплекс (участок, цех, производство, завод, комбинат), состоящий из взаимосвязанных материальными потоками установок и разделяющих их ёмкостей.

Приведём задачу оптимизации ремонтных бригад и характеристик СМО. В некотором регионе происходит массовое отключение фидеров электропередач при пониженных температурах и усиленном ветре. При этом поток отключений электрических сетей в районе достиг 11 штук за смену продолжительностью 8 ч. В среднем на устранение повреждений затрачивается 2 ч. Определите:

- Количество ремонтных бригад, при котором поступающая очередь устранения не будет бесконечной и соответствующие характеристики СМО;
- Оптимальное число ремонтных бригад и характеристики СМО в этом случае. Провести сравнение.

Решение: 1. По условию задачи имеем: $\lambda = \frac{11}{8} = 1{,}38$ 1/ч; $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{2} =$ 0,5 1/ч; $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1{,}38}{0{,}5} = 2{,}76.$

При выполнении условия $\frac{\rho}{n} < 1$ очередь не будет возрастать до бесконечности, то есть при $n > \rho = 2{,}76$. Округляя, получим, что минимальное число бригад следует принять равным 3.

2. Определим вероятности состояний СМО при $n = 3$. Вероятность того, что в систему не поступят заявки об отключениях находим по формуле:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \frac{\rho^3}{3!} + \cdots + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{2{,}76}{1!} + \frac{2{,}76^2}{2!} + \frac{2{,}76^3}{3!} + + \cdots + \frac{1{,}5^3}{3!(3-2{,}76)}\right)^{-1} = 0{,}02.$$

Значит, в среднем 2 % от общего объёма сетей не потребуют ремонтных работ.

И тогда можно найти вероятность для определения очереди в СМО:

$$p_{оч} = \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} p_0 = \frac{2{,}76^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot (3-2{,}76)} = 0{,}81.$$

3. Теперь можно рассчитать показатели эффективности для данной СМО:

- Среднее число заявок в очереди

$$\bar{r} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{n \cdot n! \left(1 - \frac{\rho}{n}\right)^2} = \frac{2{,}76^4 \cdot 0{,}02}{3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{2{,}76}{3}\right)^2} = 10{,}07;$$

- Среднее время ожидания заявки в очереди

$$\bar{t}_{оч} = \frac{1}{\lambda} \bar{r} = \frac{1}{1{,}38} \cdot 10{,}07 = 7{,}30 \text{ ч};$$

- Среднее число отключенных фидеров

$$\bar{z} = \bar{r} + \rho = 10{,}07 + 2{,}76 = 12{,}83;$$

- Среднее время нахождения потребителей в отключенном состоянии

$$\bar{t}_{сист} = \frac{1}{\lambda} \bar{z} = \frac{1}{1{,}38} \cdot 12{,}83 = 9{,}30 \text{ ч}.$$

Для решения задач по оптимизации необходимо записать критерий оптимизации по устранению повреждений в электрических сетях. Рассчитаем относительную величину затрат по формуле:

$$C_{\text{отн}} = \frac{1}{\lambda} n + 3\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{1}{1{,}38} \cdot 3 + 3 \cdot 7{,}30 = 24{,}07.$$

Анализ рассчитанных характеристик эффективности СМО показал, что наличии трёх бригад недостаточно для устранения аварийных отключений.

4. Для определения оптимального числа ремонтных бригад были вычислены показатели эффективности системы массового обслуживания при различном количестве ремонтных подразделений. Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Показатели эффективности системы массового обслуживания**

Характеристика СМО	**Число ремонтных бригад**				
	3	**4**	**5**	**6**	**7**
Вероятность простоя ремонтной бригады	0,02	0,05	0,06	0,06	0,06
Число заявок в очереди	10,07	0,87	0,22	0,02	0,02
Время ожидания в очереди, ч	7,30	0,63	0,16	0,01	0,01
Относительная величина затрат, ед.	24,07	4,76	4,10	4,38	5,10

Минимальные затраты получаются при оптимальном $n_{\text{опт}} = 5$. Проведенными дополнительными расчетами других показателей эффективности системы массового обслуживания для $n = 5$ установленно, что $p_{\text{оч}} = 0{,}03$; $\bar{t}_{\text{сист}} = 2{,}16$ ч.

5. Сравнительный анализ полученных результатов в пп. 2 и 3 показал, что при числе ремонтных бригад $n = 5$ существенно снижается вероятность возникновения очереди $p_{\text{оч}}$ для устранения отключений фидеров, длина очереди $\bar{r}$ и среднее время пребывания заявки в очереди $\bar{t}_{\text{оч}}$. При этом достигается минимальное значение относительной величины затрат на устранение неполадок.

Заключение. Данная разобранная задача показывает широкие возможности математического моделирования при изучении естественно-научных, технических, технологических и экономических процессов. Результаты проведённого исследования свидетельствуют о необходимости выявления взаимосвязи между всеми сферами профессиональной деятельности, что позволит избежать выгорания и возможности роста профессиональных компетенций.

Список литературы

1. *Бендик, Н.В.* Становление профессионально важных качеств студентов аграрного вуза средствами кураторской работы / *Н.В. Бендик* // Инновационные технологии производства конкурентоспособной, экологически безопасной продукции животноводства: Материалы международной научно-практической конференции, Чита, 25 апреля 2024 года. – Чита : Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 371 - 376.

2. *Борисова, С.М.* Практико-ориентированное обучение как средство активизации подготовки специалистов / *С.М. Борисова* // Практико-ориентированное обучение: опыт и современные тенденции: Сборник статей по материалам учебно-методической конференции, Краснодар, 01-30 апреля 2017 года. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 141 - 142.

3. *Грисюк, В.Р.* Программы инженерных расчётов / *В.Р. Грисюк, Д.В. Еремина* // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : Сборник материалов LIV Студенческой научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Тюмень, 19-20 марта 2020 года. Том Часть 2. – Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – С. 299 - 302.

4. *Жолудева, В.В.* Особенности преподавания математики в сельскохозяйственном вузе / *В.В. Жолудева* // Актуальные проблемы экономики, образования и общества : сборник научных трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции, Ярославль, 02 февраля 2023 года / Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2023. – С. 39 - 47.

5. *Зубина, В.А.* Сравнительный анализ методов решений оптимизационных задач для сельскохозяйственного машиностроения / *В.А. Зубина, Т.З. Годжаев* // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 11 - 16. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-11-16.

6. *Зубрилина, Е.М.* Подходы к формированию компетенций студентов инженерных направлений подготовки / *Е.М. Зубрилина* // Научный форум : Педагогика и психология: Сборник статей по материалам XI международной научно-практической конференции. Том 9 (11) : Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования», 2017. – С. 44 - 48.

7. *Кузнецов, П.Н.* К вопросу о математическом моделировании в агроинженерии / *П.Н. Кузнецов, И.П. Кузнецов* // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6, № 2.

8. *Тронев, С.В.* Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Современные проблемы науки и производства в агроинженерии» / *С.В. Тронев, И.П. Скворцов* ; Волгоградский государственный аграрный университет. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – 20 с.

9. *Федоренко, И.Я.* Оптимизация в агроинженерии. Компьютерный практикум / *И.Я. Федоренко.* – Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – 101 с.

10. *Шатога, Д.Е.* Роль математики в сфере инженерии / *Д.Е. Шатога, Н.Д. Харитонова* // Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии АПК : Сборник всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Омск, 05 февраля 2020 года. – Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 456 - 458.

Сведения об авторах

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89041292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru.

Бодякина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования ИЭУиПИ. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru.

Information about the authors

Eltoshkina Evgenia V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of mathematics, irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89041292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru.

Bodyakina Tatyana V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of computer science and mathematical modeling, IEMPI. Irkutsk state agrarian university named

after A.A. Ezhevsky, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru.

УДК 316.614

К ВОПРОСУ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТАМИ ИНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТА ИРКУТСКОГО ГАУ

С.Е. Ильин, А.А. Бричагина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье приводятся результаты анкетирования студентов выпускного курса, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия на инженерном факультете Иркутского ГАУ. Исследование проводилось с целью получения обратной связи от студентов при выполнении выпускной квалификационной работы. Наличие обратной связи от обучающихся в отношении того насколько, по их мнению, эффективно реализуется данный этап подготовки бакалавров в вузе является важным инструментом управления качеством образовательного процесса.

Ключевые слова: образовательная программа, выпускная квалификационная работа, агроинженерия, профессиональные компетенции, выпускник вуза.

TO THE QUESTION OF EXECUTION OF THE FINAL QUALIFICATION WORK BY STUDENTS OF THE ENGINEERING FACULTY OF IRKUTSK SAU

S.E. Ilyin, A.A. Brichagina

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article presents the results of a survey of final-year students studying in the 35.03.06 Agroengineering program at the engineering faculty of Irkutsk state agrarian university. The study was conducted to obtain feedback from students when completing their final qualifying work. Feedback from students on how effectively, in their opinion, this stage of bachelor's training at the university is implemented is an important tool for managing the quality of the educational process.

Key words: educational program, final qualifying work, agricultural engineering, professional competencies, university graduate.

Введение. Наличие обратной связи от обучающихся в отношении того насколько эффективно осуществляется выполнение выпускной квалификационной работы при подготовке бакалавров в вузе, является важным инструментом управления качеством образовательного процесса.

Материалы и методы. Государственная итоговая аттестация (ГИА) является составной частью основной профессиональной образовательной программы по направлению 35.03.06 Агроинженерия. ГИА проводится на завершающем этапе обучения после прохождения теоретического обучения и всех видов практик, предусмотренных учебным планом, по направлению подготовки 35.03.06 и включает в себя выполнение и защиту выпускных квалификационных работ. Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения, критерии оценки защиты работ устанавливаются в программе государственной итоговой аттестации [6].

Результаты и обсуждение. В соответствии с программой ГИА проводится государственной экзаменационной комиссией для установления формирования всех универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций и типов задач профессиональной деятельности, установленных образовательной программой.

С целью повышения качества учебного процесса при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия, было проведено исследование для получения обратной связи от студентов при выполнении выпускной квалификационной работы путём анкетирования в начальный период календарного срока выполнения ВКР в 2023-2024 учебном году. В статье приведены результаты анкетирования всех допущенных к защите ВКР студентов в количестве 23 человек. Анкета содержала в основном закрытые вопросы. При составлении анкеты ориентировались на опыт исследований по аналогичным темам [3, 7, 10, 11].

При переходе на трёхуровневую систему образования сроки выполнения ВКР значительно сократились, в соответствии с образовательной программой на выполнение выпускной квалификационной работы отводится шесть недель. Поэтому, когда студенты в начале четвёртого курса выезжают на производственную эксплуатационную практику перед ними, стоит задача предварительно определиться с темой ВКР [2].

Тем не менее, на вопрос «Когда Вы определились с темой ВКР?» только два человека – 8,7 % ответили, что на третьем курсе; ещё 8,7 % – в первом семестре четвёртого курса после прохождения производственной практики. Подавляющее большинство 82,6 % сформулировало тему ВКР во втором семестре четвёртого курса, из них 43,5 % в апреле. Нужно отметить, что студенты, которые определились с темой ВКР на третьем курсе, являлись активными участниками научного студенческого кружка «Инженер», функционирующего на инженерном факультете.

На вопрос о выборе тем для ВКР 47,8 % респондентов ответили, что выбрали тему самостоятельно, опираясь на свой личный практический опыт, что говорит о достаточно высокой эффективности производственных практик. Столько же студентов (47,8 %) работали над темами, предложенными руководителем, и только один человек (4,3 %) выбрал тему самостоятельно после того, как «Нашёл идею в интернете, книге, журнале и т.п.». Большое количество выпускников, работавших над темами, предложенными руководителями,

говорит об их ориентации на минимизирование усилий, большой зависимости от руководителя, неготовности к самостоятельному научному поиску [5].

На вопрос о том, когда Вы определились с выбором руководителя ВКР, «На третьем курсе» ответило 8 человек (34,8 %), «В первом семестре четвертого курса» – 8 человек (34,8 %) и остальные 7 человек (30,4 %) – во втором семестре четвёртого курса. При этом, при выборе руководителя, выпускники в большей степени ориентировались на личностные, а не на профессиональные качества преподавателей и на рекомендации выпускников предыдущих лет.

На вопрос «Насколько Вы удовлетворены общением с руководителем ВКР?» студентам были предложены следующие ответы: «Удовлетворён полностью», «Удовлетворён не полностью» и «Не удовлетворён». В результате, 100 % опрошенных отметили, что удовлетворены общением с преподавателем полностью. Нужно отметить, что, так как анкетирование проводилось в самом начале календарного срока, отведённого на выполнение ВКР, на ответы не оказали влияние итоговые оценки, полученные выпускниками на защите ВКР.

Следующий блок вопросов был связан с освоением профессиональных компетенций. Участникам исследования предлагалось оценить свои умения и навыки, необходимые для выполнения наиболее трудоёмких частей выпускной квалификационной работы (технологической и конструкторской).

Так на вопрос «Будете ли обращаться за помощью при выполнении технологических расчётов?» были получены следующие ответы: могу самостоятельно выполнить технологические расчеты – 26,1 %; мне нужна консультация при выполнении технологических расчетов – 56,5 %; мне нужна помощь при выполнении технологических расчётов – 17,4 %; мне нужно чтобы кто-то другой выполнил технологические расчеты – 0 %.

На вопрос «Будете ли обращаться за помощью при выполнении конструкторских расчётов?» 34,8 % студентов ответили, что могут самостоятельно выполнить конструкторские расчеты; 56,5 % нуждаются в консультации при выполнении конструкторских расчётов и 8,7 % нуждаются в помощи при выполнении конструкторских расчётов.

На вопрос о том, будут ли студенты обращаться за помощью при выполнении графической части ВКР, 16 человек (69,6 %) ответили, что планируют самостоятельно выполнять чертежи, 7 человек (30,4 %) ответили, что нуждаются в помощи при выполнении чертежей. Ответ «мне нужно чтобы кто-то другой выполнил чертежи» не выбрал никто.

При этом на предложение оценить своё умение пользоваться программой «Компас» для выполнения графической части ВКР 17,4 % респондентов выбрали оценку «Отлично», 60,9 % – «Хорошо», 17,4 % – «Удовлетворительно» и один человек (4,3 %) – «Плохо».

По полученным ответам можно судить, о достаточно высоком уровне уверенности студентов в качестве их подготовки по общепрофессиональным и профильным дисциплинам образовательной программы.

Считается, что на качество выполнения ВКР в значительной степени оказывает влияние участие студентов в научно-исследовательской работе, что

исследования, проводимые студентами ранее, могут быть продолжены и развиты в ВКР. Например, в результате анкетирования было установлено, что более половины выпускников имеют опыт участия в научной деятельности – 52,2 % опрошенных имеют опубликованные научные работы и опыт участия в научных студенческих конференциях в период обучения в университете.

Несмотря на это, только у трёх студентов (13 %) научно-исследовательская работа переросла в ВКР, что косвенно говорит о низкой эффективности НИР студентов при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия [1, 4, 9].

Написание ВКР и защита её перед Государственной экзаменационной комиссией – интеллектуально и эмоционально напряжённые этапы в жизни студента. Поэтому было важно выяснить, насколько студенты выпускного курса в начальный период выполнения ВКР подвержены переживаниям по поводу выполнения и защиты ВКР [8, 11].

На предложение оценить степень своих переживаний по поводу написания ВКР, 47,8 % выпускников выбрали ответ «Очень сильные»; 13 % – «Сильные»; остальные 39,1 % – «Я немного переживаю». Ответ «Я вообще не переживаю» не выбрал никто.

Похожие ответы были получены на предложение «Оцените степень своих переживаний по поводу защиты ВКР». Вариант «Очень сильные» выбрало 43,5 % респондентов; «Сильные» – 34,8 %; «Я немного переживаю» – 21,7 %. Ответ «Я вообще не переживаю» так же не выбрал никто. Все опрошенные причиной своих переживаний указали малое количество времени для выполнения ВКР.

Несмотря на имеющиеся переживания, 73,9 % опрошенных отметили, что планируют защитить ВКР на оценку «Отлично»; 21,8 % – на «Хорошо» и 4,3 % (один человек) на оценку «Удовлетворительно». Никто из опрошенных (допущенных к защите ВКР) не высказал сомнений, что сможет защититься.

В настоящее время большинство студентов, обучающихся в высших образовательных учреждениях, вынуждены работать в период учёбы, что иногда является помехой для своевременного выполнения ВКР. На момент опроса 43,5 % респондентов подрабатывало время от времени и 4,3 % (один человек) имел постоянное место работы.

По специальности в будущем планирует работать более половины опрошенных – 56,5 %; только один человек (4,3 %) не планирует это делать, остальные 39,1 % на вопрос ответили «Как получится».

При этом желание продолжить обучение в магистратуре высказало относительно небольшое количество выпускников. На инженерном факультете по направлению «Агроинженерия» – 43,5 %; в Иркутском ГАУ, но на другом факультете – 8,7 % (два человека), в другом вузе – 4,3 % (один человек), возможно, позже – 34,8 %; и не планировало поступать в магистратуру – 8,7 % (два человека). Полученные результаты связаны с тем, что почти половина выпускников (39,1 %) изъявило желание сразу после бакалавриата отслужить в рядах Вооруженных Сил Российской Федерации.

Заключение. Для получения более полной картины об удовлетворённости выпускниками выполнением ВКР необходимо провести итоговое анкетирование с использованием аналогичных вопросов после защиты ВКР и получения итоговых оценок [12]. Постоянный мониторинг образовательного процесса, в том числе, выполнения выпускных квалификационных работ является основой трансформации и улучшения качества образования в вузе.

Список литературы

1. *Бердников, А.С.* Научный студенческий кружок «Инженер» / *А.С. Бердников* // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона : Сборник науч. тез. студ. – Иркутск : Иркутский ГАУ, 2019. – С. 34 - 35.

2. *Бричагина, А.А.* К вопросу практико-ориентированного обучения в аграрном вузе / *А.А. Бричагина, В.В. Пальвинский* // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Матер. междунар. науч.-практ. конф., Часть 1. – Красноярск : КрасГАУ, 2020. – С. 10 - 12.

3. *Бричагина, А.А.* Оценка удовлетворённости студентов Иркутского ГАУ производственной практикой / *А.А. Бричагина, С.Н. Ильин, В.В. Пальвинский* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Матер. X Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских И.П. – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2022. – С. 316 - 322.

4. *Бричагина, А.А.* Студенческий научный кружок – эффективная форма научно-исследовательской деятельности студентов / *А. А. Бричагина, А.Е. Пасынкова* // Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодёжи : Матер. регион. науч.-практ. конф., посвященной Году педагога и наставника. – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2023. – С. 35 - 38.

5. *Довгая, Н.А.* Проблемы эффективности научно-исследовательской деятельности студентов / *Н.А. Довгая* // Миссия современного преподавателя: духовность, патриотизм, профессия : Сб. научн. Труд. участников междунар. конф. мол. учёных светских и духовных учебных заведений «Молодой преподаватель ВУЗа – доверенное лицо государства». – Сочи : Курское отделение РоСМУ, 2015. – С. 37 - 40.

6. *Иовлев, Г.А.* Методическое обеспечение государственной итоговой аттестации / *Г.А. Иовлев* // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 4. – С. 68 - 74.

7. *Кашук, Л.И.* Модель оценки качества деятельности вузов, ориентированная на ожидания потенциальных потребителей его образовательных услуг / *Л.И. Кашук, Б.Т. Мусалимова* // Статистика, учет и аудит. – 2018. – № 2 (69). – С. 45 - 50.

8. *Коваленко, Ю.А.* Развитие творческого потенциала студентов в процессе курсового и дипломного проектирования / *Ю.А. Коваленко, Г.И. Гарипова, А.А. Халилова* // Российские регионы как центры развития в современном социокультурном пространстве : сб. науч. ст. материалы 5-й Всерос. науч.-практ. конф. – Курск : ЮЗГУ, 2019. – С. 176 - 181.

9. *Рачкова, О.Г.* Влияние НИР студентов на повышение качества курсового и дипломного проектирования по профилю «Проектирование зданий» / *О.Г. Рачкова* // Качество высшего и профессионального образования в постиндустриальную эпоху: сущность, обеспечение, проблемы : матер. 10-й междунар. науч.-практ. конф. Часть 1. – Казань : КГАСУ, 2016. – С. 376 - 381.

10. *Швед, М.В.* Мониторинг удовлетворенности качеством образовательных услуг в вузе / *М.В. Швед* // Система менеджмента качества в современном университете : достижения, проблемы и перспективы : Матер. науч.- практ. конф. – Витебск : ВГУ им. П.М. Машерова, 2010. – С. 201 - 204.

11. *Sabirova, R.Sh.* Academic stress at different yearsof study / *R.Sh. Sabirova, M.M. Umurkulova, B.C.H. Kuo* // Bulletin of the Karaganda university. Pedagogy series. – 2020. – Vol. 100, No. 4. – P. 71 - 78.

12. *Shamalova E.V.* Russian profile universities students' educational services quality perception and satisfaction assessment / *E.V. Shamalova, E.A. Kostromina, L.V. Zasova, Yu.V. Kosolapov* // Service Plus. – 2022. – Vol. 16, No. 2. – P. 95 - 105.

Сведения об авторах

Ильин Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.

Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

Information about the authors

Ilin Sergey N. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru

Brichagina Anastasia A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Irkutsk state agrarian university, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel.: 89500624935, e-mail: anabri8t@gmail.com.

УДК 373.032

ПРИМЕНЕНИЕ ВОСПИТАТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В КОЛЛЕДЖЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ ГАУ

А.В. Косарева, А.И. Аносова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Одним из важных аспектов в развитии общества является применение воспитательных мероприятий. Эти мероприятия направлены на формирование ценностей, социальных навыков, культуры и морали у людей. История применения подобных мероприятий богата многочисленными примерами [1, 2, 4, 9].

В статье проведено исследование по выявлению качества применения воспитательной работы в колледже автомобильного транспорта и агротехнологий. Исследование проводилось на студентах второго курса по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте на базе 11 классов». Данная работа помогает выявить общую картину и помочь оценить эффективность текущей работы, выявить проблемные моменты,

указывающие на необходимость усиления определённых направлений воспитательной деятельности.

Ключевые слова: воспитательные мероприятия, воспитательная работа, образовательный процесс, колледж, студент.

APPLICATION OF EDUCATIONAL MEASURES IN THE COLLEGE OF AUTOMOBILE TRANSPORT AND AGROTECHNOLOGIES FSBEI HE IRKUTSK SAU

A.V. Kosareva, A.I. Anosova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. One of the important aspects in the development of society is the use of educational activities. These activities are aimed at forming values, social skills, culture and morality in people. The history of the use of such activities is rich in numerous examples.

The article contains a study to identify the quality of the use of educational work in the college of automobile transport and agricultural technology. The study was conducted on second-year students majoring in «Organization of transportation and management in transport based on 11 classes». This work helps to identify the overall picture and help assess the effectiveness of current work, identify problematic issues indicating the need to strengthen certain areas of educational activity.

