

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени А.А. ЕЖЕВСКОГО»**

МАТЕРИАЛЫ

**X Национальной научно-практической конференции
с международным участием
«Чтения И.П. Терских»,
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»
6 - 8 октября 2022 года**



Молодёжный, 2022

УДК 631.3
ББК 40.7
А 437

Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских» / редкол.: Н.Н. Дмитриев [и др.] – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2022. – 381 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 Иркутского ГАУ,
Иваньо Я.М. – проректор по научной работе и цифровой трансформации Иркутского ГАУ,
Бураев М.К. – заведующий кафедрой технического сервиса и общеинженерных дисциплин Иркутского ГАУ,
Ильин П.И. – заведующий кафедрой ЭМТП, БЖД и ПО Иркутского ГАУ,
Логинов А.Ю. – заведующий кафедрой электрооборудования и физики энергетического факультета Иркутского ГАУ,
Шистеев А.В. – заместитель декана по научной работе инженерного факультета Иркутского ГАУ.

СОДЕРЖАНИЕ

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

- Болоев П.А., Гергенова Т.П., Аносова А.И., Ильин П.И.* Влияние условий эксплуатации на динамику работы двигателя 11
- Кривцов С.Н., Деньгин И.Д.* Прибор для диагностирования дизельных двигателей по параметрам балансировки на холостом ходу 15
- Кривцов С.Н., Карпов К.С., Ячменев А.А.* Анализ защитно-сигнализирующих устройств, применяемых в топливных системах автомобилей с дизельным двигателем 22
- Леонов В.В., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.* Анализ конструктивных технологических особенностей современных бороновальных машин 31
- Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.* Эффективный способ стабилизации тягово-сцепных свойств энергетического средства в условиях почвенного переувлажнения 37
- Неговора А.В., Башаров Т.Р.* Интеллектуализация процессов эксплуатации и ремонта автотракторной и комбайновой техники 43
- Понизовский А.Ю.* Разработка диагностического комплекса для оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания 46
- Речкин С.В., Матяш С.П., Сырбаков А.А.* Анализ эффективности предпускового подогрева моторного масла в картере тракторного двигателя 51
- Речкин С.В., Матяш С.П., Сырбаков А.А.* Интенсификация послепускового прогрева дизельного двигателя 59
- Степанов Н.В., Степанов А.Н., Юрьев С.А., Лаптев Н.С.* Техноэксплуатационные показатели работы современной техники на посеве в условиях Иркутской области 66
- Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е., Петров В.А., Неустроева А.И., Шадрин М.М.* Теоретические предпосылки обоснования параметров прикатывающего катка у дискового сошника 73
- Хабардин В.Н.* Особенности совершенствования ручных садово-огородных инструментов 80
- Шуравин А.А., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.* Буксирно-сцепное устройство с вертикальным регулированием для колёсного энергетического средства 87

Секция 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИН В АПК

- Агафонов С.В., Беломестных В.А., Бодякина Т.В.* Постановка задачи синтеза многомерной нелинейной регрессии при разработке математической модели оптималь-

ных режимов азотирования в электростатическом поле	93
<i>Белоусов И.В., Тронц А.С., Бураев М.К.</i> К восстановлению работоспособности машины заменой отказавшего элемента	98
<i>Болоев П.А., Гергенова Т.П., Захарова А.Б., Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В.</i> Износ деталей автотракторных двигателей от вида используемого топлива	104
<i>Бураев М.К., Шистеев А.В., Бураева Г.М.</i> Восстановление деталей сельскохозяйственных машин напылением	108
<i>Бураева Г.М.</i> К организации агрегатного ремонта машин	116
<i>Бураева Г.М.</i> К оценке надёжности и работоспособности предприятий технического сервиса	123
<i>Егоров И.Б., Ильин П.И., Хороших О.Н., Цэдашиев Ц.В.</i> К разработке устройства для перемещения транспортных средств в зонах ТО и ремонта	129
<i>Репецкий О.В., Нгуен В.М.</i> Разработка методики моделирования развития усталостных трещин на примере рабочих лопаток турбомашин	137
<i>Ромашев Д.В., Пчельников А.В., Вилисов Д.В.</i> Повышение эффективности радиационной защиты техники и оборудования АПК за счёт применения наномодифицированных покрытий	144
Секция 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	
<i>Александров Н.П., Макаров В.С.</i> Анализ животноводческих ферм центральной зоны республики Саха (Якутия)	150
<i>Булаев Е.А., Сырбаков А.П., Речкин С.В., Матяш С.П.</i> Совершенствование устройств для разделения навоза на фракции	157
<i>Едисеев О.С., Друзьянова В.П.</i> Возможности биогазовой технологии на основе отходов свиноводства	165
<i>Коваливнич В.Д., Елтошкина Е.В., Кузьмин А.В.</i> Перспективы развития картофелеуборочной техники в Иркутской области	169
<i>Петров Н.В., Андреев Н.С.</i> Перспективы использования биогазовой технологии на примере труднодоступных поселений Вилюйского района	174
<i>Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Косарева А.В., Самусик Г.С.</i> Посев зерновых культур в гряды в условиях Иркутской области	179
<i>Тарабукина О.К., Друзьянова В.П., Иванов А.М., Друзьянов Е.Ю.</i> Пилотная линия по производству альтернативного топлива-пирогаза	187
<i>Татарникова П.А., Друзьянова В.П., Харламповев А.А.</i> Актуальные проблемы организации зимовки крупного рогатого скота и лошадей на примере республики Саха	