Key words: educational activities, educational work, educational process, college, student.

Введение. Изучение применения воспитательных мероприятий в колледже является важным и необходимым аспектом образовательного процесса. Воспитательная работа в колледже направлена на развитие личности студента, формирование его ценностей, навыков и компетенций, которые необходимы для успешной социализации и дальнейшей профессиональной деятельности [9].

Результаты и обсуждение. Во-первых, применение воспитательных мероприятий способствует развитию у студентов социально-личностных качеств, таких как коммуникативные навыки, лидерские способности, толерантность, эмоциональный интеллект и другие. В рамках таких мероприятий студенты также могут принять участие в различных культурных, спортивных, творческих и общественных активностях, что способствует формированию их интересов и хобби, а также развитию их творческого потенциала [10, 11].

Во-вторых, применение воспитательных мероприятий помогает студентам укрепить их профессиональную идентичность. Колледж может организовывать встречи с представителями различных профессий, мастер-классы, тематические выставки и ярмарки вакансий, что способствует формированию у студентов более чёткого представления о выборе будущей профессии и развитию их профессиональных навыков [3, 5, 7].

В-третьих, применение воспитательных мероприятий способствует формированию у студентов активной гражданской позиции. Студенты могут принимать участие в общественно-политических дискуссиях, благотворительных акциях, волонтерской и общественной работе, что помогает им

осознать свою роль в обществе и стать активными участниками социальной жизни [6, 10].

Таким образом, изучение применения воспитательных мероприятий в колледже является актуальной задачей, которая способствует не только всестороннему развитию студентов, но и служит подготовкой к их активному участию в жизни общества и успешной профессиональной деятельности [5, 8,].

Для того чтобы выявить качество применения воспитательной работы в колледже агротехнологий и автомобильного транспорта, был проведён опрос студентов.

В тоже время, опрошенные студенты определяют основными формами воспитательной работы используемые в колледже: посещение мероприятий в колледже – 45 %, разъяснения студентам правил внутреннего распорядка в учебных корпусах, общежитиях – 30 % и контроль за успеваемостью и посещаемостью студентов – 25 %.

На вопрос «Наличие работы студенческих общественных организаций?» студенты ответили следующим образом:

- Профсоюзная организация – 96,6 %;
- Студенческий совет – 100 %;
- Совет студенческого общежития – 38 %;
- Студенческие клубы, ассоциации, творческие коллективы – 96 %;
- Наличие студенческих отрядов – 83 %.

Основываясь на представленных данных, можно сделать следующие выводы: студенческая молодёжь в целом хорошо информирована о наличии и работе студенческих общественных организаций в колледже автомобильного транспорта и агротехнологий, студенческие общественные организации активно участвуют в воспитательной работе вуза, о чём свидетельствуют высокие показатели осведомлённости студентов об их деятельности.

Большинство опрошенных студентов воспринимают воспитательную деятельность колледжа, а также их участие и заинтересованность в проводимых мероприятиях.

При оценке воспитательной работы по пятибалльной шкале, наивысшую оценку «5» получили организация культурно-массовых мероприятий и деятельность студенческого актива (30 % студентов). Оценку «4» получила пропаганда и внедрение физической культуры и здорового образа жизни (26,6 % студентов). Организация мероприятий по гражданско-патриотическому направлению и правовой культуре получила оценку «3» (10 % студентов). Затруднились оценить 3,4 % респондентов. Эти данные представлены на рисунке 1.

Таким образом, студенты наиболее высоко оценили организацию культурно-массовых и спортивных мероприятий, что позволяет предположить, что они чаще всего посещают именно такие активности.

Вместе с тем, более низкие оценки по другим направлениям воспитательной работы указывают на необходимость усиления организации мероприятий в этих сферах. Социальное развитие личности студентов,

предполагающее творческую самореализацию, должно стать ведущим направлением воспитательной деятельности.

Ключевая идея заключается в том, что высокие оценки культурно-массовых и спортивных мероприятий свидетельствуют об их популярности среди студентов, но низкие оценки по другим направлениям указывают на необходимость усиления работы в этих областях, с акцентом на социальное развитие и творческую самореализацию студентов.



Рисунок 1 – **Оценивание по 5-балльной шкале воспитательную работу колледжа**

Ответы на следующий вопрос «Организация и проведение воспитательной работы?» подтверждают предыдущие выводы. Внеучебное время создаёт оптимальные условия для раскрытия творческих способностей, талантов студентов, всестороннего развития личности, а также приобретения организаторских и управленческих навыков, необходимых будущим специалистам.

Так, 76,6 % студентов отмечают высокий уровень проведения и участия в студенческих фестивалях, смотрах и конкурсах в вузе. Кроме того, 90 % респондентов указали на своё участие в работе студенческих клубов и творческих коллективов.

В целом, оценки студентов по организации воспитательной работы в колледже распределились следующим образом:

- 5 баллов – 36,6 %;
- 4 балла – 30 %;
- 3 балла – 23,3 %;
- 2 балла – 3,4 %;
- 1 балл – 3,4 %.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что большинство студентов оценивают организацию воспитательной работы положительно (66,6 %). Лишь небольшая доля студентов (6,8 %) дали неудовлетворительные оценки организации воспитательной работы.

Большинство опрошенных студентов (60 %) затруднились ответить на вопрос «Учитывается ли мнение студентов при составлении плана

мероприятий воспитательной работы в вашем колледже». Это может быть связано с тем, что многие студенты не участвовали в таких мероприятиях по планированию, поэтому не имеют информации об этом процессе. Среди остальных ответов – 30 % студентов отметили, что их мнение не учитывается при составлении плана воспитательной работы. Только 10 % респондентов сообщили, что их мнение действительно учитывается при планировании воспитательных мероприятий. Это указывает на необходимость более активного привлечения обучающихся к данной деятельности и повышения прозрачности процесса формирования плана воспитательных мероприятий.

Заключение. Проведённое исследование по выявлению качества применения воспитательной работы, дополняют общую картину и помогают оценить эффективность текущей работы. Выявленные проблемные моменты указывают на необходимость усиления определённых направлений воспитательной деятельности.

Список литературы

1. *Алтухов, С.В.* Формирования способностей к инженерной деятельности студентов инженерного факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского / *С.В. Алтухов, Т.А. Алтухова* // Приднепровский научный вестник. – 2022. – Т. 5, № 2. – С. 36 - 40.

2. *Алтухова, Т.А.* Показатели качества образования / *Т.А. Алтухова, Д.С. Алтухов* // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 7. С. 232 - 234.

3. *Аносова, А.И.* Актуальные проблемы выпускников аграрных вузов на примере педагогов профессионального обучения / *А.И. Аносова, М.К. Бураев* // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. материалы XI Международной научно-практической конференции. п. Молодёжный, 2022. С. 211 - 215.

4. *Аносова, А.И.* Мониторинг качества обучения в заведениях среднего профессионального образования / *А.И. Аносова, Т.Л. Горбунова, А.В. Косарева* // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 97 - 1. – С. 50 - 53.

5. *Аносова, А.И.* Особенности влияния дисциплины проектирования предприятия технического сервиса на уровень подготовки специалистов АПК / *А.И. Аносова, М.К. Бураев* // В книге: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы X международной научно-практической конференции. Молодёжный, 2021. С. 67 - 68.

6. *Бодякина, Т.В*. Адаптация студентов сельскохозяйственных вузов при изучении дисциплины «Математика» / *Т.В. Бодякина, Е.В. Елтошкина* // Бизнес. Образование. Право. – 2016. – № 3 (36). – С. 253 - 256.

7. Выявление психологических барьеров в профессиональной деятельности педагогов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий / *Т.А. Алтухова, А.Р. Сухаева, М.В. Чубарева, П.И. Ильин* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 310-316.

8. *Горбунова, Т.Л.* Профессиональное самоопределение как одна из распространенных проблем молодежи / *Т.Л. Горбунова, А.Н. Жукова* // Актуальные вопросы образования : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию специальности «Профессиональное обучение», п. Молодёжный, 05-06 октября 2023 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 41 - 44.

9. *Елтошкина, Е.В.* Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства / *Е.В. Елтошкина, А.В. Кузьмин, Т.В. Бодякина* // В сборнике: Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича. Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. Молодёжный, 2022. С. 336 - 341.

10. *Михалева, Е.В.* Определение уровня адаптации у студентов инженерного факультета в условиях высшей школы / *Е.В. Михалева* // В книге: Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. сборник научных тезисов студентов. п. Молодёжный, 2021. С. 138 - 139.

11. *Сухаева, А.Р.* Использование современных технологий обучения как средство повышения мотивации обучающихся / *А.Р. Сухаева, С.Н. Шуханов* // В сборнике: Научные приоритеты АПК в России и за рубежом. Сборник статей 72-й международной научнопрактической конференции. Караваево, 2021. С. 268 - 272.

12. *Шуханов, С.Н.* Использование тестовых заданий для контроля знаний по курсу «Тракторы и автомобили» / *С.Н. Шуханов, С.В. Алтухов* // Проблемы научной мысли. 2022. Т. 4. № 5. С. 32 - 34.

Сведения об авторе

Косарева Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общеинженерных дисциплин инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89086699788 e-mail: ankosar@mail.ru).

Аносова Анна Иннокентьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технический сервис и общеинженерных дисциплин инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89836938151e-mail: a.anosova@yandex.ru).

Information about the authors

Kosareva Anna V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical services and general engineering disciplines of the engineering faculty Irkutsk state agricultural university named after A. A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89086699788, e-mail: ankosar@mail.ru).

Anosova Anna I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical services and general engineering disciplines of the engineering faculty Irkutsk state agricultural university named after A. A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel.: 89836938151, e-mail: a.anosova@yandex.ru).

УДК 377.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФОРМ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ МОЛОДЫХ ПЕДАГОГОВ

А.Р. Сухаева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. На сегодня главная ценность педагога – умение владеть и постоянно совершенствовать содержание своей профессиональной деятельности через критический анализ и инновационные подходы, а также увеличение научных открытий и педагогического мастерства в образовательном процессе.

Методическая деятельность широко воздействует на качество и результативность образовательного процесса, на окончательные показатели учебно-воспитательной работы учебного заведения. Через методическую работу осуществляется совершенствование профессиональных знаний и умений педагогов, развивается творческий потенциал, подготовка педагогов к внедрению новых образовательных концепций, освоению инноваций и передовых педагогических методов.

Методическая работа обеспечивает оперативное информирование педагогов об изменениях в содержании образования, инновационных образовательных и воспитательных технологиях, передовом отечественном и зарубежном опыте, достижениях психолого-педагогических наук с целью внедрения в практику своей работы. Систематическое, всестороннее изучение и анализ педагогической деятельности на основе диагностики. К активным формам организации методической работы относятся: педагогический КВН, методический мост, деловая игра, мозговой штурм и т.д.

В данной статье рассматривается рекомендация по проведению методического ринга для формирования и повышения профессиональных компетенций для молодых педагогов.

Ключевые слова: методическая работа, ринг, педагог, обучение, деятельность, этап, диагностика.

THE USE OF ACTIVE FORMS OF METHODOLOGICAL WORK FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF YOUNG TEACHERS

A.R. Sukhaeva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. Today, the main value of a teacher is the ability to master and constantly improve the content of his professional activity through critical analysis and innovative approaches, as well as increasing scientific discoveries and pedagogical skills in the educational process. Methodical activity has a wide impact on the quality and effectiveness of the educational process, on the final indicators of the educational work of the educational institution. Through methodological work, the professional knowledge and skills of teachers are improved, creative potential is developed, teachers are trained to introduce new educational concepts, master innovations and advanced pedagogical methods. Methodical work provides prompt information to teachers about changes in the content of education, innovative educational and educational technologies, advanced domestic and foreign experience, achievements of psychological and pedagogical sciences in order to implement their work into practice. Systematic, comprehensive study and analysis of pedagogical activity based on diagnostics. The active forms of organizing methodological work include: pedagogical KVN, methodological bridge, business game, brainstorming, etc. This article discusses the recommendation for conducting a methodological ring for the formation and improvement of professional competencies for young teachers.

Key words: methodical work, ring, teacher, training, activity, stage, diagnostics.

Введение. Методическая деятельность широко воздействует на качество и результативность образовательного процесса, на окончательные показатели учебно-воспитательной работы учебного заведения.

Объект исследования. Через методическую работу осуществляется совершенствование профессиональных знаний и умений педагогов, развивается творческий потенциал, подготовка педагогов к внедрению новых образовательных концепций, освоению инноваций и передовых педагогических методов.

Результаты и обсуждение. Методическая работа обеспечивает оперативное информирование педагогов об изменениях в содержании образования, инновационных образовательных и воспитательных технологиях, передовом отечественном и зарубежном опыте, достижениях психолого-педагогических наук с целью внедрения в практику своей работы.

Основной целью при работе с молодыми педагогами в течение учебного года – создание организационно-методических условий, которые способствовали бы успешной адаптации молодых педагогов в условиях образовательного учреждения.

Основные задачи перед коллективом в процессе становления молодых педагогов:

- Определить уровень профессиональной подготовки молодых педагогов;

- Выявить затруднения, которые возникают в педагогической практике, спроектировать индивидуальный образовательный маршрут по их устранению;

- Создать необходимые условия для развития профессиональных навыков педагогов.

Подготовительный этап (сентябрь-октябрь).

На первом этапе взаимодействия нужно обновить банк молодых педагогов, провести диагностику «Адаптация молодого специалиста», мини-исследования «Дефициты и потребности», и предложить высказать своё отношение к профессии педагога по теме: «Молодой педагог – это …».

После получения результатов диагностики провести собеседование с молодым педагогом, с приглашением опытных педагогов, методистов предметно-цикловых комиссий, заместитель директора по учебной работе.

Выявить основные проблемы у молодых педагогов. Молодому педагогу можно на выбор предложить мероприятия, которые реализуются в учебном заведении в рамках деятельности педагогического совета.

Основной этап (ноябрь-март).

На этом этапе молодые педагоги реализуют свой образовательный маршрут, в который включено посещение уроков коллег, участие в методической неделе молодых педагогов, выступление на заседаниях предметно-цикловых комиссиях и другое.

Заключительный этап (апрель-июнь).

На данном этапе повторно проводится тестирование педагогов, сравниваются результаты, проводится анализ и предлагается план на новый учебный год.

Для формирования профессиональных компетенций молодых педагогов предлагается методическая разработка «Методический ринг».

Перед проведением методического ринга проводится анкетирование, которое позволит выявить основные дефициты и потребности молодых педагогов.

Таблица 1 – **Анкета**

1. Знаете ли вы современные образовательные технологии?
2. Знаете ли вы современные образовательные технологии?
3. Удовлетворяет ли вас уровень вашей профессиональной подготовки?
4. Каким формам повышения квалификации своей профессиональной компетентности отдали бы вы предпочтение.
5. В каких направлениях организации учебно-воспитательного процесса вы испытываете трудности.

Тема, дата, цель, задачи и форма проведения методического ринга должна прописываться в плане методического совета.

Цель методического ринга – совершенствование профессиональной компетентности молодых педагогов, выявление общей эрудиции.

Задачи:

1. Рассмотреть нормативно-правовые документы педагогической деятельности, раскрыть понятия «Структура урока», «Самоанализ урока», «Анализ урока»;

2. Рассмотреть возможности использование современных образовательных технологий в образовательном процессе;

3. Развивать навык взаимодействия со всеми участниками образовательных отношений через решения ситуационных задач.

Форма проведения – работа по группам (3 гр. – 2 чел.).

Оборудование – проектор, компьютер, мобильные устройства для прохождения теста, задания для работы в группах.

Технологии – информационно-коммуникационные технологии, интерактивные образовательные технологии.

Экспертная комиссия:

- Директор учебного заведения;
- Заместитель директора по учебной работе;
- Председатели предметно-цикловых комиссий.

Этапы методического ринга:

1. Мобилизационный этап. Мозговой штурм (5 мин.):

Цель этапа: Мотивация на продуктивную работу, поддержание положительного эмоционального настроя и продуктивной атмосферы.

Задание: «Облако слов» (какие слова у вас ассоциируются со словом молодой педагог).

2. Основной (практический): 45 (мин.)

- Тестирование по нормативно-правовой базе педагогической деятельности (10 мин.);

- Анализ фрагмента урока, составление самоанализа. Каждая команда получает ссылку на видеоролик урока (20 мин.);

- Решение ситуационных педагогических задач (15 мин.).

За каждый правильный ответ команде присуждается от 1 до 3 баллов.


вам
будет
себя
вас
учеников
детям
Если
только
нужно
время
может
работы
дневник
замечания
слова
совет
урок
ученику
построить
поведение
особенно
однако
стоит
можно
всегда
объяснить
ошибку
ваши
поведения
отношения
ученик
ученики
ними
Ещё
Кажется
будут
наказания
педагог
учить
Дать
заметить
почувствовать
случае
будьте
Например
придётся
отдавайте
помогут
меры
случаях
времени
родителям
лишь
Возьмите
обязательно
чётко
руки
общаться
моменты
слишком
много
того
связи
Лучше
получить
советы
гораздо
коллективе
различные
тоже
администрации
больше
быть
урока
все
причинно
Доброе
Всего
важно
одно
плохого
дневников
некоторых
который
Нельзя
другое
кратко
перемене
нежелания
определить
записи
школьникам
Горгоной
Совершенно
Сделайте
Сделайте
Сделайте

Список литературы

1. *Алтухова, Т.А.* Использование педагогических инноваций при подготовке педагогов профессионального обучения в Иркутском аграрном университете им. А.А. Ежевского // Проблемы научной мысли. 2022. Т. 5. № 1. С. 18 - 21.

2. Выявление психологических барьеров в профессиональной деятельности педагогов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий / *Т.А. Алтухова, А.Р. Сухаева, М.В. Чубарева, П.И. Ильин* // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06-08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 310 - 316.

3. *Корниенко, А.К.* Анализ игровых форм контроля знаний студентов / *А.К. Корниенко, М.В. Чубарева* // В сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской научно-практической конференции. п. Молодежный, 2022. С. 39 - 44.

4. *Сухаева, А.Р.* Использование современных инновационных технологий в развитии профессиональных качеств специалиста / *А.Р. Сухаева* // Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии : Материалы научно-практической конференции, посвященной 60-летию ИРГСХА, Иркутск, 03-05 декабря 2013 года. Том Часть 1. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2013. – С. 43-48.

5. *Соловьева, Н.П.* Педагогический мониторинг в системе подготовки и повышения квалификации педагогов. // Вестник педагогического университета. – 2019. - № 3. – С. 118 - 132.

6. *Сухаева, А.Р.* Эффективность повышения качества профессиональной подготовки специалиста / *А.Р. Сухаева* // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2012. – № 3. – С. 29 - 31.

7. *Федоров В.Д., Семушина Л.Г., Подвойский В.А.* Содержание, функции и управление методической деятельностью в средних специальных учебных заведениях. – М. : НПЦ «Профессионал - Ф», 2017. 287 с.

8. *Котова, Т.М.* Организация методической работы как основа повышения профессионализма педагогов. // Педагогика и психология образования. - 2015. - №2. - С. 45-58. (https://elibrary.ru/item.asp?id=28498357).

Сведения об авторе(ах)

Сухаева Анна Радионовна – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения, инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89027674765, e-mail: suhaewa@ yandex.ru).

Information about the author(s)

Sukhaeva Anna R. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and vocational training, faculty of engineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel.: 89027674765, e-mail: suhaewa@ yandex.ru).

УДК 377.031

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

М.В. Чубарева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Цель исследования – разработать методику по определению учебной мотивации студентов инженерный направлений подготовки колледжа. В разработанной методике представлено 25 утверждений для определения мотива студентов при обучении в колледже. В методике присутствуют пять отобранных мотивов. По разработанной методике проведён опрос среди студентов колледжа направления подготовки 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам), поступивших на базе девятого и одиннадцатого классов соответственно. После проведённого исследования получилось, что у студентов, поступивших на базе одиннадцатого класса, так же как у студентов, поступивших на базе девятого класса, больше всего преобладают прагматические и познавательные мотивы. Это говорит о том, что студенты нацелены на получение профессиональных знаний, которые в будущем пригодятся им для получения профессии.

Ключевые слова: методика, мотивация, познавательные мотивы, прагматические мотивы, социальные мотивы, эстетические мотивы.

METHOD OF DETERMINING THE LEARNING MOTIVATION OF COLLEGE STUDENTS IN ENGINEERING TRAINING DIRECTIONS

M.V. Chubareva

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The purpose of the study is to develop a methodology for determining the educational motivation of students majoring in engineering at the college. The developed methodology includes 25 statements for determining the students' motives for studying at the college. The methodology includes five selected motives. According to the developed methodology, a survey was conducted among college students majoring in 23.02.01 Organization of Transportation and Transport Management (by type), who entered on the basis of the ninth and eleventh grades, respectively. After the study, it turned out that students who entered on the basis of the eleventh grade, as well as students who entered on the basis of the ninth grade, have pragmatic and cognitive motives. This suggests that students are focused on obtaining professional knowledge that will be useful to them in the future to obtain a profession.

Key words: methodology, motivation, cognitive motives, pragmatic motives, social motives, aesthetic motives.

Введение. Проблема снижения учебной мотивации в колледже является очень актуальной проблемой в настоящее время. Решением данной проблемы может стать изучение преобладающих мотивов у конкретного студента и группы, и разработка учебных занятий по итогам исследования. Правильно

подобранные занятия повышают не только интерес к специальности, но и на успеваемость в целом.

Объект исследования – процесс исследования учебной мотивации у студентов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ.

Предмет исследования – учебная мотивация студентов колледжа.

Цель исследования – разработать методику по определению учебной мотивации студентов инженерных направлений подготовки колледжа.

Результаты и обсуждение. Исследования в области мотивации учебной деятельности обучающихся является актуальным вопросом в настоящее время. Такими исследованиями занимались следующие учёные: Н. Лускановa, И.Д. Ладанов, Д. Марлоу, Д. Краун, Ю.М. Орлова, А.И. Божович, И.К. Маркова, Т.И. Ильина, С.А. Пакулина, М.В. Овчинникова, Л.М. Митина, А.А. Реан, В.А. Якунин, К.Замфир, М.М. Калашникова, В.Н. Косырев, О.В. Щекочихин, Т. Элес, И.С. Домбровская, С.М. Кетько, Р.В. Овчарова, Д.А. Леонтьев, А.Г. Шмелев, А.С. Бабина и др. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Перечисленные учёные занимались учебной мотивацией студентов вузов и колледжей, а также школьников разных возрастных групп.

Перед исследованием произвели анализ 24-х методик мотивации учебной деятельности, найденных в научных публикациях сети *Internet*. Все методики можно разделить на методики, предназначенные для школьников и студентов колледжей, техникумов и вузов. Для школьников предназначено 10 тестов, из них две по выбору профессии, а по школьной мотивации 4 методики. А также мотивация успеха, избегания неудач, смысло-жизненные ориентации, тест юмористических фраз – методика диагностики мотивационной сферы личности.

Особое внимание было уделено методикам, разработанным для определения мотивации студентов к учебной деятельности.

Для студентов предназначено 13 методик [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Для проведения исследования учебной мотивации студентов колледжа, опираясь на уже существующие методики и проведённые по ним исследования, нами была разработана методика определения мотивации.

В разработанной методике представлено 25 утверждений для определения мотива студентов при обучении в колледже. В методике присутствуют пять отобранных мотивов. Рассмотрим их подробнее:

1. *Познавательный мотив* – в его основе лежит желание или потребность в приобретении новых знаний;

2. *Прагматический мотив* определяет намерение иметь высокую заработную плату по выбранной специальности после выпуска из колледжа;

3. *Социальный мотив* – стремление студента показать себя в коллективе, найти сообщников по интересам и взглядам, возможность быть полезным во время учёбы и после учёбы;

4. *Эстетический мотив* – это, в первую очередь, получение удовольствия от обучения и получения новых знаний;

5. *Неосознанный мотив* основан на полном отсутствии интереса к познавательному процессу, это получение образование не по собственному желанию, а по влиянию кого-либо – семьи, друзей, родственников.

На основе данных мотивов были составлены по пять утверждений на каждый мотив (таблица 1).

Таблица 1 – **Бланк анкеты по определению учебной мотивации студентов**

Наименование мотива и вопросы	**Баллы**					
	«5»	**«4»**	**«3»**	**«2»**	**«1»**	**«0»**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1. Познавательные мотивы.						
1) Хочу хорошо учиться, чтобы сдавать экзамены на хорошо и отлично.						
2) Хочу приобрести новые знания.						
3) Хочу освоить учебную программу лучше других.						
4) Хочу быть в списках лучших студентов.						
5) В будущем хочу заниматься исследовательской или научной деятельностью.						
2. Прагматические мотивы.						
1) В будущем хочу хорошо зарабатывать по выбранной специальности.						
2) Знаю, что моя специальность очень востребована.						
3) В будущем хочу быть уважаемым человеком, специалистом своего дела.						
4) Хочу обеспечить свою жизнь после выпуска с помощью знаний по моей специальности.						
5) Труд специалистов моей специальности хорошо оплачивается.						
3. Социальные мотивы.						
1) Хочу заводить новые интересные знакомства в колледже и общаться с разными новыми людьми.						
2) Мне нравятся мероприятия, секции и кружки, в которых я могу найти людей по интересам.						
3) Не хочу отставать от друзей и однокурсников.						
4) В будущем хочу приносить пользу людям.						
5) Мне нравится здоровая конкуренция в коллективе и возможность показать себя.						
4. Эстетические мотивы.						

1) Мне нравится учиться, узнавать что-то новое.						
2) Учеба по выбранной специальности доставляет мне удовольствие.						
3) Я хочу в полной мере использовать имеющие у меня способности и задатки.						
4) Знания придают мне уверенности в себе.						
5) Любые знания пригодятся мне в будущем, даже если я не буду работать по выбранной специальности.						
5. Неосознанные мотивы.						
1) Учусь, чтобы не расстраивать родителей.						

Окончание таблицы 1

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
2) Чтобы избежать осуждения из-за плохой учебы.						
3) Попал в колледж и теперь вынужден его окончить.						
4) Хочу добиться одобрения родных.						
5) Учусь ради исполнения долга перед семьей.						

Все утверждения нужно оценить по пятибалльной шкале, руководствуясь тем, какое из них ближе испытуемому. Пять баллов – утверждение соответствует полностью, один балл – не соответствует вообще (таблица 1).

В рамках исследования был произведён опрос среди студентов колледжа направления подготовки 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам), поступивших на базе девятого и одиннадцатого классов соответственно. В каждой группе присутствовало по двадцать человек.

Итак, результаты опроса студентов, поступивших на базе девятого класса следующие:

- Познавательные мотивы преобладают у шести человек из двадцати (30 %);
- Прагматические мотивы – у семи человек из двадцати (35 %);
- Социальные – у двух человек (10 %);
- Эстетические мотивы преобладают у трёх человек из двадцати (15 %);
- Неосознанные мотивы преобладают у двух человек из двадцати (10 %).

Наглядно это можно увидеть на диаграмме (рисунок 1).

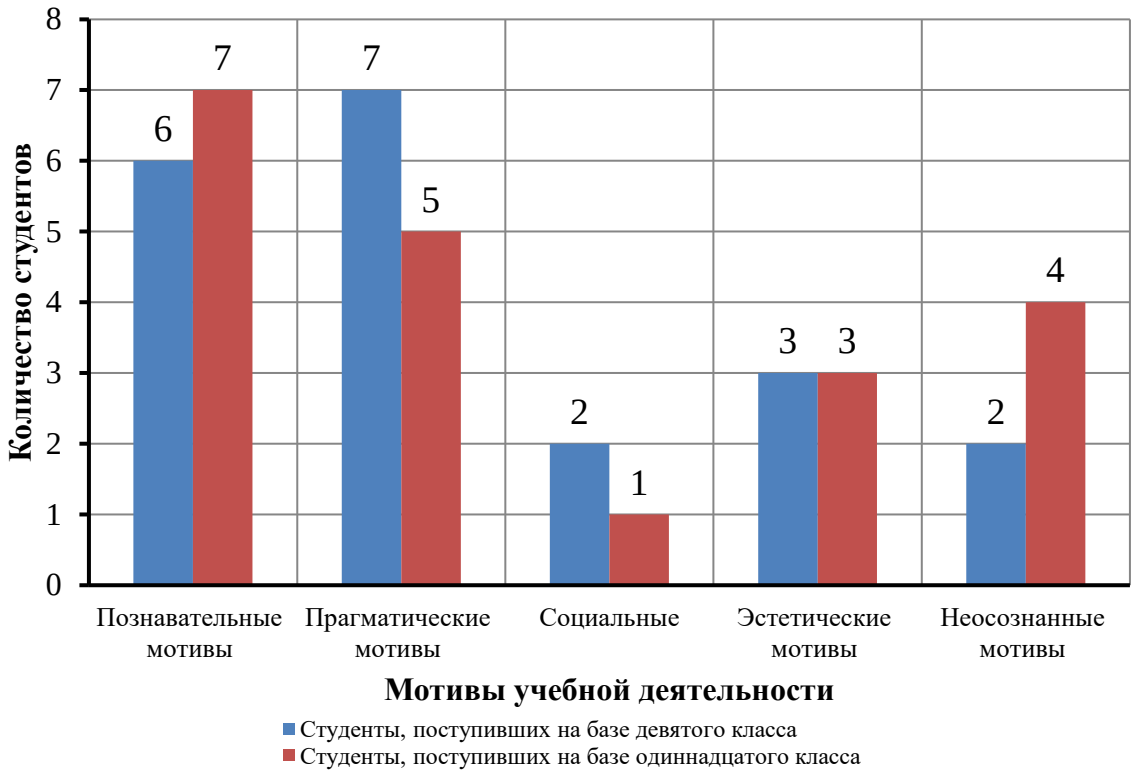


Рисунок 1 – **Диаграмма распределения мотивов у студентов группы 2 ОП-2, поступивших в колледж после девятого и одиннадцатого классов**

Результаты опроса студентов, поступивших на базе одиннадцатого класса, следующие (рисунок 1):

- Прагматические мотивы преобладают у семи человек из двадцати;
- Познавательные – у пяти человек из двадцати, как и социальные;
- Социальные – у одного человека;
- Эстетические мотивы преобладают у трёх человек из двадцати;
- Неосознанные мотивы – у четырёх человек из двадцати.

В заключении можно сделать следующие **выводы**:

- Почти все студенты осознанно поступили в колледж, поэтому неосознанные мотивы оказались не преобладающими;

- В исследовании получилось, что у испытуемых преобладают два мотива: прагматический и познавательный. Педагог может использовать это преобладание при проведении внеклассных мероприятий или кураторских часов, а также в учебной деятельности;

- Социальные мотивы могут помочь группе сплотится, а также, они приводят к взаимовыручке и взаимному уважению. Все эти качества помогут в дальнейшем студентам в учебной деятельности и повышению их успеваемости.

При подготовке к проведению занятий у студентов колледжа, которые участвовали в исследовании, педагогу рекомендуется сосредоточиться на двух мотивах – прагматическом и познавательном. Если учитывать эти мотивы можно провести со студентами ролевую или деловую игру. Этот вид занятий позволит студентам глубже изучить дисциплину, увеличить общение внутри группы.

Список литературы

1. *Алтухова, Т.А.* Разработка и применение электронного учебного пособия на основе гипертекстовой технологии для оптимизации учебного процесса по дисциплине «Предметно-ориентированные информационные системы» / *Т.А. Алтухова, А.Э. Бузин, Т.С. Бузина* // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81 - 1. – С. 67 - 74.

2. *Алтухова, Т.А.* Формы и методы обучения, используемые при формировании профессиональных компетенций студентов / *Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов* // Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной Году педагога и наставника «Потенциал образования для самореализации и развития талантов у молодежи». – Иркутск, 2023. – С. 4 - 8.

3. *Бажук, О.В.* Повышение мотивации к учебно-профессиональной деятельности школьников и студентов: учебно-методическое пособие / *О.В. Бажук* // Министерство образования и науки Российской Федерации, Фил. федерального гос. бюджетного образовательного учреждение высш. проф. образования «Омский гос. педагогический ун-т» в г. Таре, каф. менеджмента, экономики, методики преподавания математики и информатики. - Тара: Полиграфический центр КАН, 2015. – 62 с.

4. *Божович, Л.И.* Проблемы формирования личности. – Воронеж, 1995. – С. 181.

5. *Бугрименко, А.Г.* Внутренняя и внешняя мотивация у студентов педагогического вуза / *А.Г. Бугрименко* // Психологическая наука и образование. − 2006. − № 4. − С. 51 - 60.

6. *Веремчук, А.С.* О мотивации студентов как необходимом условии повышения качества обучения / *А.С. Веремчук* // Сборник: Журнал «Научное обозрение. Педагогические науки». – С. 34 - 38.

7. *Гордеева, Т.О.* Внутренняя и внешняя учебная мотивация студентов: ее источники и влияние на психологическое благополучие / *Т.О. Гордеева, О.А. Сычев, Е.Н. Осин* // Вопросы психологии. – 2013. – № 1. – С. 35 - 45.

8. *Горбунова, Е.В.* Мотивация к обучению в среднем профессиональном образовании / *Е.В. Горбунова* // Профессиональное образование в современном мире. – 2016. – № 3. – С. 45 - 51.

9. *Голованов, А.В.* Мотивация и мотивы в образовании: психолого-педагогический аспект. – М.: Педагогика, 2017. – 224 с.

10. *Зеленская, А.А.* Мотивация и её роль в учебной деятельности в СПО // Методическая разработка, ЕАО с. Ленинское. – 2016.

11. *Крылова, Н.В.* Учебная мотивация студентов среднего профессионального образования: проблемы и пути их решения // Вестник Челябинского государственного университета. – 2018. – Т. 48. – № 1. – С. 94 - 101.

12. *Крейцберг, Р.О.* О формировании благоприятной учебной мотивации / *Р.О. Крейцберг*. – Таллин : Из-во «Знание» ЭССР, 1986. – 27 с.

13. *Павлова, Л.А.* Мотивация обучающихся как условие совершенствования качества профильного обучения / *Л.А. Павлова* // Среднее профессиональное образование. – 2010. – № 1. – С. 7. - 11.

14. Повышение учебной и профессиональной мотивации студентов колледжа через применение инновационных педагогических технологий: из опыта работы: материалы Научно-методической конференции, 12 января 2010 г. / АНО СПО «Омский колледж предпринимательства и права», Науч.-методический отд.; под общ. ред. Л.А. Кочемайкиной. – Омск : ОмЭИ, 2010. – 215 с.

15. *Рабаданов, Х.М.* Педагогическое содействие повышению мотивации учебной деятельности учащихся подросткового возраста: диссертация кандидата педагогических наук: 13.00.01. – Челябинск, 2006. – 168 с.

16. *Сухаева, А.Р.* Использование современных технологий обучения как средство повышения мотивации обучающихся / *А.Р. Сухаева, С.Н. Шуханов* // Сборник статей 72-й международной научно-практической конференции «Научные приоритеты АПК в России и за рубежом». – Караваево, 2021. – С. 268 - 272.

17. *Сухаева, А.Р.* Рациональное использование нетрадиционных форм обучения в учебном процессе / *А.Р.Сухаева, Т.А. Алтухова* // Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича «Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК». Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный, 2022. – С. 367 - 372.

18. *Столяренко, Л.Д.* Психология мотивации: учебное пособие для студентов педагогических вузов. – М. : Академия, 2017. – 352 с.

19. https://www.informio.ru/publications/id3550/Motivacija-obuchenija-studentov.

20. https://infourok.ru/prichiny-snizheniya-motivacii-uchashihsya-v-processe-obucheniya-4925601.html.

Сведения об авторе(ах)

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭМТП, БЖД и ПО (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: +79086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

Information about the author(s)

Chubareva Marina V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and professional training (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: +79086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

УДК 378-057.175:316.36

ДЕЛО СЕМЕЙНОЕ ИЗ ПОКОЛЕНИЯ В ПОКОЛЕНИЕ. К 70-ЛЕТИЮ НАТАЛЬИ ИВАНОВНЫ ОВЧИННИКОВОЙ

М.А. Быкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье рассказывается о прекрасной женщине, творческом педагоге, научном деятеле, яркой представительницы педагогической династии Заслуженного деятеля науки и техники Терских И.П., докторе технических наук, профессоре Овчинниковой Наталье Ивановне. С момента окончания математического факультета Иркутского государственного университета в 1976 г. до настоящего времени Наталья Ивановна работает в Иркутском государственном аграрном университете им. А.А. Ежевского. На сегодняшний день стаж педагогической и научно-исследовательской работы составляет уже почти полвека. В Иркутском ГАУ она прошла непростой путь от ассистента до профессора, заведующей кафедрой математики, проректора по управлению качеством образования. Продолжая дело своего руководителя и наставника Терских И.П., Наталья Ивановна консультирует научных работников по вопросам моделирования технологических процессов, участвует в экспериментальной работе на инженерном факультете, выступает рецензентом молодых учёных. Под её руководством выполнены и защищены четыре кандидатские диссертации.

Ключевые слова: Иркутский государственный аграрный университет, математика, доктор технических наук, профессор, Овчинникова Наталья Ивановна, моделирование, инженерный факультет, Терских Иван Петрович.

A FAMILY MATTER FROM GENERATION TO GENERATION. ON THE 70TH ANNIVERSARY OF NATALIA IVANOVNA OVCHINNIKOVA

M.A. Bykova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Abstract. The article tells about a wonderful woman, a creative teacher, a scientific figure, a bright representative of the pedagogical dynasty of the Honored worker of science and technology Terskikh I.P., Doctor of Technical Sciences, Professor Natalia Ivanovna Ovchinnikova. Since graduating from the mathematical faculty of Irkutsk state university in 1976 until the present time Natalia Ivanovna has been working at the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. To date, her experience in teaching and research work is almost half a century. At Irkutsk SAU, she went through a difficult path from assistant to professor, head of the mathematics department, vice-rector for quality management of education. Continuing the work of her supervisor and mentor Terskikh I.P. Terskikh, Natalya Ivanovna consults researchers on issues of modeling technological processes, participates in experimental work at the engineering faculty, and acts as a reviewer for young scientists. Four candidate dissertations have been completed and defended under her supervision.

Key words: Irkutsk State Agrarian University, mathematics, doctor of technical sciences, professor, Natalya Ivanovna Ovchinnikova, modeling, engineering faculty, Ivan Petrovich Terskikh.

В Сибири немало учёных и специалистов различных отраслей народного хозяйства, которые немало сделали для России, и широко известны за её пределами. Среди них особое место принадлежит профессору, доктору технических наук, член-корреспонденту СО АН ВШ Ивану Петровичу Терских. За свою трудовую и научную деятельность Иван Петрович подготовил 9 докторов наук и 28 кандидатов наук, среди которых самыми важными для него считались научные достижения его дочери – Овчинниковой Натальи Ивановны.

Наталья Ивановна Овчинникова родилась 17 сентября 1954 года в д. Успенка Рыбинского района Красноярского края. В школу Наташа пошла в г. Пушкин Ленинградской области, так как её родители были направлены для обучения в целевую аспирантуру Ленинградского сельскохозяйственного института. В 1964 году они все вместе вернулись в Иркутск, и она продолжила обучение в средней школе № 39, которую закончила в 1971 г.



Рисунок 1 – **Отец, учитель и наставник д.т.н., проф., член-корр. СО АН ВШ И.П. Терских и д.т.н., проф. Н.И. Овчинникова**

После окончания в 1976 г. математического факультета Иркутского государственного университета Н.И. Овчинникова начинает свою трудовую деятельность с ассистента (1976-1988) кафедры математики в Иркутском сельскохозяйственном институте (ИСХИ, ИрГСХА, в настоящее время ИРГАУ),

с которым связывает её на долгие годы научная, педагогическая и организаторская работа. Здесь преодолеваются основные рубежи её карьерного роста: защита кандидатской диссертации (1994 г.), присвоёние учёного звания доцента кафедры «Математика» (1996 г.), защита докторской диссертации (2001 г.), присвоение учёного звания профессора кафедры (2002 г.), работа проректором по учебной работе (2002-2007 гг.), проректором по управлению качеством образования ИрГСХА (2007-2009), заведующей кафедры математики (с 2009 до настоящего времени). И на каждом из этих этапов Наталья Ивановна проявляла творческие, научные устремления, незаурядную способность, одержимость, талант учёного и организатора, принципиальность, широкий кругозор, что позволяло ей всегда добиваться успеха.



к.т.н., доц. Е.В Елтошкина., ст. преп. С.Е. Васильева, д.ф.-м. н., проф. В.Б. Черепенников, доц. Т.А. Шумай, доц. А.И. Мартыненко, ст. лаб. И.Д. Васильева, к.п.н., доц. С.П. Голышева, к.т.н., доц. Т.В. Бодякина, д.т.н., проф. зав. каф. Н.И. Овчинникова., к.э.н., доц. М.А. Быкова.

Рисунок 2 – **Коллектив кафедры математики (2017 г.)**

Н.И. Овчинникова ведёт курс математики с разделами: «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Прикладная математика», «Математическая логика», «Специальные главы математики» студентам и магистрантам I, II курсов инженерных и экономических направлений подготовки. Лекционные и практические занятия Н.И. Овчинниковой отличаются чёткостью, логичностью и последовательностью изложения материала, наличием задач технического и

экономического содержания, выбором рационального математического метода их решения и анализом полученных результатов, что приводит к повышению активности и заинтересованности студентов. Преподавателями кафедры внедрены в учебный процесс тестовый метод контроля знаний и модульно-рейтинговое обучение с полным методическим обеспечением с применением индивидуального многоуровневого подхода; постоянно разрабатываются и обновляются индивидуальные расчётно-графические работы; ежегодно совершенствуются материалы математических семинаров, олимпиад и конкурсов.

Научными исследованиями Наталья Ивановна занимается с 1980 г., основным направлением которых является системный подход по изучению функционирования мобильных человеко-машинных сельскохозяйственных агрегатов.



Рисунок 3 – **Лекция Н.И. Овчинниковой по теории вероятностей**

Большое научное и практическое значение имеют разработанные автором научно обоснованные теоретические и технологические решения; математические модели: надёжности и отказов многовариантных технологических систем растениеводства; формирования дневной и сезонной производительности машинно-тракторных агрегатов в условиях стохастичности протекания процессов; функционирования компонентов «Человек», «Машина», «Среда»; установленные законы распределения и их композиции для основных оценочных характеристик моделей; закономерности и связи параметров надёжности технологических систем с эксплуатационными показателями работы сельскохозяйственной техники; методы определения уровня профессиональной подготовленности механизатора и минимальной длины гона.

Достоверность результатов работы подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями технологических процессов на основе теории систем, графов, случайных процессов, дифференциального и

интегрального исчислений, методов математической статистики на основе достаточного объёма статистической информации, обработанной на ЭВМ с использованием типовых и разработанных автором программ.

В 1994 г. были обобщены исследования по технологическим пахотным системам с трактором ДТ-75М, оформлена и защищена кандидатская диссертация. Продолжая научную работу, расширяя и углубляя научную тематику, в 2001 г. Н.И. Овчинникова защищает докторскую диссертацию на тему «Надёжность технологических систем «Человек-Машина-Среда» в растениеводстве» (на примере обработки почвы и уборки урожая) в Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) СО РАСХН в г. Новосибирске.



Справа к.т.н., доц. Т.А. Алтухова.

Рисунок 4 – **Н.И. Овчинникова на защите диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук (29.05. 2001 г.),**

Под руководством Н.И. Овчинниковой выполнены и защищены четыре кандидатские диссертации. Ею опубликовано 233 научных работы, включая издания ВАК (38), *Scopus* (10), две монографии, 36 пособий, программ и указаний учебно-методического характера, среди которых 3 учебных пособия с грифом учебно-методического объединения (УМО) по агроинженерному образованию и 2 центрального издания Колосс. Все научные и учебно-методические работы Натальи Ивановны получили высокую оценку коллег, и нашли широкое применение в научно-исследовательских институтах в образовательном процессе не только Иркутского ГАУ, но и в других высших образовательных учреждениях. Практическая реализация исследований осуществляется в

качестве методологической базы при моделировании технологических процессов, разработке мероприятий по повышению надёжности использования сельскохозяйственной техники, определении уровня надёжности технологических систем. Рекомендованы научно-техническими советами Главного управления сельского хозяйства (НТС ГУСХ) Иркутской области и Министерством сельского хозяйства (МСХ) республики Бурятии в производство, приняты к внедрению Иркутской машинно-технологической станцией, Восточно-Сибирским зональным филиалом нормативно-исследовательской станции, Ассоциацией крестьянско-фермерских хозяйств, внедрены в учебный процесс Иркутской и Бурятской госсельхозакадемий и в профессиональных училищах Иркутской области.

Использование результатов исследований в учебном процессе осуществляется через реализацию специальных компьютерных программ, предназначенных для обработки статистических данных производственной практики студентов IV и V курсов инженерного факультета, сравнительного анализа передовых технологий и машин, обоснованию и разработке мероприятий по выявлению резервов повышения производительности агрегатов, сокращению сроков полевых работ. Разработанная автором методика определения уровня профессиональной подготовленности механизатора принята к внедрению Главным Управлением общего и профессионального образования Администрации Иркутской области и применяется в учебном процессе сельских профессиональных училищ.