(Якутия)	192
<i>Таханов М.П., Осмонов О.М.</i> Классификация методов переработки биомассы	197
<i>Таханов М.П., Осмонов О.М.</i> Установка по метановому сбраживанию	202
<i>Федотов В.А.</i> Совершенствования технологических линий глубокой переработки мясопродуктов в АПК	205
<i>Цэдашиев Ц.В., Бураев М.К.</i> Техническое обслуживание зерносушилок	211
Секция 4. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В АПК	
<i>Боннет В.В., Логинов А.Ю., Прудников А.Ю.</i> Современные технологии обогрева и полива дачных теплиц	219
<i>Быкова С.М.</i> Экспериментальное исследование инфракрасной сушки томатов	224
<i>Кудряшев Г.С., Третьяков А.Н., Шпак О.Н.</i> Влияние несинусоидальности напряжения на режимы работы электрических сетей	231
<i>Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.</i> Результаты проверки адекватности математического описания асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора	236
<i>Щербаков О.А.</i> Формирование тарифов на электроэнергию для различных типов потребителей	243
Секция 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОБИЗНЕСЕ	
<i>Иванова М.Т., Барсукова М.Н.</i> О системе обеспечения безопасности «Умной аудитории» в аграрном вузе	250
<i>Иваньо Я.М., Калашиников П.Н.</i> Информационное и алгоритмическое обеспечение мобильного приложения «Оптимизация производства аграрной продукции в условиях рисков»	256
<i>Иваньо Я.М., Синицын М.Н.</i> Многоэтапная параметрическая модель оптимизации производства аграрной продукции	266
<i>Иваньо Я.М., Колокольцева И.М., Петрова С.А.</i> О некоторых моделях планирования производства аграрной продукции в условиях биологических рисков	274
<i>Иваньо Я.М., Цыренжапова В.В.</i> Сравнительный анализ нелинейных многоуровневых моделей, применяемых для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур	284
<i>Краковский Ю.М., Беляков В.О.</i> Вычисление показателей надёжности оборудования методом Монте-Карло при неопределённости исходных данных	292
<i>Ус С.С., Щитков А.Н., Кузнецов Е.Е.</i> Применение перспективных цифровых способов анализа работы агрегатов и 3D-аддитивных технологий в АПК	297

Секция 6. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

- Алтухов С.В., Алтухова Т.А., Степанов Н.В.* Формирование способностей к инновационной инженерной деятельности студентов в ходе изучения предмета «Детали машин и основы конструирования» 305
- Алтухова Т.А., Сухаева А.Р., Чубарева М.В., Ильин П.И.* Выявление психологических барьеров в профессиональной деятельности педагогов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий 310
- Бричагина А.А., Ильин С.Н., Пальвинский В.В.* Оценка удовлетворённости студентов Иркутского ГАУ производственной практикой 315
- Гольшева С.П.* Активизация познавательной деятельности студентов аграрного вуза посредством решения профессионально ориентированных задач в обучении математике 321
- Гольшева С.П.* Инфографика как средство визуальной наглядности в обучении математике студентов вуза 328
- Елтошкина Е.В., Кузьмин А.В., Бодякина Т.В.* Методы педагогики в математической подготовке будущих специалистов сельского хозяйства 335
- Овчинникова Н.И., Быкова М.А.* Формирование и развитие вероятностно-статистического мышления студентов аграрного вуза 340
- Соколова Д.В., Чубарева М.В.* Анализ влияния темперамента на учебную деятельность студента инженерных специальностей вуза и колледжа 347
- Сухаева А.Р., Чубарева М.В.* Исследование параметров микроклимата и загазованности в учебных лабораториях (на примере учебной фермы Иркутского ГАУ) 358
- Сухаева А.Р., Алтухова Т.А.* Рациональное использование нетрадиционных форм обучения в учебном процессе 366
- Чубарева М.В., Сухаева А.Р., Алтухова Т.А.* Анализ использования графической программы «Компас» при выполнении выпускной квалификационной работы студентами инженерных направлений бакалавриата 371