Рисунок 5 – **Работа в диссертационном совете: д.т.н., профессор, эксперт ВАК А.И. Федотов (ИрНИТУ), д.т.н. проф. Н.И. Овчинникова, учёный секретарь к.т.н., доц. В.Н. Дорофеев**

Наталья Ивановна была членом докторских диссертационных Советов Д 212.073.04 в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Иркутский

государственный технический университет» и ДМ 212.039.06 в ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ).

Более 10 лет (с 2007 г.) Н.И. Овчинникова участвовала в аккредитационных экспертизах вузов РФ (не только аграрных), являясь сертифицированным экспертом Рособрнадзора.

С юности Наталья Ивановна дружит со спортом. Она до сих пор играет в настольный теннис, бегает на лыжах, занимается плаванием. Принимает активное участие в спартакиадах и соревнованиях разных уровней и всегда занимает призовые места. Увлечённость туризмом со студенческих лет породили в Наталье Ивановне страсть к путешествиям, неугасаемое желание познавать новое и неизвестное, всегда идти к поставленной цели. В совокупности со спортивными тренировками туризм воспитал в ней волю к победе, стойкость и упорство, которые помогли ей добиться таких высоких трудовых и научных результатов.

За достигнутые успехи в образовании, науке и технике Овчинникова Н.И. удостоена званий «Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», «Ветеран труда», награждена почётными грамотами Министерства образования и науки РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, благодарностями руководства ИрГАУ, нагрудным знаком Госкомстата «За активное участие во Всероссийской переписи населения 2002 г.» и медалью «За заслуги в проведении Всероссийской переписи населения» (2003 г.).



Рисунок 5 – **Спортивные увлечения Н.И. Овчинниковой**

Коллектив инженерного факультета и кафедры математики Иркутского ГАУ искренне поздравляют Вас, Наталья Ивановна, с юбилеем! Пусть годы остаются цифрами, старость – обманчивым фасадом, а истинная молодость раскрывается в жизнелюбии, позитиве, бодрости и хорошем расположении духа. Здоровья, долгих и счастливых лет жизни! Пусть ваша мудрость и глубокий опыт вызывают уважение у младших поколений, а хорошее

самочувствие мотивирует вести активный образ жизни и получать от каждого дня максимум пользы и позитива!

Список литературы

1. Овчинникова Наталья Ивановна. Ученые ИрГАУ. - https://irsau.ru/wiw/sections/technical/ovchinnikova-natalya-ivanovna.php.

2. Овчинникова Наталья Ивановна. Известные ученые. - https://famous-scientists.ru/anketa/ovchinnikova-natalya-ivanovna – 1186.

3. Овчинникова, Наталья Ивановна. Надёжность технологических систем «еловек-Машина-Среда» в растениеводстве : На примере обработки почвы и уборки урожая : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.20.03 / Иркутская гос. с.-х. акад.. – Новосибирск, 2001. – 41 с. – https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002640195/.

4. Наталья Ивановна Овчинникова: к 60-летию со дня рождения: библиогр. указ. лит. / сост. *Л.Ф. Мкртчян, Е.Т. Гутник; ред. Л.В. Родина, М.З. Ерохина*; программное обеспечение М.П. Чернакова; Иркут. гос. с.-х. акад. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014 г. – 47 с. – (Творческое наследие ученых ИрГСХА).

Сведения об авторе(ах)

Быкова Мария Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный, тел.: 89041533625, e-mail: krivcova_mar@mail.ru).

Information about the author(s)

Bykova Maria A. – candidate of economic sciences, associate professor of the department of mathematics of the engineering faculty. federal state budgetary educational institution of higher education Irkutsk state agrarian university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89041533625, e-mail: krivco-va_mar@mail.ru).

УДК 016:621.3
Х-961

К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АНАТОЛИЯ МИХАЙЛОВИЧА ХУДОНОГОВА

В.Д. Очиров

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. В статье изложен трудовой и жизненный путь доктора технических наук, профессора Анатолия Михайловича Худоногова. Вся трудовая деятельность профессора посвящена двум Иркутским вузам – Иркутский сельскохозяйственный институт (1963-2000 гг.) и Иркутский государственный университет путей сообщения (2000 г. – по настоящее время), где он создал научные школы по применению электротеплового излучения в сельском хозяйстве и на железнодорожном транспорте. Основы этих научных школ были заложены в 60-80-тые годы прошлого столетия его учителями: кандидатом технических наук Василием Васильевичем Назимовым, доктором технических наук Иваном Петровичем Терских, доктором технических наук, академиком ВАСХНИЛ Иваном Ивановичем Мартыненко. При написании статьи использованы материалы газеты «НИВА», выходившей в печать в период с 1974 по 1991 годы в Иркутском сельскохозяйственном

институте. Для сохранения исторических заметок из опубликованных статей газеты часть материала написана дословно с соблюдением всех авторских прав и ссылками на первоисточник. Приведены краткие сведения о людях, работавших и друживших с Анатолием Михайловичем. Отражена информация об институте и факультете электрификации сельского хозяйства, связанная с Юбиляром.

***Ключевые слова*:** Иркутский сельскохозяйственный институт, факультет электрификации сельского хозяйства, доктор технических наук, профессор, А.М. Худоногов, инфракрасное излучение, сушка, стимуляция, электроподвижной состав.

TO THE 85th ANNIVERSARY OF ANATOLY MIKHAILOVICH KHUDONOGOV

V.D. Ochirov

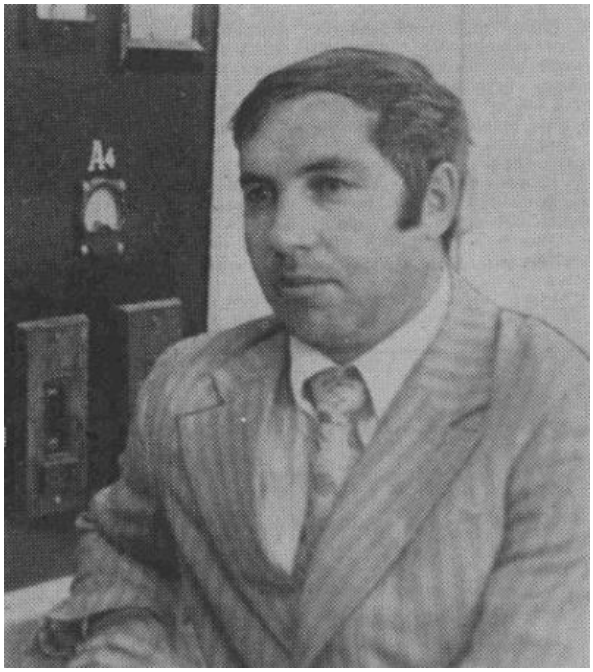
FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article describes the career and life of doctor of technical sciences, professor Anatoly Mikhailovich Khudonogov. The professor's entire career is dedicated to two Irkutsk universities – Irkutsk agricultural institute (1963-2000) and Irkutsk state university of transport (2000 – present), where he created scientific schools on the use of electrothermal radiation in agriculture and rail transport. The foundations of these scientific schools were laid in the 60-80s of the last century by his teachers: candidate of technical sciences Vasily Vasilyevich Nazimov, doctor of technical sciences Ivan Petrovich Terskikh, doctor of technical sciences, academician of VASKhNIL Ivan Ivanovich Martynenko. When writing the article, materials from the NIVA newspaper, published from 1974 to 1991 at the Irkutsk agricultural institute, were used. To preserve historical notes from the published newspaper articles, some of the material was written verbatim, observing all copyrights and with links to the original source. Brief information about people who worked and were friends with Anatoly Mikhailovich is provided. Information about the institute and faculty of agricultural electrification related to the Jubilee is reflected.

Key words: Irkutsk agricultural institute, faculty of agricultural electrification, doctor of technical sciences, professor, A.M. Khudonogov, infrared radiation, drying, stimulation, electric rolling stock.

Каждый день, прожитый человеком и кажущийся будничным, а порой и просто скучным, со временем станет достоянием истории. В будущем наши потомки и последователи, точно так же, как и мы, сейчас, будут воспринимать жизнь любого человека не просто саму по себе, а как часть биографии нашей страны [11]. К таким биографиям относится и жизнь доктора технических наук, профессора Анатолия Михайловича Худоногова.

Анатолий Михайлович Худоногов родился 3 ноября 1939 года в городе Нижнеудинск Иркутской области в рабоче-крестьянской семье. Его детские и юношеские годы пришлись на военное и послевоенное время. Учась в средней школе, Анатолий Михайлович отчётливо на себе ощутил и увидел, как проходило в небывало короткие сроки восстановление народного хозяйства страны от тяжелейшего ущерба, нанесённого войной [1].



После окончания средней школы в 1957 году Анатолий Михайлович начал свою трудовую деятельность токарем в Катарбейской МТС. В августе 1958 года он принят на должность токаря с переводом на должность поездного кочегара в паровозное депо г. Нижнеудинска. По согласованию руководителей предприятий в октябре 1958 года из паровозного депо он переводится в вагонное депо на должность токаря. Работа в течение шести лет в должности токаря для Анатолия Михайловича явилась хорошей трудовой школой, в ходе которой у него объективно созрело желание дальнейшего совершенствования наработанных производственных умений и навыков, что и определило в 1963 году его поступление в Иркутский сельскохозяйственный институт (ИСХИ) на факультет механизации сельского хозяйства. С этого времени начинается большой жизненный путь Анатолия Михайловича в ИСХИ, в котором он проработал большую часть своей жизни, где прошли его самые интересные, запоминающие и насыщенные событиями моменты жизни. Здесь он встретил свою любимую и создал семью, нашёл надёжных и верных друзей, работал бок о бок с выдающимися учёными, встречался и дружил с легендарными личностями в сфере науки и техники – патриархами и корифеями в области электрификации сельского хозяйства. Иркутский сельскохозяйственный институт стал для Анатолия Михайловича поистине вторым домом.

С 1 сентября 1963 года по 30 августа 1968 года он – студент ИСХИ, по окончании которого решением Государственной экзаменационной комиссии от 15 июля 1968 года ему присвоена квалификация «Инженер-механик». В одной группе с Анатолием Михайловичем учились его друзья Виктор Константинович Евтеев (1944 г.р.) и Петр Антонович Болоев (1946 г.р.), впоследствии ставшие, соответственно, кандидатом технических наук и доктором технических наук, которые так же, как и он, много лет отдали работе на благо и развитие альма-матер. Во время учебы в институте 27 апреля 1966 года в Доме бракосочетаний г. Иркутска Анатолий Михайлович зарегистрировал брак и создал семью с Татьяной Романовной Зелениной (1945 г.р.), ставшей ему главной опорой и спутником жизни вот уже на протяжении более 55 лет. В семье родились два сына: Игорь (1967 г.р.) и Александр (1974 г.р.). Сыновья, как и отец, стали учёными – Игорь защитил докторскую диссертацию (2009 г.) [49], а Александр – кандидатскую диссертацию (2013 г.) [41]. Говоря о семье Анатолия Михайловича, стоит сказать, что его младший брат Сергей (1952 г.р.) по примеру старшего брата в 1970 году поступил и в 1975 году окончил ИСХИ с присвоением квалификации «Инженер-электрик». Сергей Михайлович с

1994 г. по 2019 г. являлся мэром Нижнеудинского района Иркутской области. В семье Худоноговых, кроме самого Анатолия Михайловича, сыновей Игоря и Александра, является учёным и его невестка Елена Геннадьевна (жена Игоря), защитившая в 2015 году докторскую диссертацию [50].

После получения диплома в 1968 году руководство института пригласило молодого специалиста Анатолия Худоногова на должность ассистента кафедры механизации животноводства и электропривода. В этот период заведующим кафедрой (с 1947 г.) был кандидат технических наук, доцент Василий Васильевич Назимов [25], выпускник факультета механизации сельского хозяйства ИСХИ 1939 года, ветеран Великой Отечественной войны, первый местный ректор института (1960-1964 гг.), основатель энергетического факультета. Василий Васильевич оказал большое влияние на становление и формирование Анатолия Михайловича, как учёного и преподавателя, дав ему научное направление, определив его жизнь и судьбу. В целом, свои знания и богатый опыт научно-исследовательской работы В.В. Назимов охотно передавал своим ученикам. Под его руководством защитили кандидатские диссертации – М.И. Фридман, Л.И. Панов, А.М. Соколов, А.Е. Кузьмин, А.М. Худоногов, В.С. Ловцов. В дальнейшем два ученика В.В. Назимова стали докторами наук – А.М. Худоногов (1989 г.) и А.Е. Кузьмин (1991 г.). В дополнение сказанному о фронтовике В.В. Назимове хочется отметить его награды, полученные за боевые заслуги: орден Красной Звезды (1943 г.), орден Отечественной войны II степени (1944 г.), медали «За взятие Варшавы», «За взятие Берлина», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945» [11, 16, 44].

В течение двух лет А.М. Худоногов активно ведёт педагогическую деятельность, энергично совмещая её с научно-исследовательской работой, после чего ему было предложено обучение в очной аспирантуре при ИСХИ с временным прекращением педагогической деятельности (с 20.10.1970 г.). Второго апреля 1970 года для нашего Юбиляра происходит судьбоносное событие – в институте организовано самостоятельное учебно-административное подразделение – факультет электрификации сельского хозяйства (ЭСХ) [34], на котором он проработал с первых дней его существования до ухода на пенсию, последовательно пройдя все ступени от ассистента до профессора, заведующего кафедрой и декана факультета ЭСХ. Первым деканом факультета назначен доцент Леонид Иванович Панов (1970-1980 гг.). Открытие факультета совсем не случайно. В связи с освоением в Восточной Сибири огромных энергоресурсов и строительством крупных электростанций и мощной энергосистемы, большие сдвиги отмечаются и в сельскохозяйственном производстве. Успех электрификации сельского хозяйства теперь главным образом зависит от обеспеченности хозяйств кадрами высококвалифицированных специалистов-электриков [27]. Для информации читателю статьи, в 1970-1980-тые годы из 103 сельскохозяйственных вузов страны подготовку инженеров-электриков сельскохозяйственного производства осуществляло 23 вуза, одним из которых был и ИСХИ.

В первые годы работы факультета преподавательский и лаборантский состав форсировано проводит работы по переоснащению специализированных лабораторий новым оборудованием и приборами, что позволяет проводить обучение студентов на более высоком техническом уровне. Особенно в работе по оснащению материально-технической базы нового факультета отличаются молодые преподаватели А.М. Худоногов, Л.А. Астраханцев, Н.М. Астраханцева, М.А. Никитенко, В.Д. Банщиков, Г.В. Лукина, А.А. Лукин, Л.П. Рычкова. В этот период времени рядом с молодыми преподавателями трудятся и создают атмосферу доброжелательности их старшие коллеги – Василий Васильевич Назимов, Миней Иванович Фридман, Людмила Николаевна Панисова, Раиса Петровна и Арсений Александрович Колокольниковы, Александр Михайлович Соколов, Леонид Иванович Панов, Ананий Ефимович Кузьмин и др. [5].

Успешно окончив аспирантуру, осенью 1973 года Анатолий Михайлович был зачислен ассистентом на кафедру электропривода и электрических машин (ЭП и ЭМ). Прежняя кафедра в целях улучшения учебно-методической и научно-исследовательской работы по инженерной подготовке студентов в 1971 году была разделена на две: кафедру электропривода и электрических машин (зав. кафедрой В.В. Назимов) и кафедру механизации животноводства (зав. кафедрой А.Е. Кузьмин).

С начала 1970-тых годов А.М. Худоногов в составе коллектива кафедры ЭП и ЭМ (фото 1) совместно с областным управлением сельского хозяйства проводит исследования по загрузке трансформаторных подстанций и использования их установленных мощностей в колхозах и совхозах Иркутской области [29]. По итогам исследования нескольких сотен трансформаторов выявлено, что во всех случаях обнаружен низкий уровень использования установленных мощностей трансформаторных подстанций (20-25 %). Для улучшения освоения выявленных резервов установленных подстанцией мощностей кафедрой ЭП и ЭМ рекомендуется дополнительно в качестве токоприёмников применять энергоёмкие установки различного назначения. В эти же годы кафедра ЭП и ЭМ много работает по вопросам успешного внедрения результатов своих исследований в производство по теме «Применение инфракрасных лучей в сельском хозяйстве», что отмечено тогдашним проректором по научной работе М. Вильчинским в ежегодных научно-исследовательских отчётах в разделе «Связь науки с производством». Кафедрой разработаны конструкции сушилок и стерилизаторов специального назначения различных мощностей от 7 до 130 кВт, предназначенных для обработки различных материалов (зерно, витаминные корма, сеяные травы, хвоя, кедровые орехи, грибы, ягоды, корма животного происхождения), а так же конструкции универсальных машин, которые могут работать на облучении нескольких разновидностей материалов [26]. Применение в хозяйствах области 10 разновидностей сушилок-стерилизаторов, разработанных кафедрой, дало большой технический и экономический эффект. Продолжительность сушки по сравнению с существующими способами резко снизилась, используемая температура сушки невысокая (40-60° С), что полностью позволяет сохранить витамины и вкусовые

свойства материалов. Высушенный материал можно длительно хранить в обычных условиях в течение нескольких лет с сохранением качества и внешнего вида. Ниже отразим результаты внедрения научных разработок доцентов В.В. Назимова и А.М. Худоногова в производство в 1970-1980-тых годах.



Слева направо: первый ряд – Т.К. Выгузов, А.М. Худоногов, В.В. Назимов, Ю.С. Лбов, М.А. Никитенко;
второй ряд – С.Л. Садовский, О.Н. Лыткин, В.Г. Пузанов, Т.М. Лень, А.П. Панаев.
Фотография 1 – **Кафедра электропривода и электрических машин, 1976 г.**
(фото отсканировано с книги [1])

Для широкой популяризации своих достижений и оперативного внедрения результатов работы в производство ими оформлены и изданы массовым тиражом (по 1500 экз.) листовки ЦНТИ по сушке и стерилизации растительного сырья инфракрасными лучами в сельском хозяйстве. На сушилки повышенной мощности разработаны технические проекты, по которым в колхозах и совхозах «На месте» можно своими руками построить сушильные установки. В учхозе «Молодёжное» создан производственно-экспериментальный электрифицированный сушильный пункт мощностью 100 кВт, где ежегодно силами студентов под руководством преподавателей кафедры производится сушка витаминных кормов в пределах полной потребности хозяйства. На хоздоговорных началах кафедра ЭП и ЭМ строит сушильный пункт по сушке дикорастущей продукции на базе Иркутского треста коопзверопромхоза. Технические проекты на изготовление электрических терморадиационных установок рассылаются по запросам в Украинскую ССР (г. Харьков, ЦКТБ Центросоюза СССР), Молдавскую ССР, Якутскую АССР и Магаданскую область (Магаданский НИИСХ Северо-Востока СО ВАСХНИЛ).

По итогам плодотворной работы в аспирантуре в 1974 году закономерным становится успешная защита кандидатской диссертации А.М. Худоногова в Украинской академии наук на тему «Применение инфракрасных лучей для сушки витаминных кормов» [28, 42]. Далее приведём дословный отзыв научного руководителя В.В. Назимова о диссертации своего аспиранта: «В работе раскрыты большие возможности применения новых способов сушки различных кормов (сеяных трав, хвои и др.) с сохранением ценных кормовых качеств. А. Худоногов не только теоретически исследовал и разработал технологию сушки новым способом, но и построил радиационные сушилки лабораторного и производственного назначения. Разработка темы применения инфракрасных лучей в сельском хозяйстве доведена до конца. Для сельского хозяйства созданы новые конструкции высокопроизводительных машин. Украинской академией наук дана рекомендация широкого внедрения новой технологии радиационных сушилок в колхозах и совхозах. Работа товарища А. Худоногова показывает, как научное исследование следует доводить до завершения и достижения науки ставить на службу производству. Эффективность применения таких сушилок очень большая: сельское хозяйство получило новый мощный способ обеспечения животноводства ценными кормами, при этом сушка кормов может проводиться в любых погодных условиях. Дополнительный эффект от внедрения электросушилок заключается в том, что с их применением резко корректируются графики электрических нагрузок и повышаются коэффициенты использования установленных мощностей силовых трансформаторных подстанций».

О своём учителе Анатолий Михайлович часто говорил с учениками во время приватных бесед, в том числе и со мной. Процитирую его слова о В.В. Назимове: «Василий Васильевич являлся одним из основателей нашего факультета, по сути своей специальность электрификация сельского хозяйства в Иркутском СХИ началась с В.В. Назимова. До настоящего времени на факультете существует школа Василия Васильевича – школа преданности делу электрификации сельского хозяйства. Василий Васильевич любил всё прекрасное, видимо, поэтому он порой бывал резок с нами, когда мы выполняли свою работу на низком уровне. Но он не только сам любил всё прекрасное, он старался научить этому своих учеников. И если в нас его учениках, имеются положительные духовные качества, то мы с большой гордостью можем сказать, что это общения с Василием Васильевичем» [45].

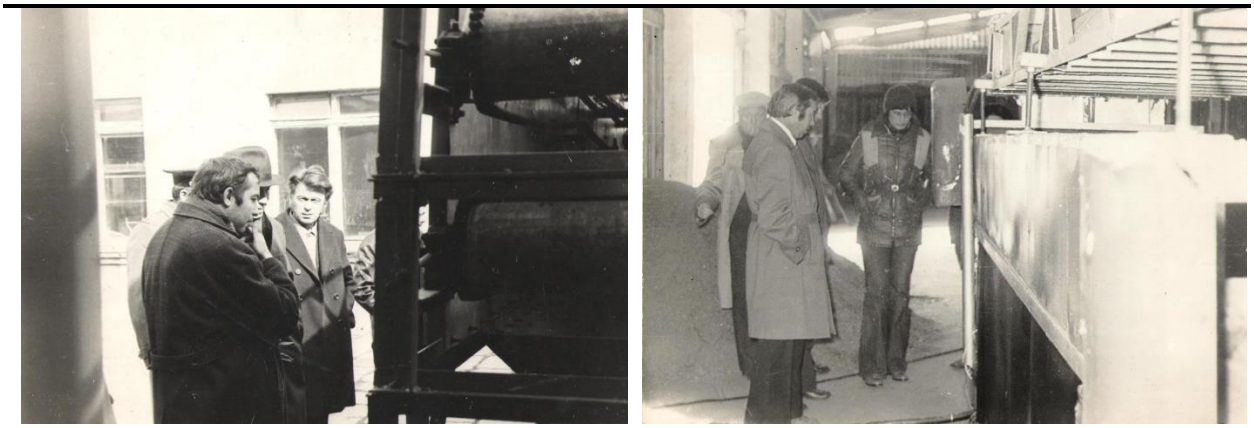
После защиты кандидатской диссертации вторая половина 70-тых годов и 80-тые годы прошлого столетия, когда он с головой погружается в учебно-методическую, научно-исследовательскую и общественную работу, становятся для А.М. Худоногова временем последовательного профессионального роста. Какие только должности он не занимал в течение этого времени, как административные, так и общественные, полностью отдавая себя работе. 1 сентября 1974 года он назначен на должность старшего преподавателя кафедры ЭП и ЭМ, а с 14 марта 1975 года переведён на должность доцента этой же кафедры. Со 2 января 1975 года совмещает работу доцента в должности заместителя декана факультета ЭСХ. С 1 сентября 1976 года, после перевода

по личной просьбе В.В. Назимова на должность доцента, Анатолий Михайлович становится заведующим родной кафедрой. Стремительное повышение по иерархическим ступеням доцента А.М. Худоногова было абсолютно правомерно и заслуженно, поскольку его отличали спокойный и уравновешенный характер, умение ставить перспективные задачи и претворять их в жизнь [1].

В списке общественных работ, которые выполнял Анатолий Михайлович, значатся такие виды деятельности, как заместитель председателя профсоюзного бюро электрофака по быту; организатор соцсоревнований между кафедрами и академическими группами факультета; заместитель ответственного секретаря приёмной комиссии института; нештатный автор газеты «НИВА»; постоянный член оргкомитета фестиваля «Студенческая весна»; член Учёного совета вуза; член аттестационной комиссии института.

После защиты кандидатской диссертации А.М. Худоногов не останавливается на предыдущих научно-производственных достижениях и продолжает активно доводить свои научные разработки до массового применения на полях и фермах совхозов и колхозов. В 1976-1977 учебном году в хозяйстве «Оёкское» им внедрена сушилка-стерилизатор РС-02 мощностью 40 кВт для инфракрасного облучения семян зерновых и овощных культур перед посевом. Производственные испытания разработанной установки для стимулирования семян проводятся совместно с сотрудниками кафедры земледелия и почвоведения ИСХИ. В результате наблюдений по предварительной электротепловой обработке семян получены только положительные результаты: повышаются энергия прорастания и всхожесть (на 20 %), хорошее развитие растений по всем фазам, отсутствие полегания, опережение созревания посевов, увеличивается урожайность (на 15-20 %) [6]. В период 1970-1990 гг. на хоздоговорных началах внедрены в производство и успешно используются в хозяйствах Баяндаевского, Нижнеудинского, Тулунского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области биостимуляторы на базе ОВП-20, терморадиационные установки ЭТУ-ИСХИ и ЭТУ-2-ИСХИ (фото 2).

Активная работа по всем фронтам в должности заведующего кафедрой, внимательность и добросовестное отношение к делу, высокий авторитет среди коллег и студентов были по достоинству оценены руководством института, что привело к назначению 1 ноября 1980 года А.М. Худоногова на должность декана факультета ЭСХ. С небольшими перерывами он дважды работает в должности декана: первый раз с 1980 по 1983 гг. и второй раз с 1985 по 1987 гг. Вынужденные перерывы в работе деканом были связаны с целенаправленной подготовкой к защите докторской диссертации, которую он пишет по схеме «Теория – Технология – Техника». В 1983 году Анатолий Михайлович передаёт руководство факультетом кандидату технических наук, доценту Юрию Ивановичу Пустозерову, а в 1987 году – кандидату технических наук, доценту Александру Ивановичу Тесля.



Фотография 2 – **Сотрудники кафедры ЭП и ЭМ участвуют в работах по испытанию терморадиационных сушилок на производстве**

В период работы Анатолия Михайловича деканом в составе факультета работают шесть кафедр (в скобках указаны заведующие кафедрами):

- Применения электрической энергии в сельском хозяйстве (Л.И. Панов, И.А. Рудных);
- Электротехники и автоматизации сельского хозяйства (Л.А. Астраханцев);
- Электропривода и электрических машин (Ю.С. Лбов);
- Механизации животноводства (А.Е. Кузьмин, Ю.И. Пустозеров);
- Физики и метеорологии (Т.Б. Щукина, Е.Э. Вржащ);
- Иностранных языков (А.В. Романова, Р.М. Моргенштерн).

С первых дней, находясь в должности декана факультета, Анатолий Михайлович с удвоенной энергией выполняет административную, воспитательную и общественную деятельность. Одним из важнейших дел для него становится проведение для студентов первого курса тематических вечеров на тему: «Моя профессия – моя гордость», где он рассказывает и пропагандирует особенность выбранной студентами специальности, зажигая в студентах любовь к профессии инженера-электрика. При нём увеличивается количество студенческих отрядов электриков, создаются отряды «Квант», «Электрон», «Каскад-83», «Дружба-83», «Икар-83». Студенческие отряды факультета везде были на хорошем счету и эффективно работали в составе интернациональной зональной стройки Центрального комитета ВЛКСМ в городе Усть-Куте, в Тулунском СМУ треста «Забайкалсельэлектросеть», в ПКМ-607 треста «Связьстрой» и других производственных объектах, в чём не малая заслуга декана факультета, заряжавшего студентов к ответственному подходу в работе.

Как руководитель факультета Анатолий Михайлович активен и эффективен в работе по плановому набору абитуриентов на факультет ЭСХ. С целью увеличения набора студентов на факультет он создаёт профориентационный совет (председатель – М. Бутаева), и агитбригаду «Контакт». В созданный совет входят преподаватели факультета и студенты старших курсов, которые с высокой интенсивностью выезжают для проведения профориентационной работы в школы сёл и городов Иркутской области и соседних регионов.

Немаловажно декан факультета, сам успешно участвующий в изобретательской работе и получивший к тому времени большое количество авторских свидетельств, считает и работу по повышению патентной культуры преподавателей, ежегодно направляя для обучения в институт патентоведения не менее 3-4 преподавателей факультета. Патентовед института В. Ласкина в своей статье в газете «НИВА» [19] отмечает о настойчивости в таком подходе двух деканов института – декана зоофака, профессора Л.М. Герасимова и декана электрофака, доцента А.М. Худоногова. В целом по вузу наиболее активными изобретателями в то время являются С.Н. Мухачев, Л.А. Астраханцев, А.М. Худоногов, К.М. Катруш, Л.М. Герасимов, А.Е. Кузьмин и др.

С 11 февраля по 2 марта 1985 года Анатолий Михайлович принимает очное участие в международной выставке «Высшее образование в СССР» от ИСХИ, проходившей в Монгольской Народной Республике в г. Улан-Батор. В течение полутора лет он с преподавателями кафедры ЭП и ЭМ проводит подготовку к выставке, пройдя тройной отбор перед разрешением специальной комиссии по допуску представленных экспонатов и изобретений. На выставке кафедра демонстрирует действующую модель двухъярусной электрической терморадиационной установки, тематические альбомы по использованию электроинфракрасного нагрева в процессах сушки хвойной зелени и стимуляции семян.

Во второй половине 1980-х годов ректор института И.П. Терских, в поле зрения которого на постоянной основе находится кадровая проблема, ставит перед всеми заведующими кафедрами первостепенной задачу по подготовке преподавателями института кандидатских и докторских диссертаций. Немного статистики по кадровому составу института на тот период времени. В институте функционирует 45 кафедр, на которых работают 368 преподавателей, в том числе 5 докторов наук и профессоров (И.П. Терских, Л.В. Герасимов, Г.В. Черных, А.П. Кудрявцев, Н.С. Свиридов), 128 кандидатов наук и доцентов. Средний возраст докторов наук составляет 65 лет, а кандидатов наук – 51 год. Особенно большую тревогу у ректора вызывает несвоевременное выполнение планов и отсутствие сдвигов по защитам докторских диссертаций. К концу 80-тых и началу 90-х годов в институте успехов в данном направлении добиваются и подготавливают к защите докторские диссертации три преподавателя факультета ЭСХ: А.М. Худоногов [43], А.Е. Кузьмин [18], Л.А. Астраханцев [4]. Профессор И.П. Терских, кратко характеризуя докторскую диссертацию А.М. Худоногова, отметил, что представленный материал интересен и имеет большое народнохозяйственное значение в решении вопросов реализации Продовольственной программы [38].

Прежде чем, выйти на защиту докторской диссертации, Анатолий Михайлович прошёл всестороннюю апробацию выполненных исследований. С очными докладами по проблеме применения технологии обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом он участвует в работе конференций и научно-технических советов (НТС), проводимых в ИСХИ, ЧИМЭСХ, УСХА, СибИМЭ СО

ВАСХНИЛ, ИПИ и др. (всего 39 докладов). Наиболее значимыми выступлениями, на которых он получил всеобщее одобрение на защиту докторской диссертации, стали:

1. Всесоюзная научно-техническая конференция «Электрификация тепловых процессов сельскохозяйственного производства Сибири и Дальнего Востока» (г. Иркутск, ИСХИ, 26-28.06.1984 г.). Участие в конференции приняли видные учёные в области электрификации сельского хозяйства из Иркутска, Киева, Ленинграда, Москвы, Новосибирска, Челябинска и других городов.

2. Заседание НТС секции механизации и электрификации сельского хозяйства агрокомитета Иркутской области (Иркутск, 17.04.1987 г.).

3. Выездное заседание НТС Госагропрома РСФСР (02.03.1988 г.). На заслушивании доклада по докторской диссертации присутствовали учёные и инженеры-энергетики из Барнаула, Иркутска, Красноярска, Кызыла, Магадана, Москвы, Улан-Удэ, Челябинска, Читы. В прениях по докладу участвуют Н.В. Цугленок (Красноярский СХИ), С.К. Андрианов (Госагропром РСФСР), З.П. Наймушина (Областная станция защиты растений, г. Иркутск), А.С. Филиппов (ИСХИ), А.П. Белых (ИСХИ), Л.В. Сопин (ИСХИ), В.И. Наумов (ИСХИ), И.П. Терских (ИСХИ), И.И. Дацков (главный инженер объединения Госагропромэнерго). Присутствующие и выступавшие единогласно поддерживают представленные теоретические и экспериментальные исследования, в заключении рекомендуя работу к представлению в диссертационный совет.

30 мая 1989 года на выездном заседании специализированного совета при СибИМЭ в Благовещенском СХИ состоялась защита докторской диссертации А.М. Худоногова на тему «Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом» [43]. Защита диссертации прошла по научным специальностям 05.20.01 Механизация сельскохозяйственного производства и 05.20.02 Электрификация сельскохозяйственного производства (ЭСХП), в связи, с чем во все периоды выполнения докторской диссертации научное консультирование обеспечивалось в области электрификации академиком ВАСХНИЛ Иваном Ивановичем Мартыненко [23] и в области механизации профессором Иваном Петровичем Терских (фото 3) [37]. Насколько мне известно, могу ошибаться, защита докторской диссертации Анатолия Михайловича по специальности 05.20.02 ЭСХП стала по счёту второй в Сибири и на Дальнем Востоке после защиты О.К. Никольским докторской диссертации в 1978 году [30]. Для проведения защиты докторской диссертации по специальности 05.20.02 ЭСХП разово в состав совета были введены три профильных доктора: Олег Константинович Никольский (АлтГТУ), Валерий Николаевич Карпов (ЛСХИ), Феликс Яковлевич Изаков (ЧИМЭСХ).



Фотография 3 – **Профессор А.Е. Кузьмин, профессор А.М. Худоногов, профессор И.П. Терских**

Одним из официальных оппонентов по докторской диссертации Анатолия Михайловича выступил крупнейший учёный в области электрификации сельского хозяйства, академик ВАСХНИЛ Леонид Георгиевич Прищеп. Это была легендарная личность, так же, как и доцент В.В. Назимов, и академик И.И. Мартыненко, академик Л.Г. Прищеп прошёл войну. После войны он занимал различные административные должности в вузах и научных учреждениях, такие как, ректор Московского института инженеров сельскохозяйственного производства (1964-1972 гг.), академик-секретарь Отделения механизации и электрификации сельского хозяйства ВАСХНИЛ (1973-1978 гг.), одновременно директор ВИЭСХ (1973-1977 гг.) и многие другие. Академик Л.Г. Прищеп был автором всеми любимого для студентов-электриков учебного издания «Учебник сельского электрика», много раз переиздаваемого с внесением актуальных обновлений, и пользующегося большой популярностью у преподавателей и студентов энергетических факультетов аграрных вузов страны.

Целью исследования успешно защищённой докторской диссертации явилось теоретическое и экспериментальное обоснование технологии обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высококонцентрированным инфракрасным нагревом. Исследования по диссертации проводились в течение 20 лет, идейным вдохновителем которых был доцент В.В. Назимов. В ходе выполнения исследований по докторской диссертации был сделан большой объём работ, связанный с разработкой, изготовлением и испытанием электротехнических средств, предназначенных для обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья. Безусловно, известно, что подготовка докторской

диссертации требует участия большого и дружного коллектива единомышленников, одному человеку такой большой объём работ выполнить очень тяжело. Рядом с А.М. Худоноговым на всех этапах его работы находились верные друзья и помощники в лице коллег и студентов факультета ЭСХ. Большая часть работ по изготовлению сушильных установок и биостимуляторов была выполнена учебным мастером кафедры Анатолием Петровичем Панаевым. Следует отметить обстоятельную работу по проведению экспериментальных исследований и внедрению научных достижений в производство преподавателей и аспирантов кафедры ЭП и ЭМ М.А. Никитенко, К.А. Франтенко, С.Л. Садовского, Л.П. Рычковой, Ю.С. Лбова [47].

Проблема исследования чисто биологических, биохимических и биофизических процессов и явлений, происходящих в обрабатываемых материалах под воздействием различных электрофизических факторов, по своей сложности и масштабности находится в одном ряду с крупными научными направлениями, решение которых посильно только большим научным коллективам, имеющим в своём наличии специалистов различных профилей [43]. В конце 1970-ых и 1980-ые годы в связи расширением фронта исследований в научную работу кафедры ЭП и ЭМ включились кафедры агрономического и зооинженерного факультетов, а так же кафедра факультета охотоведения, которые совместно с кафедрой ЭП и ЭМ решают ряд задач, соответствующих их профилю, в том числе и реализации экспериментальной части докторской диссертации А.М. Худоногова. Испытанием по эффективности применения электротеплового излучения в технологических процессах повышения посевных качеств семян сельскохозяйственных культур занимались профессор агрономического факультета А.Г. Белых и доценты этого факультета В.И. Наумов, А.С. Филиппов, М.С. Наумова. Вопросами вскармливания зерна животным и птице, обработанного высококонцентрированным инфракрасным излучением, занимался доцент зооинженерного факультета Е.М. Урбанович [47].

Рассказывая о защите докторской диссертации А.М. Худоногова, необходимо упомянуть и об учебном мастере кафедры ЭП и ЭМ Панаеве А.П., который выполнил гигантский объём работ по созданию всех технических средств, на которых выполнялись производственно-экспериментальные исследования. По существующим на тот момент инструкциям должность учебного мастера должен занимать человек, имеющий высшее электротехническое образование. Не имея такового документа, Анатолий Петрович и теоретически, и особенно практически прекрасно разбирался в любом электротехническом вопросе. Он с успехом мог найти и устранить неисправность в телевизоре и магнитофоне, в электронных и механических часах и в других более сложных электротехнических изделиях. Этот человек обладал особым конструкторским складом ума. Анатолий Михайлович, говоря о А.П. Панаеве, рассказывал, что ему под силу и такое задание, как подковать блоху электронными гвоздями [14].

По воспоминаниям Анатолия Михайловича после защиты его докторской диссертации выступил ректор Благовещенского СХИ (1984-2002 гг.),

доктор технических наук, профессор Борис Иванович Кашпура, который при поздравлении с успешной защитой с лёгким юмором подметил, что он теперь в расчёте с ИСХИ. Его высказывание по поводу отданного долга было связано с тем, что Борис Иванович в мае 1967 года в стенах ИСХИ защитил кандидатскую диссертацию.

17 сентября 1989 года решением Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР Анатолию Михайловичу Худоногову присуждена учёная степень доктора технических наук, а через два года решением Государственного комитета СССР по народному образованию от 2 октября 1991 года присвоено ученое звание профессора по кафедре электропривода и электрических машин.

После ухода с должности декана факультета в 1987 году он возвращается на должность заведующего кафедрой ЭП и ЭМ (фото 4), на которой проработает до ухода на пенсию в 2000 году.



Слева направо: первый ряд – Седова А.Г., Худоногов А.М., Рычкова Л.П., Лбов Ю.С.; второй ряд – М.А. Никитенко, Худоногов И.А., Садовский С.Л., Фалько В., Панаев А.П.

Фотография 4 – **Кафедра электропривода и электрических машин, 1991 г.**

Не могло остаться безрезультатным и многолетнее плодотворное сотрудничество коллег с А.М. Худоноговым в исследованиях по эффективному применению инфракрасного нагрева в технологических процессах обработки и переработки растительного сырья. Закономерным итогом такого тесного сотрудничества становится защита кандидатской диссертации Рычковой

Людмилы Петровны 23 ноября 1990 года в Ленинградском СХИ на тему «Регулируемый инфракрасный нагрев в процессах сушки кедровых орехов» (научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Л.А. Астраханцев) [35].

Большой трагедией, как и для всех Советских людей его поколения, становится развал СССР, следствием которого явилось снижение престижа высшего аграрного образования и науки. Начинается новая эпоха в истории страны. Несмотря на все перипетии, происходящие в стране, профессор А.М. Худоногов верен науке. Он расширяет область научных исследований по электротепловой обработке и сушке растительного сырья. Новыми объектами исследований становятся лекарственные растения для получения целебных чаёв (фото 5-7). В 1993 году на базе лаборатории «Электротехнология дикорастущих» начинает работу до 2001 года минифабрика по производству оздоровительного чая из дикорастущих и культивируемых лекарственных растений Западного Прибайкалья с ежегодным производством чая до 60 тонн [49]. Разработаны технологии получения и рецептуры чаёв «Байкальский», «Чагирский», «Копорский» (Иван-чай), «Курильский» и др.



Слева направо: Худоногов И.А., Епифанов А.Д., Бузунова М.Ю., Рычкова Л.П., Фалько В., Алтухов И.В., Гладкий Г.Ю., Худоногов А.М., Панаев А.П.

Фотография 5 – **Дегустация целебного чая сотрудниками энергетического факультета ИрГСХА, 1999 г.**



Слева направо: В.И. Рюмкин, Н.А. Шпица, И.А. Худоногов.

Фотография 6 – **Дегустация целебного чая сотрудниками ИрГСХА**



Фотография 7 – **Профессор А.М. Худоногов и его аспирант И.В. Алтухов демонстрируют наработки по инфракрасной обработке и сушке лекарственных растений, 1998 г.**

Несмотря на тяжёлые годы, работа лаборатории «Электротехнология дикорастущих» даёт хорошие результаты не только по производству целебного чая, но и по подготовке кандидатских диссертаций. Из сотрудников лаборатории первым в 1997 году в СПбГАУ кандидатскую диссертацию на тему «Повышение энергоэкономичности в процессах термообработки чайных растений путём применения эффективных методов и электротехнологических средств» защищает Игорь Анатольевич Худоногов (научный руководитель – докт. техн. наук, профессор В.Н. Карпов [15]) [48].

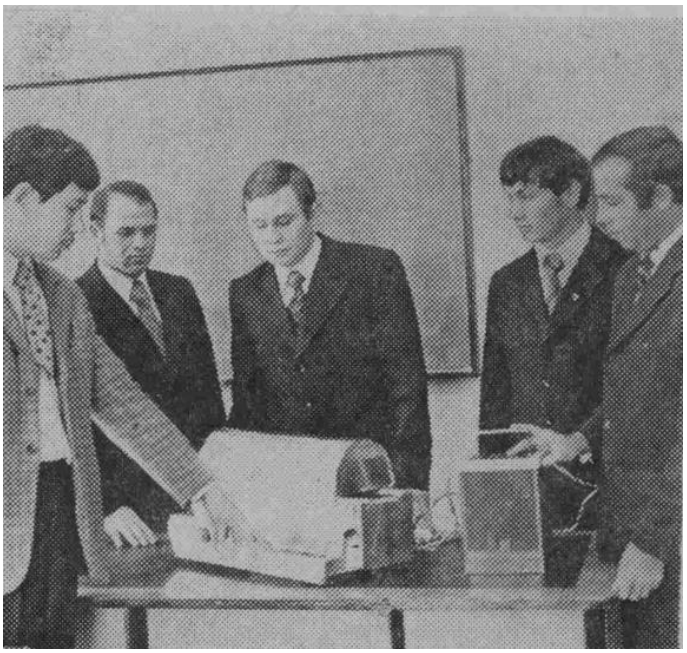
Не заставили себя ждать и защиты остальных сотрудников лаборатории. 23 июня 2000 г. в АлтГТУ под руководством А.М. Худоногова защищает кандидатскую диссертацию Игорь Вячеславович Алтухов. Тема диссертации посвящена снижению энергозатрат в процессах сушки плодов лекарственных растений путём управления прерывным ИК-облучением [2]. Следующей по счёту становится защита кандидатской диссертации Александра Дмитриевича Епифанова на тему «Энергосберегающие методы и средства в технологии сушки отходов кедровых шишек инфракрасным излучением», которая успешно прошла 25 декабря 2002 года в АлтГТУ (научный руководитель – докт. техн. наук, профессор А.М. Худоногов) [10].

Рассказывая о работе Анатолия Михайловича в альма-матер в начале статьи указано, что здесь он приобрёл надёжных и верных друзей, встречался и дружил с легендарными личностями в области сельской электрификации. Подробнее сообщим о написанном. Самыми близкими его друзьями в ИСХИ-ИрГСХА, начиная с 1960-тых годов, были Александр Фёдорович Найдыш (доцент кафедры тракторов и автомобилей) и Пётр Петрович Наумов (профессор кафедры биологии зверей и птиц). С ними он дружил семьями, отдыхал на природе, ходил на рыбалку и охоту, собирал грибы и ягоды, проводил свободное время в беседах. Так сложилась жизнь, к большому сожалению, друзья ушли в мир иной, так рано и так быстро, о чём сильно переживал и до сих пор переживает это горе А.М. Худоногов.

Касаемо дружбы и общения с видными учёными-энергетиками сельского хозяйства, то он лично был знаком с академиками ВАСХНИЛ Игорем Александровичем Будзко, Леонидом Георгиевичем Прищепом, Иваном Федоровичем Бородиным, Иваном Ивановичем Мартыненко, чл.-корр. РАН Николаем Васильевичем Цугленком и многими другими известными учёными в области электрификации сельского хозяйства. В Советские времена все четыре академика ВАСХНИЛ по приглашению декана и зав. спецкафедрами гостили в ИСХИ, работали по несколько лет председателями ГЭК на факультете ЭСХ.