CONTENTS

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

- Boloev P.A., Gergenova T.P., Anosova A.I., Ilyin P.I.* Impact of operating conditions on the dynamics of engine operation 11
- Krivtsov S.N., Dengin I.D.* Device for diagnosing diesel engines by idle balancing parameters 15
- Krivtsov S.N., Karpov K.S., Yachmenev A.A.* Analysis of protective-alarm devices used in fuel systems of vehicles with diesel engines 22
- Leonov V.V., Kuznetsov E.E., Shchitov S.V.* Analysis of design and technological features of modern harrowing machines 31
- Marshanin E.V., Kuznetsov E.E., Shields S.V.* An effective method for stabilizing the traction-coupling properties of the energy facility under conditions of soil reweet 37
- Negovora A.V., Basharov T.R.* Intellectualization of the processes of operation and repair of tractor and combine machinery 43
- Ponizovsky A.Yu.* Development of a diagnostic complex for assessing the technical condition of the cylinder piston group of the internal combustion engine 46
- Rechkin S.V., Matyash S.P., Syrbakov A.A.* Analysis of the efficiency of engine oil preheating in the crankcase of a tractor engine 51
- Rechkin S.V., Matyash S.P., Syrbakov A.A.* Intensification of diesel engine post-start heating 59
- Stepanov N.V., Stepanov A.N., Yuriev S.A., Laptev N.S.* Technical-performance indicators modern technology in sowing in the conditions of the Irkutsk region 66
- Radnaev D.N., Dambaeva B.E., Petrov V.A., Neustroeva A.I., Shadrin M.M.* Theoretical background for the substantiation of the parameters of the packer roller at the disc coultter 73
- Khabardin V.N.* Features of improving manual gardening tools 80
- Shuravin A.A., Kuznetsov E.E., Shitov S.V.* Tow hitch with vertical adjustment for wheeled power vehicle 87

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

- Agafonov S.V., Belomestnykh V.A., Bodyakina T.V.* Statement of the problem of multidimensional synthesis nonlinear regression in development mathematical model of optimal modes nitriding in an electrostatic field 93
- Belousov I.V., Tronts A.S., Buraev M.K.* Two approaches to restoring the functional state of the machine 98

<i>Boloev P.A., Gergenova T.P., Zakharova A.B., Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V.</i> Wear of parts of automotive engines depending on the type of fuel used	104
<i>Buraev M.K., Shisteev A.V., Buraeva G.M.</i> Usage of the cold spray technology for repairing refurbishment of agricultural equipment	108
<i>Buraeva G.M.</i> To the organization of units repair of machines	116
<i>Buraeva G.M.</i> To assess the reliability and efficiency of technical service enterprises	123
<i>Egorov I.B., Ilyin P.I., Khoroshikh O.N. Tsedashiev Ts.V.</i> To the device development for moving vehicles in maintenance and repair zones	129
<i>Repetckii O.V., Nguyen V.M.</i> Development of a method for modeling of fatigue cracks on the example of turbomachine blade	137
<i>Romashev D.V., Pchelnikov A.V., Vilisov D.V.</i> Increasing the efficiency of radiation protection machinery and equipment of aic through the application of nanomodified coatings	144
Section 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS	
<i>Alexandrov N.P., Makarov V.S.</i> Analysis of livestock farms in the central zone of the republic of Saha (Yakutia)	150
<i>Bulaev E.A., Syrbakov A.P., Rechkin S.V., Matyash S.P.</i> Improvement of devices for separating manure into fractions	157
<i>Ediseev O.S., Druzyanova V.P.</i> Possibilities of biogas technology based on pig waste	165
<i>Kovalivnich V.D., Eltoshkina E.V., Kuzmin A.V.</i> Prospects for the development of potato harvesting equipment in the Irkutsk region	169
<i>Petrov N.V., Andreev N.S.</i> Prospects for the use of biogas technology on the example of hard-to-reach settlements of the Vilyuisky district	174
<i>Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Kosareva A.V., Samusik G.S.</i> Sowing grain crops in the grid in the conditions of the Irkutsk region	179
<i>Tarabukina O.K., Druzyanova V.P., Ivanov A.M., Druzyanov E.Y.</i> Pilot line for the production of alternative fuel-py gas	187
<i>Tatarnikova P.A., Druzhynova V.P.</i> Current problems of the organization of the wintering of cattle and horses in the example of the republic of Sakha (Yakutia)	192
<i>Takhanov M.P., Osmonov O.M.</i> Classification of biomass processing methods	197
<i>Takhanov M.P., Osmonov O.M.</i> Methane fermentation plant	202
<i>Fedotov V.A.</i> Improvement of technological lines of deep processing of meat products in AIC	205