Хочется добавить ещё один штрих к портрету Анатолия Михайловича. Считаю обязательным отразить его активную работу по вовлечению студентов в ряды руководимого им научного студенческого общества (НСО), в котором соблюдался принцип его учителя В.В. Назимова «Студент – Наука – Производство». Как говорил Анатолий Михайлович, на его взгляд каждый преподаватель в процессе выполнения своих работ в науке должен иметь подшефную группу студентов, с которой он имеет большой контакт по всем

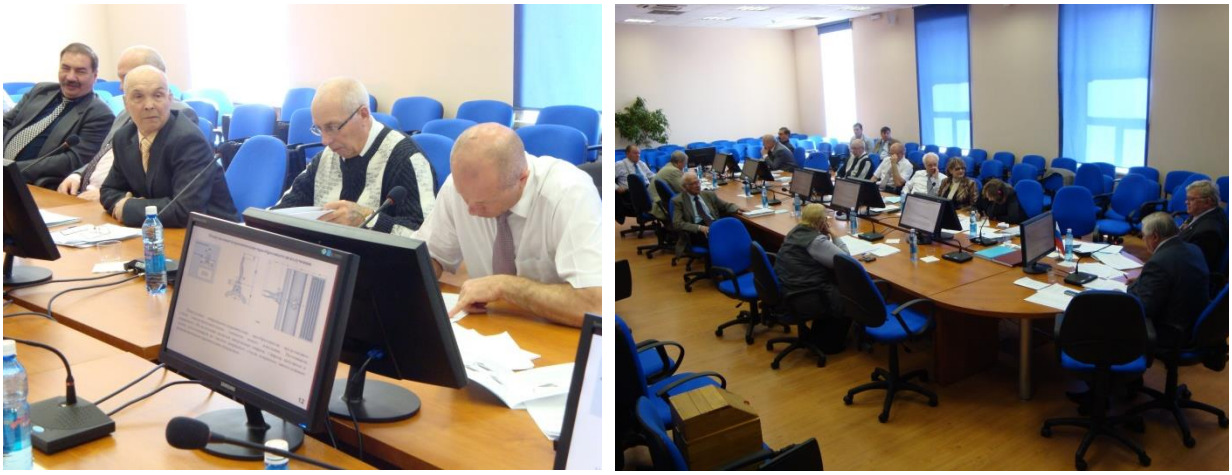
направлениям вузовской деятельности и совместно со студентами ведёт научные исследования, готовит студентов к будущей научной деятельности.



Для эффективного научного руководства группа студентов должна состоять из 8-10 человек [24]. С первых дней работы на кафедре ЭП и ЭМ он проводит научную работу со студентами, привлекая их с первого курса к исследованиям по единой тематике «Исследование процессов обработки пищевых и кормовых материалов посредством энергии инфракрасного излучения». Студенты, работая в НСО, самостоятельно создают действующие сушильные установки и биостимуляторы зерновых культур, при этом в НСО установлена преемственность поколений, студенты младших курсов перенимают опыт у старшекурсников. Студенческие работы неоднократно демонстрируются на факультетских, институтских, областных, республиканских и всесоюзных конференциях и выставках. С докладами и макетами собственного изготовления студенты выезжают в города: Москва, Минск и Уфа [46]. На фотографии газеты «НИВА» от 12.12.1975 г. стоят руководитель научного кружка А.М. Худоногов и студенты 3-го курса факультета ЭСХ после создания действующей модели радиационной сушилки, представленной на зональном смотре-конкурсе студенческих работ в Иркутском политехническом институте.

Приведём некоторые примеры работы студентов в НСО. В 1975 году действующая модель сушилки РС-02, изготовленная студентами признана лучшей по секции энергетики на зональной выставке научных исследований вузов Восточной Сибири и направлена для демонстрации на Всероссийскую выставку научных работ в ВДНХ (19.11-03.12.1975 г.) [20]. Весной 1976 года студенты 3 курса С. Неволин, А. Бошаров, Л. Потапов, А. Седых выступают с очным докладами в Белорусской СХА, где их награждают грамотами за лучшие доклады. За разработку электрического терморадиационного биостимулятора с наклонной камерой студент Анатолий Федотов (отец доцента кафедры энергообеспечения и теплотехники Иркутского ГАУ, кандидата технических наук Виктора Анатольевича Федотова) в 1981 году награждён дипломом Министерства высшего и среднего специального образования СССР и Центрального комитета ВЛКСМ. Состоял в НСО и будущий кандидат технических наук Дамдинсурен Гантулга (студент из МНР). Студенты – члены НСО ежегодно становятся Ленинскими стипендиатами (С. Кожемякин, И. Худоногов и др.).

На протяжении более 20 лет Анатолий Михайлович являлся членом диссертационных советов при АлтГТУ (председатель совета, Заслуженный деятель науки и техники РФ О.К. Никольский [30]) и КрасГАУ (председатель совета, чл.-корр. РАН Н.В. Цугленок [51]) (фото 8). Высоко ценится научный кругозор и авторитет учёного А.М. Худоногова, его неоднократно приглашают в качестве эксперта при оппонировании диссертаций. На сегодняшний день профессор А.М. Худоногов оппонировал более 100 докторских и кандидатских диссертаций в области инженерных агропромышленных наук, энергетики, электрификации, энергетического машиностроения и транспорта.



а) *б*)

***а*) слева направо: Вишняков А.А., Чепелев Н.И., Астраханцев Л.А., Худоногов А.М., Наумов И.В.;**
***б*) слева направо: Вишняков А.А., Чепелев Н.И., Худоногов А.М., Наумов И.В., Никольский О.К., Куликова Л.В., техн. секретарь совета Бельская Ю.О., зам. председателя совета Селиванов Н.И., председатель совета Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., оф. оппонент Кунгс Я.А., Делягин В.Н., Докин Б.Д.;**
позади членов совета сидят аспирант Федотов В.А. и докторант Шерьязов С.К. Вышли из зала отдохнуть в перерыве между защитами диссертаций Матюшев В.В., Кузьмин А.Е. (фотографии сделаны уч. секретарем совета Бастрон А.В.).

Фотография 8 – **В перерыве работы диссовета ДМ 220.037.01 при Красноярском государственном аграрном университете, 2011 г.**

Глубочайшим увлечением учёного и педагога А.М. Худоногова является спорт, он регулярно занимается лыжами, а в молодые годы хорошо играл в футбол. Ежегодно принимает участие в лыжных гонках на первенстве сотрудников вуза, межвузовских и региональных соревнованиях. На ежегодных межфакультетских спартакиадах «Здоровье», находясь в одной возрастной категории, он активно соперничал с доцентами В.И. Ларионовым (мастер спорта СССР по биатлону), Б.Н. Орловым, В.А. Рычковым и многими другими. В составе сборной ИСХИ по лыжам (В.И. Ларионов, В.А. Рычков, Н.В. Лоцман, А.М. Худоногов, Г.А. Ситникова, Л.А. Кищенко, Т.А. Лосева и др.) принимал участие в спартакиадах «Здоровье» среди сотрудников сельскохозяйственных вузов зоны Сибири и Дальнего Востока, внося весомый вклад в общекомандную победу родного института. Кроме непосредственного участия в спортивных состязаниях Анатолий Михайлович искренне поддерживал своих друзей-

лыжников в различных соревнованиях в качестве болельщика. Так, например, зимой 1988 года его друг Владимир Иванович Ларионов (49 лет) принимал участие в 30-километровой лыжной гонке в честь Дня здоровья, в которой около 100 лыжников вышли на трассу. В этой ожесточённой схватке сильнейших лыжников региона В.И. Ларионов пришёл на финиш четвёртым, и большая доля успеха в этой гонке принадлежала А.М. Худоногову, который был его единственным и главным болельщиком, активно помогая ему по трассе [31]. За сборную факультета ЭСХ в 1980-ые годы вместе с Анатолием Михайловичем выступали А.И. Тесля, М.А. Никитенко, А.А. Лукин, А.Д. Епифанов, С.С. Бутаев. Команда электриков особенно была сильна в межфакультетских эстафетах института, всегда борясь до последнего метра за призовые места.

После выхода на пенсию в 2000 году Анатолий Михайлович Худоногов переводом принят в Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта (ныне ИрГУПС) на должность профессора кафедры электроподвижного состава, где и работает по настоящее время. Работая в ИрГУПС, он один год исполнял обязанности декана электромеханического факультета (2005 г.). С переходом в железнодорожный университет начинается новый этап в научной деятельности А.М. Худоногова, связанный с повышением надёжности и продлением ресурса электрических машин тягового подвижного состава, при этом он увлечённо продолжает исследования и по научным тематикам, заложенным в ИСХИ-ИрГСХА.

В ИрГУПС Анатолий Михайлович с энтузиазмом применяет свой богатый опыт работы по внедрению результатов исследований в производство, а также научно-исследовательской работы со студентами и аспирантами (фото 9). Результаты многолетних исследований им и его учениками внедрены на железнодорожных и промышленных предприятиях Восточной Сибири и Дальнего Востока. Студенты и аспиранты становятся победителями различных конкурсов и грантов регионального и федерального уровня. Одним самых значимых наград является Премия Правительства Российской Федерации 2023 года в области науки и техники для молодых учёных и почётные звания лауреатов премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники его учеников Евгения Юрьевича Дульского и Павла Юрьевича Иванова. Молодые учёные получили Премию и почётные звания за разработку технологии для проведения быстрого и качественного ремонта изоляции двигателей электровозов и тепловозов, в чём немалая заслуга их научного руководителя Анатолия Михайловича Худоногова и представителей их научной школы.



Фотография 9 – **Профессор А.М. Худоногов и его аспирантка Е.М. Лыткина демонстрируют президенту ОАО «Российские железные дороги» Владимиру Ивановичу Якунину и гостям оборудование для мониторинга состояния здоровья машинистов [13]. (фото из газеты «Гудок» от 12.09.2008 г.)**



Работая в ИрГУПС, Анатолий Михайлович никогда не забывает об альма-матер, участвуя во всех юбилейных мероприятиях университета и факультета (фото 10), в традиционной встрече выпускников «20 лет спустя». На праздничные мероприятия всегда приносит с собой гитару и исполняет

душевные песни для коллег и выпускников, делясь воспоминаниями о работе в родном институте. На постоянной основе принимает участие с докладами в работе научно-практической конференции «Чтения И.П. Терских», проводимой в честь памяти его учителя. Не пропускает ни одной предзащиты докторских и кандидатских диссертаций соискателей и аспирантов энергетического факультета Иркутского ГАУ, активно выступая в прениях и давая существенные рекомендации по улучшению работы.



Слева направо: Вржащ Е.Э. (декан факультета 1989-1992 гг.), Лукин А.А., Бузунова М.Ю. (декан факультета 1996-2008 гг., 2013-2018 гг.), Худоногов А.М. (декан факультета 1980-1983 гг., 1985-1987 гг.), Очиров В.Д., Макридина Л.Н., Алтухов И.В. (декан факультета 2008-2013 гг.), Никитенко М.А., Наумов И.В. (декан факультета 1992-1996 гг.), Епифанов А.Д.

Фотография 10 – **Встреча ветеранов и преподавателей энергетического факультета на 80-летии Иркутского ГАУ, 2014 г.**

В 2009 году по приглашению декана энергетического факультета И.В. Алтухова профессор А.М. Худоногов возвращается в ИрГСХА, как совместитель, возглавив научно-исследовательскую лабораторию «Энергосбережение в электротехнологиях». За четыре года работы в должности заведующего лабораторией под его руководством было выполнено четыре научно-исследовательские темы по заказу Минсельхоза России, которые послужили основой для защит кандидатских диссертаций младших научных сотрудников В.Д. Очирова [33] и В.А. Федотова [39], а также докторской диссертации старшего научного сотрудника И.В. Алтухова [3].

В период работы в ИСХИ (ИрГСХА) и ИрГУПС профессор А.М. Худоногов подготовил 9 кандидатов технических наук: И.В. Алтухов [2], А.Д. Епифанов [10], Д.В. Коноваленко [17], Д.А. Оленцевич [32], Е.М. Лыткина [21], Е.Ю. Дульский [9], П.Ю. Иванов [12], Н.Ю. Мануилов [22], А.И.

Хамнаева [40]. Кроме научного руководства Анатолий Михайлович активно проводил научное кураторство при подготовке к защите кандидатских диссертаций Л.П. Рычковой [35], И.А. Худоногова [48], В.Д. Очирова [33], А.А. Васильева [7] и докторских диссертаций В.П. Смирнова [36], И.А. Худоногова [49], И.В. Алтухова [3], Е.Ю. Дульского [8]. Все перечисленные учёные являются представителями научной школы проф. А.М. Худоногова.

За долгий и добросовестный труд в подготовке специалистов и общественной работе А.М. Худоногов награждён нагрудными знаками «За отличные успехи в работе высшего образования СССР» и «Почётный работник Высшего профессионального образования России», почётными грамотами Министерства транспорта Российской Федерации и губернатора Иркутской области, медалью лауреата Всесоюзного смотра самодеятельного художественного творчества, посвящённого 40-летию Победы в Великой Отечественной войне, и другими наградами. Результаты его научных исследований нашли отражение более чем в 300 научно-методических работах, из них более 50 патентов на изобретение.

Своим безупречным трудом А.М. Худоногов снискал уважение и признательность своих коллег – учёных, преподавателей, аспирантов и студентов. Студенты особенно высоко ценили его за знания и умение простым профессиональным языком изложить сложный учебный материал специальных дисциплин, о чём они с теплотой вспоминают на традиционных встречах «20 лет спустя», «30 лет спустя», «40 лет спустя» выпускников факультета электрификации сельского хозяйства ИСХИ-ИрГСХА.

Анатолий Михайлович честный, отзывчивый, доброжелательный, глубоко порядочный, высоко эрудированный человек и специалист, с тонким чувством юмора, прекрасный семьянин, с супругой Татьяной Романовной вырастил двух сыновей, помогает воспитывать внучку и внука. Коллективы энергетического и инженерного факультета Иркутского ГАУ желают ему продолжения активной научной и творческой жизни, успехов во всем!

Список литературы

1. *Азербаев, Э.Г.* Сохраняя героизм поколений / *Э.Г. Азербаев, В.И. Покорский*. – Иркутск: Рекламаград, 2017. – 400 с.

2. *Алтухов, И.В.* Снижение энергозатрат в процессах сушки плодов лекарственных растений путем управления прерывным ИК облучением: дис. … канд. техн. наук: 05.20.02 / *Алтухов Игорь Вячеславович*. – Иркутск, 2000. – 230 с.

3. *Алтухов, И.В.* Технология получения концентрированных сахаросодержащих продуктов с использованием импульсной инфракрасной обработки и сушки корнеклубнеплодов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / *Алтухов Игорь Вячеславович*. – Иркутск, 2016. – 440 с.

4. *Астраханцев, Л.А.* Повышение эффективности сельских электроустановок с полупроводниковыми преобразователями: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / *Астраханцев Леонид Алексеевич*. – Пушкин, 1992. – 35 с.

5. *Астраханцева, Н.М.* Помню первые наши шаги… / *Н.М. Астраханцева* // НИВА. – 1984. – № 30 (540). – С. 2.

6. *Буриштейн, Г.* Плюс четыре центнера зерна с гектара / *Г. Буриштейн, В.В. Назимов, А.М. Худоногов* // НИВА. – 1977. – № 35 (163). – С. 3.

7. *Васильев, А.А.* Совершенствование технологии деповского ремонта вспомогательных электрических машин электропоездов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Васильев Антон Александрович*. – Омск, 2018. – 19 с.

8. *Дульский, Е.Ю.* Научные основы теории упрочнения изоляции электрооборудования тягового подвижного состава тепловым излучением: дис. … д-ра техн. наук: 2.9.3 / *Дульский Евгений Юрьевич*. – СПб., 2023. – 394 с.

9. *Дульский, Е.Ю.* Совершенствование технологии восстановления изоляции электрических машин тягового подвижного состава при деповском ремонте: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Дульский Евгений Юрьевич*. – Иркутск, 2014. – 20 с.

10. *Епифанов, А.Д.* Энергосберегающие методы и средства в технологии сушки отходов кедровых шишек инфракрасным излучением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / *Епифанов Дмитрий Александрович*. – Иркутск, 2002. – 190 с.

11. *Зарубина, Т.* Необыкновенная обыкновенная жизнь / *Т. Зарубина* // НИВА. – 1978. – № 27 (197). – С. 2.

12. *Иванов, П.Ю.* Повышение эксплуатационной надёжности асинхронных вспомогательных машин магистральных электровозов переменного тока: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Иванов Павел Юрьевич*. – Иркутск, 2015. – 20 с.

13. ИрГУПС показал свои разработки [Электронный ресурс] / Гудок. – 2008. – № 36. – С. 5. – Режим доступа: https://gudok.ru/zdr/170/?ID=577977. – Дата обращения: 30.07.2024 г.

14. ИСХИ: один из нас / НИВА. – 1990. – № 6 (740). – С. 1

15. *Карпов, В.Н.* Энергосберегающая методология применения лучистой энергии в сельскохозяйственном производстве: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.02 / *Карпов Валерий Николаевич*. – Челябинск, 1985. – 37 с.

16. *Кириленко, А.С.* Кузница управленческих кадров для сельского хозяйства Приангарья или, что дала селу ИрГСХА с 1934 по 2014 годы / *А.С. Кириленко, В.И. Покорский*. – Иркутск, 2014. – 488 с.

17. *Коноваленко, Д.В.* Рациональные режимы сушки увлажненной изоляции обмоток тяговых электрических машин: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Коноваленко Даниил Викторович*. – Хабаровск, 2007. – 23 с.

18. *Кузьмин, А.Е.* Обеспечение эффективности функционирования системы пневмомолокопроводной линии доильных установок: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / *Кузьмин Ананий Ефимович*. – Новосибирск, 1991. – 566 с.

19. *Ласкина, В.* Каждую разработку – на уровень изобретения / *В. Ласкина* // НИВА. – 1985. – № 31 (582). – С. 3.

20. *Ласкина, В.* Пятнадцать лучших (итоги зональной выставки студенческих научных работ) / *В. Ласкина* // НИВА. – 1975. – № 35 (75). – С. 1.

21. *Лыткина, Е.М.* Повышение эффективности капсулирования изоляции лобовых частей обмоток тяговых двигателей электровозов инфракрасным излучением: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Лыткина Екатерина Михайловна*. – Хабаровск, 2011. – 28 с.

22. *Мануилов, Н.И.* Совершенствование методов и средств диагностики тормозной сети поезда: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Мануилов Никита Игоревич*. – Иркутск, 2019. – 18 с.

23. *Мартыненко, И.И.* Разработка новых методов расчёта и исследования сельскохозяйственных потребительских электроустановок: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.02 / *Мартыненко Иван Иванович*. – Киев, 1967. – 272 с.

24. *Назимов, В.В.* «Зачем студенту опекун?» / *В.В. Назимов, А.М. Худоногов* // НИВА. – 1979. – № 37 (245). – С. 3.

25. *Назимов, В.В.* Исследование электрических нагрузок механизированной молочно-товарной фермы: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.02 / *Назимов Василий Васильевич*. Иркутск, 1956. – 23 с.

26. *Назимов, В.В.* Инфракрасные лучи – в хозяйства / *В.В. Назимов* // НИВА. – 1976. – № 17. – С. 3.

27. *Назимов, В.В.* Село ждёт инженеров-электриков / *В.В. Назимов* // НИВА. – 1974. – № 13. – С. 3

28. *Назимов В.В.* Тема диссертации очень актуальна / *В.В. Назимов* // НИВА. – 1976. – № 19. – С. 2.

29. *Назимов, В.В.* Ценные разработки / *В.В. Назимов* // НИВА. – 1974. – № 3. – С. 2.

30. *Никольский, О.К.* Основы создания оптимальных систем обеспечения электробезопасности людей при эксплуатации электроустановок сельскохозяйственного назначения напряжением 380 В: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / *Никольский Олег Константинович*. – Барнаул, 1978. – 418 с.

31. Один, но среди лучших / НИВА. – 1988. – № 8 (680). – С. 4.

32. *Оленцевич, Д.А.* Совершенствование системы технического содержания изоляции тяговых двигателей электровозов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.07 / *Оленцевич Дмитрий Андреевич*. – Хабаровск, 2010. – 24 с.

33. *Очиров, В.Д.* Обоснование режимов ИК-энергоподвода в технологии сушки корнеплодов моркови импульсными керамическими преобразователями излучения: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / *Очиров Вадим Дансарунович*. – Красноярск, 2011. – 189 с.

34. *Панов, Л.И.* Факультету электрификации – десять лет / *Л.И. Панов* // НИВА. – 1980. – № 12 (260). – С. 2.

35. *Рычкова, Л.П.* Регулируемый инфракрасный нагрев в процессах сушки кедровых орехов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / *Рычкова Людмила Петровна*. – Ленинград, 1990. – 22 с.

36. *Смирнов, В.П.* Непрерывный контроль температуры предельно нагруженного оборудования электровоза: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.22.07 / *Смирнов Валентин Петрович*. – Омск, 2005. – 44 с.

37. *Терских, И.П.* Научные основы функциональной диагностики (эксплуатационных параметров) машинно-тракторных агрегатов: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.03 / *Терских Иван Петрович*. – Иркутск, 1973. – 420 с.

38. *Терских, И.П.* Успех перестройки решают кадры / *И.П. Терских* // НИВА. – 1987. – № 31 (663). – С. 2.

39. *Федотов, В.А.* Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / *Федотов Виктор Анатольевич*. – Иркутск, 2013. – 140 с.

40. *Хамнаева, А.И.* Повышение эффективности пневматической тормозной системы грузового подвижного состава в режиме зарядки и отпуск: дис. … канд. техн. наук: 2.9.3 / *Хамнаева Алена Игоревна*. – Иркутск, 2023. – 199 с.

41. *Худоногов, А.А.* Патогенетическое обоснование алгоритма диагностики латентной стадии открытоугольной глаукомы высокого и низкого давления: дис. … канд. мед. наук: 14.03.03 / *Худоногов Александр Анатольевич*. – Иркутск, 2013. – 115 с.

42. *Худоногов, А.М.* Исследование процесса сушки зеленых растений инфракрасными лучами: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / *Худоногов Анатолий Михайлович*. – Киев, 1974. – 22 с.

43. *Худоногов, А.М.* Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высоконцентрированным инфракрасным нагревом: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01, 05.20.02 / *Худоногов Анатолий Михайлович*. – Иркутск, 1988. – 428 с.

44. *Худоногов, А.М.* О духовном и научном наследии Василия Васильевича Назимова / *А.М. Худоногов, И.В. Алтухов* // Техника и технологии инженерного обеспечения АПК: мат. IV-го регион. науч.-произв. сем. «Чтения И. П. Терских» (ИрГСХА, 26-27 сентября 2011 г.). – Иркутск, 2011. – С. 144 - 149.

45. *Худоногов, А.М.* Памяти товарища / *А.М. Худоногов* // НИВА. – 1987. – № 3 (635). – С. 4.

46. *Худоногов, А.М.* Слово – ученым электрофака / *А.М. Худоногов, Л.И. Панов* // НИВА. – 1984. – № 24 (534). – С. 1-2.

47. *Худоногов, А.М.* Что я защищал в Благовещенском СХИ / *А.М. Худоногов* // НИВА. – 1989. – № 18 (724). – С. 2.

48. *Худоногов, И.А.* Повышение энергоэкономичности в процессах термообработки чайных растений путем применения эффективных методов и электротехнологических средств ИК-облучения: дис. … канд. техн. наук: 05.20.02 / *Худоногов Игорь Анатольевич*. – СПб, 1997. – 150 с.

49. *Худоногов, И.А.* Ресурсосберегающие методы управления ИК-энергоподводом в процессах производства оздоровительного чая: дис … д-ра техн. наук: 05.20.02 / *Худоногов Игорь Анатольевич*. – Красноярск, 2009. – 414 с.

50. *Худоногова, Е.Г.* Биология, экология и продуктивность полезных растений Предбайкалья: анализ, прогнозирование и оптимизация использования: дис. … д-ра биол. наук: 03.02.01 / *Худоногова Елена Геннадьевна*. – Иркутск, 2015. – 462 с.

51. *Цугленок, Н.В.* Формирование и развитие структуры электротермических комплексов подготовки семян к посеву: автореф. … дис. д-ра техн. наук: 05.20.01, 05.20.02 / *Цугленок Николай Васильевич*. – Барнаул, 2000. – 44 с.

Сведения об авторе(ах)

Очиров Вадим Дансарунович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

Information about the author(s)

Ochirov Vadim D. – candidate of technical sciences, assistant professor, head of the department of power supply and heating engineers (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89501205411, e- mail: ochirov@igsha.ru).

УДК 316.472

ТАЛАНТЛИВЫЙ УЧЁНЫЙ И ПЕДАГОГ

С.А. Сайванова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Статья посвящена учебной, научной, методической работе доктора биологических наук, профессора Рядинской Нины Ильиничны. Большая часть трудовой деятельности учёного прошла и проходит в Алтайском государственном аграрном университете (1993-2013 гг.) и Иркутском государственном аграрном университете (2013 г. и по настоящее время). На сегодняшний день стаж научной и педагогической работы юбиляра в образовательных организациях высшего образования составляет более 30 лет. Нина Ильинична постоянно работает над повышением своего педагогического мастерства, активно ведёт научно-исследовательскую работу. При кафедре ею возобновлён анатомический музей животных и на протяжении ряда лет пополняется новыми экспонатами. Под руководством Рядинской Н.И. создана научная школа и занята ниша по изучению морфогенеза эндемика Байкала – нерпы. В стенах ВУЗа организована учебная научно-исследовательская лаборатория «Диагностика и патоморфология животных», где проводят исследования студенты, аспиранты и сотрудники университета, а также экспертизы различного характера

по заявкам следственных органов.

***Ключевые слова*:** Иркутский государственный аграрный университет, факультет биотехнологии и ветеринарной медицины, доктор биологических наук, профессор, Н.И. Рядинская, анатомический музей, анатомия, препарат, байкальская нерпа, эндемик, морфогенез.

A TALENTED SCIENTIST AND TEACHER

S.A. Saivanova

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article is devoted to the educational, scientific, methodological work of Nina Ilyinichna, doctor of biological sciences, professor Ryadinskaya. Most of the scientist's work has been and is taking place at the Altai state agrarian university (1993-2013) and Irkutsk state agrarian university (2013 to the present). To date, the experience of scientific and pedagogical work of the hero of the day in educational institutions of higher education is more than 30 years. Nina Ilyinichna is constantly working to improve her teaching skills, actively conducts research work. She resumed the only anatomical museum of animals in eastern siberia and has been replenished with new exhibits for a number of years. Under the leadership of N.I. Ryadinskaya, a scientific school was established and a niche was occupied to study the morphogenesis of the Baikal seal endemic. The educational research laboratory «Diagnostics and pathomorphology of animals» has been organized within the walls of the university, where students, graduate students and university staff conduct research, as well as examinations of various types at the request of investigative authorities.

Keywords: Irkutsk state agrarian university, faculty of biotechnology and veterinary medicine, doctor of biological sciences, professor, N.I. Ryadinskaya, anatomical museum, anatomy, preparation, baikal seal, endemic, morphogenesis.

Юбилей истинного учёного и педагога – это подведение итогов, а ещё – это шаг на пути в прекрасную пору его зрелости и как человека, и как научного деятеля.

«…Нина Ильинична, у Вас в голове только одна наука!? – возмущённо в сердцах произнесла одна нерадивая аспирантка…». Мы часто вспоминаем её слова, и в корне не согласны с таким мнением. Нина Ильинична не только блестящий учёный и организатор научной деятельности – восхищение вызывают поразительное трудолюбие, увлечённость любимым делом. Она заботливая мать, любящая бабушка шести внуков, у неё много учеников, соратников. Можно только удивляться и восхищаться: как у этой женщины хватает на всё сил.

Рядинская Нина Ильинична родилась 2 ноября 1959 г. в селе Терехта Усть-Коксинского района Алтайского края. Школьные годы прошли в г. Барнауле, в школе № 50, где Нина принимала самое активное участие в общественной жизни – возглавляя учебный совет старших классов.

Для воплощения своей мечты – связать свою жизнь с ветеринарной медициной, Нина Ильинична начала трудовую деятельность лаборантом на кафедре терапии и фармакологии факультета ветеринарной медицины Алтайского ГАУ в 1985 г., уже в 1986 году поступает в Алтайский государственный

аграрный университет, который успешно окончила в 1992 году по специальности «Зоотехния». После окончания ВУЗа она приглашается на должность ассистента кафедры анатомии и гистологии, а также как анатом – в частную ветеринарную клинику, где она приобрела бесценный опыт работы, как с владельцами животных, так и с самими животными. В период трудовых будней в клинике научилась понимать «Молчаливых пациентов», проводить профилактический осмотр, а также благодаря стажировке в медицинских лабораториях, работать с различным оборудованием для определения клинической и лабораторной диагностики заболеваний животных.



Рисунок 1 – **Доктор биологических наук, профессор Н.И. Рядинская**

С началом педагогической деятельности, Нина Ильинична погружается в фундаментальный мир морфологии – изучая не только анатомию сельскохозяйственных животных, но и маралов, участвуя в конференциях. Для выполнения раздела кандидатской диссертации по гистохимическим методам исследования командируется в Бурятскую государственную сельскохозяйственную академию имени В.Р. Филиппова. При этом же ВУЗе в 1999 году Рядинская Н.И. защищает кандидатскую диссертацию на тему «Анатомо-гистологические особенности и васкуляризации поджелудочной железы маралов и крупного рогатого скота чёрно-пёстрых голштинских помесей в постнатальном онтогенезе». Ей присуждена учёная степень кандидата биологических наук. С 2000 года она назначена на должность старшего преподавателя кафедры анатомии и гистологии и по совместительству заместителем директора института ветеринарной медицины по учебной работе Алтайского ГАУ. С 2003 по 2011 годы работает в должности доцента кафедры анатомии и

гистологии, параллельно с 2004 по 2008 годы обучается в очной докторантуре этой же кафедры, самостоятельно отбирая материал для исследования от всех оленей Алтая: лоси, косули, пятнистые олени и маралы. Учёное звание доцента по кафедре анатомии и гистологии присвоено в 2004 году. В 2008 году блестяще защищена докторская диссертация на тему «Морфология поджелудочной железы у животных подсемейства настоящих оленей Алтая» в Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина и в 2009 году присуждена учёная степень доктора биологических наук. С 2011 по 2013 года Нина Ильинична трудится в должности профессора кафедры анатомии и гистологии Алтайского ГАУ.

В 2013 году Нина Ильинична приглашена на должность профессора кафедры анатомии и ветеринарно-санитарной экспертизы факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, и большую роль в этом сыграла декан Ильина Ольга Петровна. С этого времени кафедра получила «Свежий приток воздуха» путём упорного труда Рядинской Н.И.

Рядинская Н.И. ведёт курс анатомии животных для студентов очного, очно-заочного и заочного обучения по специальностям 36.05.01 Ветеринария и 36.03.02 Зоотехния. В учебном процессе применяет творческий подход и современные компьютерные технологии. С 2016 года по сентябрь 2022 года по результатам конкурсного отбора юбиляр назначена заведующей кафедрой анатомии, физиологии и микробиологии, а с сентября 2022 года по настоящее время в связи с реорганизацией кафедр – заведующей кафедрой морфологии животных и ветеринарной санитарии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». Заслуженное учёное звание профессора по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология получила в 2022 году.

За годы работы в Иркутском ГАУ Нина Ильинична сформировала команду единомышленников – энергичных, высококвалифицированных специалистов, а также студентов, готовых изучать организм байкальской нерпы – эндемика Байкала в норме и при патологии. Научно-исследовательская работа по данной тематике была одобрена в Росрыболовстве РФ (2014 г.), также исследования входят в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) по теме «Морфогенез органов байкальской нерпы в различные периоды онтогенеза в норме и при патологии». По данному направлению научных изысканий коллективом опубликовано 1 монография по исследованию анатомических особенностей селезёнки и около 200 научных статей [8, 9, 10]. Защищено 3 кандидатских диссертации по специальности 06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (2016 г. – Сайванова С.А., 2020 г. – Табакова М.А., 2022 г. – Помойницкая Т.Е.). В настоящее время готовятся к защите две докторских работ (2025 г.) и общая монография по анатомическим особенностям организма байкальской нерпы. Во время подготовки диссертантов Нина Ильинична вкладывает всю душу и непосредственно принимает участие в организации экспедиций по озеру Байкал, в поиске и транспортировке материала, его

отбора, подготовке коррозионных и гистологических препаратов, ювелирно их, препарируя и обрабатывая, анализируя результаты и итоги кропотливых исследований по байкальской нерпе. Для нас, её учеников это является огромным примером и толчком для научных изысканий. Нашим учителем разработан метод наливки органов животных с помощью монтажной пены для получения коррозионных препаратов (№ 322 от 25.01.2011 г.) [7], который мы используем в своих исследованиях.



Слева направо: Аникиенко И.В., Тарасевич В.Н., Рядинская Н.И., Помойницкая Т.Е., Табакова М.А., Плиска А.А., Сайванова С.А.

Рисунок 2 – **Отбор материала сотрудниками факультета по изучению морфогенеза байкальской нерпы, 2017 г.**

Кроме этого, ею организован анатомический кружок, где студенты с большим энтузиазмом изучают и осваивают различные методы научно-исследовательской работы, направленные на развитие навыков самостоятельной работы. Музейные экспонаты кафедры, созданные ещё в далекие 50-е годы прошлого столетия профессором Амалицким В.Г. и другими предшественниками, пополняется новыми препаратами, изготовленными в различной технике, по системам организма животных и птиц, включая экзотических. Экспонаты часто выставляются на образовательных ярмарках, агропромышленных выставках, профориентационных мероприятиях.



а б

Рисунок 3 – **Анатомический музей (а), экспонаты музея (б), 2024 г.**

Результаты своих научных изысканий студенты-кружковцы докладывают на конференциях и конкурсах различного уровня, занимая призовые места. К примеру, в 2022 году с Иркутским государственным медицинским университетом организована совместная работа кружков по анатомии и физиологии лабораторных животных. На базе аграрного и медицинского университетов проводятся семинары и конференции, а также экспериментальные операции на лабораторных животных, где студенты-кружковцы принимают самое активное участие.



а б

Рисунок 4 – **Увлечённая работа студентов в кружке (а), 2023 г, препарирование черепа и грудных конечностей байкальской нерпы (б), 2019 г.**

Нина Ильинична стала инициатором и идейным вдохновителем ежегодной олимпиады по анатомии животных, задачами которой является выявление максимального уровня теоретического и практического освоения различных разделов дисциплины «Анатомия животных» и поддерживание одарённых студентов, способных к решению теоретических и практических задач, к творческой и научной деятельности. В ноябре 2022 года студенты 2-го курса по специальности 36.05.01 Ветеринария приняли участие в Межвузовской олимпиаде по сравнительной анатомии в г. Новосибирске и заняли 1-е место по визитной карточке и 3-е место в целом.



Рисунок 5 – **Победители олимпиады, 2015 г.**

Нина Ильинична принимает активное участие в международных, региональных, межвузовских и внутривузовских научно-практических конференциях, симпозиумах по сохранению байкальской нерпы, консультациях по анатомической принадлежности животных, консультациях по изучению каспийского тюленя коллегам из Казахстана, диспансеризации нерпинария.

За последние три года она принимала активное участие в работе диссертационных советов в качестве официального оппонента докторских и кандидатских диссертаций (Ставропольский ГАУ, Московская ГАВМиБ, Санкт-Петербургская ГАВМ, Дальневосточный ГАУ, Омский ГАУ, Оренбургский ГАУ).

В плане методической работы Нина Ильинична «Пионер» и трудоголик на факультете, ею подготовлено и опубликовано более 20 учебно-методических пособий, рекомендаций, 6 электронных учебных пособий для аспирантов направления подготовки кадров высшей квалификации 36.06.01 Ветеринария и зоотехния [1 - 6].

С 2019 года по настоящее время Рядинская Н.И. является заведующей учебной научно-исследовательской лабораторией «Диагностика и патоморфология животных». Сотрудники и студенты лаборатории осваивают новые методы исследований, совершенствуют классические методы в патологической диагностике, приобретается оборудование, в том числе за счёт грантов (внутривузовские, Фонд озера Байкал). Лаборатория также осуществляет свою научную и хозяйственную деятельность на основе использования научно-технических достижений с целью проведения помощи судебно-следственным органам, определения половозрастной и видовой принадлежности животных, установления причины гибели животных и выявления фактов незаконной деятельности человека по отношению к животным.

Рядинская Н.И. совместно с центром дополнительного профессионального образования и управлением ветеринарии Иркутской области принимает участие в подготовке кадров для АПК области.

Нина Ильинична постоянно повышает свою квалификацию в различных ведущих ВУЗах страны, прошла профессиональную подготовку по ветеринарно-санитарной экспертизе. Кроме того, проводит мастер-классы по изготовлению коррозионных препаратов в Московской ветеринарной академии имени Скрябина, Новосибирском ГАУ.

Заведуя кафедрой, Рядинская Н.И. организовывала и направляла свой коллектив на реализацию современных требований к подготовке специалистов, являясь генератором идей и лидером духовной и общественной жизни. Её умение сотрудничать с людьми, способствовало созданию в коллективе атмосферы высокой взаимотребовательности, доброжелательности, заинтересованности в достижении поставленных целей. Значительное внимание с её стороны уделяется укреплению кадрового потенциала кафедры (на данный момент 100 %-я остепенённость профессорско-преподавательского состава), оснащению учебных аудиторий наглядными пособиями, оборудованием и укреплению научных и творческих связей кафедры с ведущими вузами Российской Федерации.

Рядинская Н.И. входит в состав учёного совета факультета биотехнологии и ветеринарной медицины и учёного совета Иркутского ГАУ.

Нина Ильинична является лауреатом премии Алтайского края в области науки и техники (2014 г.). За период работы как в Алтайском ГАУ, так и Иркутском ГАУ за многолетний добросовестный труд в системе агропромышленного комплекса неоднократно награждалась почётными грамотами ВУЗов, Алтайского краевого законодательного собрания (2012 г.), управления ветеринарии Алтайского края (2008 г.) и управления ветеринарии Иркутской области (2014, 2019, 2020 гг.), Министерства сельского хозяйства Иркутской области (2017 г.), благодарностью Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2019 г.), а также является Почётным работником агропромышленного комплекса России (2023 г).

Коллектив факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Иркутского ГАУ от всей души желает Вам, дорогая Нина Ильинична, крепкого здоровья, творческих успехов и новых научных достижений. Ваша яркая личность и востребованная профессиональная деятельность – это замечательный пример того, что в науке «Нет генералов». Есть мастера своего дела – упорные, настойчивые и принципиальные, отвечающие за то, что они делают и творят.

Список литературы

1. Атлас по анатомии байкальской нерпе / *Н.И. Рядинская, И.В. Аникиенко, А.А. Молькова, С.А. Сайванова, В.Н. Тарасевич, М.А. Табакова, Т.Е. Помойницкая* // Изд-во Иркутского ГАУ, 2017. – on-line (Электронная библиотека Иркутского ГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/atlas_po_nerpe/index.htm.

2. Атлас по анатомии овцы [Электронный ресурс] : для аспирантов направления подгот. кадров высш. квалификации 36.06.01 Ветеринария и зоотехния / *Н.И. Рядинская* // Изд-во ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2017. – on-line (Электронная библиотека ИрГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/atlas_po_anatomii_ovcy/index.htm.

3. Анатомия животных [Электронный ресурс] : учеб. пособие для аспирантов направления подгот. кадров высш. квалификации 36.06.01 – Ветеринария и зоотехния / *Н.И. Рядинская.* – в 2 ч. 2-е изд., изм. и доп. – Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского. Ч. 1 : Соматическая группа. – 2017. – on-line (Электронная библиотека ИрГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/anatomiya_zhivotnyh_ch1/index.htm.

4. Анатомия животных [Электронный ресурс] : учеб. пособие для аспирантов направления подгот. кадров высш. квалификации 36.06.01 – Ветеринария и зоотехния / *Н.И. Рядинская.* – в 2 ч. 2-е изд., изм. и доп. – Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского. Ч. 2 : Висцеральная группа. – 2017. – on-line (Электронная библиотека ИрГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/anatomiya_zhivotnyh_ch2/index.htm.

5. Микроциркуляторное русло у животных [Электронный ресурс] : электронное учеб. пособие для аспирантов направления 36.06.01 Ветеринария и зоотехния. / *Н.И. Рядинская* – 2-е изд., изм. и доп. – Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. – on-line (Электронная библиотека ИрГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/_ruslo/index.htm.

6. Морфологические методы исследования [Электронный ресурс] : электронное учеб. пособие для аспирантов направления подгот. кадров высш. квалификации 36.06.01 Ветеринария и зоотехния / *Н.И. Рядинская, И.И. Силкин* // Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. – on-line (Электронная библиотека ИрГАУ). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://195.206.39.221/fulltext/Ryadinskaya_i004081/index.htm.

7. *Рядинская, Н.И.* Использование противопожарной пены «Invamat» для инъекции кровеносных сосудов / *Н.И. Рядинская* // «Удостоверение на рационализаторское предложение № 322» от 25 января 2011 г., г. Барнаул, выдано Алтайским ГАУ.

8. *Ryadinskaya, N.I.* Identification of causes of death of Baikal seal (Puca sibirica Gmelin, 1788) / *I.V. Anikienko, S.A. Saivanova, I.V. Maltsev, M.A. Tabakova, A.A. Molkova, T.E. Pomoinitskaya* // Turkish Journal of Zoology, 2020 – С.60 - 63.

9. *Сайванова, С.А.* Морфологические особенности селезенки байкальской нерпы: монография / *С.А.Сайванова, Н.И. Рядинская, О.П. Ильина* // Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. – 120 с.

10. *Saivanova, S.A.* Topography of the superficial lymph nodes of the Baikal seal / *S.A. Saivanova, N.I. Ryadinskaya, O.P. Ilyina* // AIP Conference Proceedings. International conference «Sustainable development: Veterinary medicine, agriculture, engineering and ecology» (VMAEE2022). – Moscow, 2023. – s. 020032.

Сведения об авторе(ах)

Сайванова Светлана Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии животных и ветеринарной санитарии Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Иркутская область, Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: 89500808438, e-mail: ms.svetikss@mail.ru.

Information about the author(s)

Sayvanova Svetlana A. – candidate of biological sciences, associate professor of the department of animal morphology and veterinary sanitation of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, FSBEI HE Irkutsk state agrarian university, 664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel.: 89500808438, e-mail: ms.svetikss@mail.ru.

УДК 621.31

ВЯЧЕСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ БОННЕТ. ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ

А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Работа посвящена жизни и деятельности одного из самых выдающихся преподавателей Иркутского ГАУ, доцента Боннет Вячеслава Владимировича, проработавшего на кафедре «Электрооборудование и физика» до конца своей жизни, обучая и воспитывая студентов и учеников. Представлены результаты его достижений в жизни и творчестве.

Ключевые слова: Боннет Вячеслав Владимирович, факультет механизации, энергетический факультет, студенты, педагог.

VYACHESLAV VLADIMIROVICH BONNET. LIFE AND CAREER

A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The work is devoted to the life and work of one of the most outstanding teachers of Irkutsk state university, associate professor vyacheslav Vladimirovich Bonnet, who worked at the Department of Electrical Equipment and Physics until the end of his life, teaching and educating students and pupils. The results of his achievements in life and work are presented.

Key words: Vyacheslav Vladimirovich Bonnet, Faculty of Mechanization, Faculty of Energy, students, teacher.

В мае 2024 года коллектив Иркутского ГАУ простился со скоропостижно скончавшимся Боннет Вячеславом Владимировичем. В настоящей работе, мы хотим немного написать об этом замечательном человеке, ставшего для нас Учителем.

Вячеслав Владимирович родился 23 сентября 1974 года в п. Шумский Нижнеудинского района Иркутской области в семье Владимира Яковлевича – водителя в местном леспромхозе и Лидии Яковлевны – учителя математики. В 1991 году, после окончания средней школы, Вячеслав Владимирович поступил в Иркутский сельскохозяйственный институт, а 1996 году успешно завершил обучение уже в Иркутской государственной сельскохозяйственной академии с присвоением квалификации «Инженер-механик».

После окончания учебы вернулся в свой родной посёлок, где был принят помощником управляющего по технике в АКХ «Сибирь». Проработав год в хозяйстве, решил продолжить своё обучение. Как он сам вспоминал, решение было принято на берегу реки Уда, где он был со своим другом детства.

Обсуждая чем дальше заняться (обоих ждала служба в рядах вооруженных сил), он решил попробовать поступить в очную аспирантуру.



Поступил Вячеслав Владимирович в аспирантуру факультета механизации под руководство выдающегося Учёного Терских Ивана Петровича. Работа над кандидатской диссертацией давалась ему легко, он смог применить тогда только появившиеся персональные компьютеры для создания графиков, моделей, автоматизации расчётов. В период обучения познакомился и подружился с другими учениками Ивана Петровича, коллегами с факультета механизации, где завёл много друзей, которые помнят его и ценят.

В 2001 году его работа над диссертацией «Влияние технического состояния картофелеуборочного комбайна на надёжность и экономичность функционирования технологического процесса (на примере КПК-2-01)» была окончена, защита состоялась в Новосибирском Государственном аграрном университете. Пока Вячеслав Владимирович работал над диссертацией, он также работал на кафедре «Эксплуатации машинно-тракторного парка» у Ивана Петровича инженером по испытанию и внедрению новой техники. По окончании аспирантуры ему хотелось продолжить работу на своей родной кафедре, но судьба сложилась по-другому. По рекомендации Ивана Петровича Вячеслав Владимирович был назначен приказом ректора на должность заведующего кафедрой «Электропривод и электрические машины». Так начался новый виток в его жизни, уже связанный с энергетическим факультетом.

Работа на энергетическом факультете была по своему сложной, для человека с другим образованием, но он смог достойно себя показать. Ему пришлось доказать себе и коллективу энергетического факультета что он знает, может и хочет работать.

Вячеслав Владимирович успешно руководил кафедрой «Электропривод и электрические машины» (с 2006 года переименована в кафедру «Электрификация сельского хозяйства», с 2011 года объединена с кафедрой «Физики» и получила название кафедра «Электрооборудование и физика») с 2001 по 2016 год. С 2016 года сам отказался от заведования и продолжил работу уже в должности доцента этой же кафедры. Неоднократно награждался благодарностями разного уровня за большой вклад в деле образования, в том числе от Министерства сельского хозяйства Иркутской области.

Помимо руководства кафедрой Вячеслав Владимирович, как и все преподаватели проводил занятия со студентами, являлся куратором учебных групп. Студенты-выпускники всегда с теплотой вспоминают его занятия, где всё доходчиво, ясно и понятно излагалось. За многолетнюю работу им было выпущено огромное количество дипломников, специалистов в области электрификации сельского хозяйства, работающих в разных отраслях.

Работа в ВУЗе в качестве педагога неразрывно связана с научной деятельностью. Вячеслав Владимирович постоянно занимался исследованиями, сначала под руководством Ивана Петровича, затем создал своё направление и продолжил дело своего Учителя, но уже в области совершенствования системы эксплуатации электрических машин в сельскохозяйственном производстве. За всю свою недолгую, но очень яркую жизнь им было опубликовано более 150 научных статей и учебных пособий, из них 4 патента на изобретение, 17 статей в журналах из перечня ВАК, 16 статей статей в журналах входящих в международные базы цитирования *Scopus* и *Web of Science*. Помимо работы над собой, им также велась работа по подготовке учеников для продолжения исследований. Под чутким руководством Вячеслава Владимировича подготовлено и защищено две диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Так же нужно отметить, что Вячеслав Владимирович был хорошим семьянином, у него осталась жена и трое детей. Он очень любил свою малую родину, поэтому ещё обучаясь в аспирантуре он начал строить в родном посёлке большой дом на обширной территории с множеством надворных построек. Этот дом стал его настоящей гордостью, праздничные дни и отпуск он всегда старался проводить с семьей именно там. Ещё в школьные годы у Вячеслава Владимировича сформировалась любовь к природе родного края, он часто ездил в лес и тайгу на автомобиле или мотоцикле. Ещё одной его страстью с детства стала рыбалка. Было множество поездок на водоёмы на малой родине (р. Уда), Братское и Иркутское водохранилища и, конечно, озеро Байкал.

Вячеслав Владимирович проработал в Университете 27 лет: много это? или мало? В любом случае это вся сознательная ЖИЗНЬ! Жизнь прожитая достойно, плодотворно. Последним наказом для родных, у него стало написать на памятнике: «Я ЖИЛ СЧАСТЛИВО!!!».

В нашей памяти Вячеслав Владимрович останется Учителем, Другом, Педагогом! Светлая Тебе память!!

Сведения об авторах

Логинов Александр Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 1/1, тел.: 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Прудников Артем Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, 1/1, тел.: 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

Information about the author

Loginov Alexandr Yu. – candidate of technical sciences, associate professor, faculty of energy engineering, department of electrical and physics of Irkutsk state agrarian university named after A. A. Egeskog (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, 1/1, tel.: 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Prudnikov Artem Yu. – candidate of technical Sciences, associate Professor, faculty of energy engineering, Department of electrical and physics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodejnii village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

УДК 316.472

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ЭМИРА АСГАДОВИЧА ТАИРОВА (19.10.1944 – 15.03.2024)

В.Д. Очиров

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Аннотация. Статья посвящена памяти доктора технических наук, профессора Эмира Асгадовича Таирова. Профессор Э.А. Таиров всю свою жизнь посвятил фундаментальной науке, проработав больше полувека в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. Кроме научной деятельности часть своей богатой трудовой и творческой жизни он посвятил преподавательской работе в высших учебных заведениях г. Иркутска, в частности, проработал с 2003 по 2017 год на кафедре энергообеспечения и теплотехники Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. В работе отражены личные воспоминания автора о совместной работе с профессором Э.А. Таировым.

Ключевые слова: профессор Э.А. Таиров, ученый, педагог, теплофизик, коллега.

IN BLESSED MEMORY OF PROFESSOR EMIR ASGADOVICH TAIROV (19.10.1944 – 15.03.2024)

V.D. Ochirov

FSBEI HE Irkutsk SAU named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Annotation. The article is dedicated to the memory of doctor of technical sciences, professor Emir Asgadovich Tairov. Professor E.A. Tairov devoted his entire life to fundamental science, having worked for more than half a century at the Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. In addition to scientific activities, he devoted part of his rich working and creative life to teaching at higher educational institutions in Irkutsk, in particular, he worked from 2003 to 2017 at the department of energy supply and heat engineering of the Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. The work reflects the author's personal memories of his joint work with Professor E.A. Tairov.

Key words: professor E.A. Tairov, scientist, teacher, thermophysicist, colleague.

В 2024 году коллектив энергетического факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ простился и проводил в последний путь доцента Людмилу Петровну Рычкову, профессора Эмира Асгадовича Таирова, доцента Вячеслава Владимировича Боннета, профессора Геннадия Сергеевича Кудряшева, много лет проработавших в нашем университете и внёсших большой вклад в развитие энергетического факультета.

В настоящей статье вкратце отражу, хотя это очень не просто писать о нём в прошедшем времени, некоторые штрихи о прекрасном человеке Эмире Асгадовиче Таирове, с которым мне посчастливилось поработать на кафедре энергообеспечения и теплотехники, которого глубоко уважал и многому научился у него, когда начинал свою педагогическую деятельность.



Эмир Асгадович Таиров родился 19 октября 1944 года в городе Фусин Китайской народной республики. В 1952 году он поступил в русскую школу в г. Якэши (Манжурия) и окончил в ней три класса. В 1955 году переехал с родителями в Россию, с. Оёк Иркутского района Иркутской области. В 1963 году окончил Оёкскую среднюю школу и поступил на физико-технический факультет Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева (ТГУ), который окончил в 1968 году с присвоением квалификации «Инженер-механик» по специальности «Динамика летательных аппаратов» [1].

По окончанию университета в 1968 году Эмир Асгадович был принят на работу в научно-исследовательский институт прикладной математики и механики при ТГУ на должность младшего научного сотрудника, где проработал до 1971 года. В 1971 году переехал в Иркутск и был принят на работу в Сибирский энергетический институт СО АН СССР (в настоящее время Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН)), посвятив всю свою жизнь фундаментальной науке. В течение 53 лет он проработал в ИСЭМ СО РАН в лаборатории динамики парогенерирующих систем, пройдя все ступени от инженера до заведующего лабораторией (зав. лаб. с 1987 г.). С наступлением «Лихих» 90-х ежегодное финансирование на научные исследования в стране постепенно снижалось, но несмотря на эти обстоятельства Эмиру Асгадовичу удалось сохранить в трудные для отечественной науки годы как работу уникального экспериментального стенда «Высокотемпературный контур», так и коллектив лаборатории. Под его непосредственным руководством коллективом лаборатории были проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования и получены результаты,

признанные научным сообществом России и мира результатами мирового уровня [7].

По результатам многочисленных исследований 14 сентября 1979 года Э.А. Таиров успешно защитил кандидатскую диссертацию в Московском энергетическом институте (МЭИ) на тему «Моделирование и исследование динамических свойств систем теплообменников» (научный руководитель – докт. техн. наук Борис Петрович Корольков) [6]. В 1982 году ему присвоено учёное звание старшего научного сотрудника по специальности «Теплофизика», а в 1988 году решением Министерства высшего и среднего специального образования СССР присвоено звание доцента по кафедре теплотехнических систем. Итогом многолетних комплексных исследований явилась защита 13 декабря 2000 года его докторской диссертации в ИСЭМ СО РАН на тему «Методы комплексного исследования динамики энергетических установок и их элементов» [5].

Эмир Асгадович всем известен, как авторитетный учёный в области теплофизики, в связи с чем, он был востребован в экспертной деятельности, как научный эксперт Российской академии наук и член экспертной коллегии инновационного центра «Сколково» [7]. На протяжении многих лет он принимал участие в работе диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций при Иркутском высшем военном авиационном инженерном училище, Байкальском государственном университете, Красноярском государственном аграрном университете.

О достижениях и успехах Э.А. Таирова в научно-исследовательской работе можно судить по многочисленным публикациям в самых авторитетных российских и международных изданиях, индексируемых в наукометрических базах *Scopus* и *Web of Science*, активной реализации большого количества грантов РНФ, РФФИ и других фондов, а также широким внедрением научных разработок в производство. Разработанные им математические модели котельных установок и энергоблоков и реализующие их алгоритмы внедрены в виде программных комплексов на компьютерных тренажерах котлоагрегатов Ново-Иркутской ТЭЦ, энергоблока 150 МВт Иркутской ТЭЦ-10 и котлоагрегатов Красноярской ТЭЦ-2.

Кроме активной научной работы Э.А. Таиров часть своей богатой трудовой и творческой жизни посвятил педагогической деятельности в высших учебных заведениях г. Иркутска. В течение нескольких лет он преподавал в ИРНИТУ, а с 2003 года по 2017 год работал профессором кафедры энергообеспечения и теплотехники ИрГСХА (ныне Иркутский ГАУ) (фото. 1-3) [4]. Приход в 2003 году проф. Э.А. Таирова на кафедру, только что созданную в 2001 году и находящуюся на тот момент в стадии своего зарождения и становления, дал хороший импульс её дальнейшему успешному развитию. В целом период 2003-2006 гг. ознаменовался для кафедры укомплектованием профильными кадрами за счёт научных работников ИСЭМ СО РАН (Э.А. Таиров, А.А. Кошелев) и ведущих специалистов в области теплоэнергетики (В.В. Нечаев, В.А. Бочкарев). Работу в вузе Э.А. Таиров продолжал совмещать с

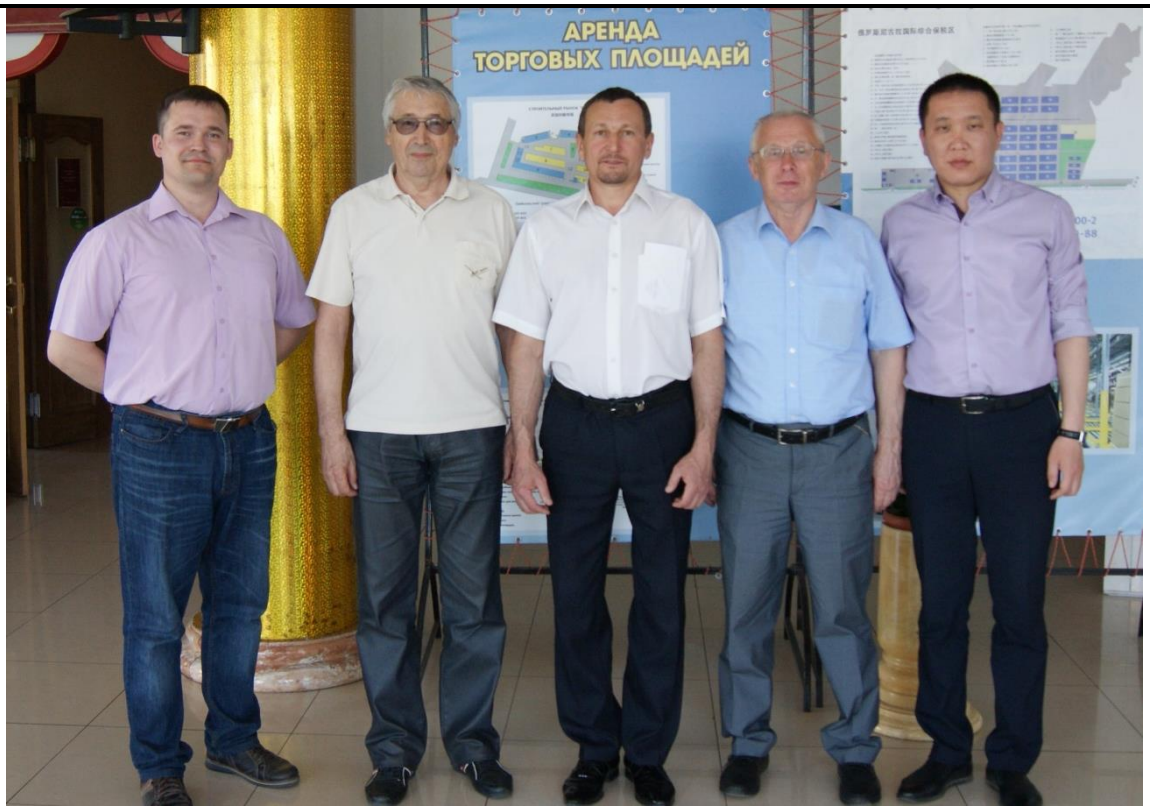
научной деятельностью в ИСЭМ СО РАН на должности главного научного сотрудника лаборатории динамики парогенерирующих систем.



Слева направо: первый ряд – Э.А. Таиров, Г.В. Лукина, С.М. Быкова;
второй ряд – И.В. Алтухов, С.А. Васильев, В.В. Нечаев, В.А. Бочкарев, В.А. Федотов.
Фотография 1 – **Кафедра теплоэнергетики, 2007 г.**



Слева направо: В.В. Нечаев, Э.А. Таиров, О.Н. Цыдыпова, А.Н. Лысенко,
Ф.А. Федотов, В.Д. Очиров, Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, М.Г. Руденко.
Фотография 2 – **Кафедра энергообеспечения и теплотехники, 2014 г.**



Слева направо: В.А. Федотов, Э.А. Таиров, И.В. Алтухов, Г.С. Кудряшев, В.Д. Очиров.

Фотография 3 – **Кафедра энергообеспечения и теплотехники, 2017 г.**

Профессор Э.А. Таиров, работая в Иркутском ГАУ, на высокопрофессиональном уровне читал дисциплины по своему профилю научной деятельности (фото 4), такие как техническая термодинамика, тепломассообмен, тепломассообменное оборудование предприятий, современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии, инженерный эксперимент.



Фотография 4 – **Проф. Э.А. Таиров при проведении практических занятий со студентами специальности 140106 Энергообеспечение предприятий**

Каждый год под его руководством готовили к защите и успешно защищали выпускные квалификационные работы не менее 7-8 студентов, многие из которых по сегодняшний день работают на объектах теплоэнергетики. С первых дней работы в университете, Эмир Асгадович на постоянной основе входил состав Государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) Иркутского ГАУ (фото 5). Много лет он отработал председателем ГЭК по теплоэнергетическим специальностям в ИРНИТУ и Братском государственном университете. Эмир Асгадович, являясь специалистом высокого уровня в области теплоэнергетики и математического моделирования, часто выступал официальным оппонентом по докторским и кандидатским диссертациям, никогда не отказывал в работе и в качестве рецензента таких работ. Много раз лично видел, находясь на кафедре, как к нему приходили аспиранты нашего университета и других вузов, принося на рецензирование диссертационные работы, по итогу изучения которых он давал обстоятельные рекомендации по улучшению работы.



Фотография 5 – **Работа проф. Э.А. Таирова в составе ГЭК энергетического факультета Иркутского ГАУ по специальности 140106 Энергообеспечение предприятий**

Из общественных работ в университете проф. Э.А. Таиров активно выполнял функции куратора студенческой группы, всегда интересуясь жизнью и бытом студентов в университете и в общежитии, особенно его, сильно волновала академическая неуспеваемость студентов. Для повышения успеваемости он лично беседовал со студентами и обзванивал их родителей, убеждал студентов взяться за дисциплину и держал решение этой студенческой проблемы на постоянном контроле. Как заведующий кафедрой, могу отметить несмотря на то, что Эмир Асгадович был в должности профессора, он очень ответственно, как и ко всем своим делам, относился к обязанностям куратора студенческой группы, всегда посещал университетские и факультетские собрания кураторов, выполнял своевременно все приказы и распоряжения по воспитательной работе. Ежегодно со студенческой группой посещал мероприятия, проводимые в Иркутском выставочном центре «СибЭкспоЦентр» для ознакомления с новыми достижениями науки и техники. На фотографии Эмир Асгадович со студентами курируемой группы на выставке «Агропромышленная неделя» (выпуск теплоэнергетиков 2016 г.).



Мои личные воспоминания связаны с Эмиром Асгадовичем с первого дня нашего знакомства в ноябре 2008 года после моего поступления в аспирантуру при кафедре электроснабжения и теплоэнергетики. Особенно близко я подружился с ним в 2011 году, когда начал работать в должности ассистента кафедры. Два года я проработал ассистентом проф. Э.А. Таирова, он читал лекции, а я проводил все лабораторные и практические занятия. В этот период совместной работы он много мне подсказывал и консультировал по всем вопросам эффективного проведения занятий и в целом по основательной подготовке к парам, рекомендовал профессиональную литературу, которую лучше всего использовать в учебном процессе. К делу подготовки к занятиям Эмир Асгадович относился очень серьезно, был очень требователен ко мне и к студентам, многие выпускники до сих пор с теплотой вспоминают про строгую дисциплину, которая присутствовала при проведении им лекций и семинаров.

После того, как в 2013 году я стал заведующим кафедрой энергообеспечения и теплотехники, Эмир Асгадович предложил мне подготовить по читаемой нами дисциплине учебное пособие с грифом УМО. Данную плодотворную работу мы успешно провели в 2014-2015 учебном году и подготовили к печати лабораторный практикум по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий», допущенный УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники (МЭИ) в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» [8]. Тогда при работе над своим первым учебным пособием я многому научился у опытных коллег – проф. Эмира Асгадовича Таирова и директора Института энергетики ИРНИТУ Вадима Валентиновича Федчишина.

В 2008 году под руководством проф. Э.А. Таирова защитил кандидатскую диссертацию Анатолий Алексеевич Левин [3]. Впоследствии А.А. Левин 25 июня 2024 года защитил докторскую диссертацию [2].

Эмир Асгадович за свою долгую и активную научно-исследовательскую и учебно-педагогическую деятельность и выдающиеся заслуги в науке и образовании был награждён почётными грамотами Президиума Республиканского комитета профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений РСФСР, Президиума СО РАН, Министерства сельского хозяйства Иркутской области, благодарностями Президента РАН,

Губернатора Иркутской области, мэра г. Иркутска. С 2000 г. являлся Ветераном труда [7].

После его выхода на заслуженный отдых в 2017 году я продолжал поддерживать с ним связь, ежегодно звонил ему, чтобы поздравить с Днём рождения от себя и от коллектива кафедры. Эмир Асгадович обладал хорошим качеством умения дружить с коллегами. В плане учебного процесса он сильно переживал за качество его проведения, сам участвуя в подготовке и ремонте лабораторного оборудования. В памяти о нём сразу всплывают некоторые жизненные моменты, которые характеризуют его, как верного друга и человека, болеющего за свое дело. В 2014-2015 учебном году на кафедре вышли из строя установка для изучения теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе и установка для исследования теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости. На первой установке сломался дорогостоящий циркуляционный насос, который он заменил, купив новый на собственные средства. Во второй установке перегорел электрический водонагреватель, замену которого было сложно провести в условиях университета, т.к. не было комплектующих материалов и специализированного оборудования для ремонта. Эмир Асгадович на своей машине отвёз установку в ИСЭМ СО РАН, где с коллегами по лаборатории привёл установку в работоспособное состояние. О дружбе с ним вспоминается, как он пригласил коллег из Иркутского ГАУ и ИСЭМ СО РАН на свой 70-летний Юбилей, где познакомил их между собой. В 2015 году он пригласил меня на празднование 55-летия ИСЭМ СО РАН, хотя я не имел никакого отношения к академическому институту. Особенно памятным для меня стал его дружеский жест, когда Эмир Асгадович в 2018 году передал мне в дар для личного пользования в учебном процессе свою богатую библиотеку по теплоэнергетике и теплотехнике, которую он формировал многие годы. Среди множества подаренной им литературы были очень раритетные издания, которые сейчас сложно найти в библиотеках учебных заведений. Можно было бы написать ещё множество других ярких примеров его дружбы с коллегами и добросовестного отношения к работе, но, думаю и представленного материала достаточно, чтобы понять каким замечательным человеком был Эмир Асгадович.

В личных беседах с Эмиром Асгадовичем на кафедре мне было интересно узнать, почему он, являясь действующим научным сотрудником Российской академии наук, решил посвятить часть своей жизни работе в аграрном вузе, а не, например, в техническом, что ближе ему по специфике его научного направления. Ответ на этот вопрос был следующим: его родители и он сам родом из села, работая в аграрном университете, он частично хотел отработать свой долг перед сельским хозяйством, т.к. всё своё детство и юность он прожил в сельской местности и получил там среднее образование.

До сих пор трудно в это поверить и осознать, что 15 марта 2024 года перестало биться сердце проф. Эмира Асгадовича Таирова. В памяти коллег энергетического факультета Иркутского ГАУ он навсегда останется верным другом и мудрым советчиком, трудолюбивым, честным, ответственным, добросовестным и светлым человеком, примером увлечённости научной работой,

поистине интеллигентного отношения к коллегам, оптимистичного и энергичного подхода к жизни.

Список литературы

1. *Азербаев Э.Г.* Сохраняя героизм поколений / *Э.Г. Азербаев, В.И. Покорский*. – Иркутск: Рекламаград, 2017. – 400 с.

2. *Левин А.А.* Развитие методов моделирования тепломассообменных процессов в энергетических установках в условиях интенсивных фазовых превращений: дис. … докт. техн. наук: 1.2.2 / *Левин Анатолий Алексеевич*. – Иркутск, 2023. – 314 с.

3. *Левин А.А.* Разработка эффективных математических моделей динамических процессов в теплоэнергетическом оборудовании: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / *Левин Анатолий Алексеевич*. – Иркутск, 2008. – 20 с.

4. *Очиров В.Д.* Подготовка бакалавров по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ / *В.Д. Очиров* // Актуальные вопросы образования: мат. междунар. науч.-практ. конф. (Иркутский ГАУ, 5-6 октября 2023 г.). – Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2023. – С. 82 - 89.

5. *Таиров Э.А.* Методы комплексного исследования динамики энергетических установок и их элементов: дис. ... докт. техн. наук: 05.14.01 / *Таиров Эмир Асгадович*. – Иркутск, 2000. – 356 с.

6. *Таиров Э.А.* Моделирование и исследование динамических свойств систем теплообменников: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.05 / *Таиров Эмир Асгадович*. – Иркутск, 1979. – 169 с.

7. Ушел из жизни Таиров Эмир Асгадович [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://isem.irk.ru/news/news2024-03-18/. – Дата обращения: 15.09.2024 г.

8. *Федчишин В.В.* Тепломассообменное оборудование предприятий: лабораторный практикум: допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники / *В.В. Федчишин, Э.А. Таиров, В.Д. Очиров*. – Иркутск, 2015. – 123 с.

Сведения об авторе(ах)

Очиров Вадим Дансарунович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

Information about the author(s)

Ochirov Vadim D. – candidate of technical sciences, assistant professor, head of the department of power supply and heating engineers (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).