Tsedashiev Ts.V., Buraev M.K. Maintenance of grain dryers 211

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

Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Prudnikov A.Yu. Modern technologies of heating and irrigation of country greenhouses 219

Bykova S.M. Experimental study infrared drying tomatoes 224

Kudryashev G.S., Tretyakov A.N., Shpak O.N. The effect of non-sinusoidal voltage on the operation of electrical networks 231

Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Bonnet Y.V. Results of checking the adequacy of the mathematical description of the asynchronous motor with rotor eccentricity 236

Shcherbakov O.A. Formation of electricity tariffs for different types of consumers 243

Section 5. INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRIBUSINESS

Ivanova M.T., Barsukova M.N. About the security system of the "Smart audience" in the agricultural university 250

Ivanyo Ya.M., Kalashnikov P.N. Information and algorithmic support of the mobile application "Optimization of production of agricultural products under risks" 256

Ivanyo Ya.M., Sinitsyn M.N. Multi-stage parametric model of optimization of agricultural production 266

Ivanyo Ya.M., Kolokoltseva I.M., Petrova S.A. On some planning models of agricultural production under the conditions of biological risks 274

Ivanyo Ya.M., Tsyrenzhapova V.V. Comparative analysis of nonlinear multilevel models used to forecast crop yield 284

Krakovsky Y.M., Belyakov V.O. Calculation of equipment reliability indicators by the Monte Carlo method with uncertainty of the initial data 292

Us S.S., Shchitkov A.N., Kuznetsov E.E. Application of promising digital methods for analyzing the operation of units and 3D-additive technologies in AIC 297

Section 6. IMPROVING THE TRAINING OF AGROENGINEERING PERSONNEL

Altukhov S.V., Altukhova T.A., Stepanov N.V. Formation of students' abilities for innovative engineering activities during the study of the subject "Machine parts and design basics" 305

Altukhova T.A., Sukhaeva A.R., Chubareva M.V., Ilyin P.I. Identification of psychological barriers in the professional activity of teachers of the college of agrotechnologies and road transport 310

<i>Brichagina A.A., Ilyin S.N., Palvinsky V.V.</i> Assessment of satisfaction of students of Irkutsk SAU with internship	315
<i>Golysheva S.P.</i> Activation of cognitive activity of agricultural university students by solving professionally oriented tasks in teaching mathematics	321
<i>Golysheva S.P.</i> Infographics as a means of visual visualization in teaching mathematics to university students	328
<i>Eltoshkina E.V., Kuzmin A.V., Bodyakina T.V.</i> Pedagogical methods in the mathematical training of future agricultural specialists	335
<i>Ovchinnikova N.I., Bykova M.A.</i> Formation and development of probabilistic and statistical thinking agricultural university students	340
<i>Sokolova D.V., Chubareva M.V.</i> Analysis of the influence of temperament on learning activities of a student in engineering university and college	347
<i>Sukhaeva A.R., Sukhaeva A.R.</i> Study of microclimate parameters and gas contamination in educational laboratories (on the example of the Irkutsk educational farm)	358
<i>Sukhaeva A.R., Altukhova T.A.</i> Rational use of non-traditional forms of education in the educational process	366
<i>Chubareva M.V., Sukhaeva A.R., Altukhova T.A.</i> Analysis of the use of the graphic program "Compass" in performance final qualification work students of engineering directions of bachelor studies	371

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ДИНАМИКУ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

¹П.А. Болоев, ¹Т.П. Гергенова, ²А.И. Аносова, ²П.И. Ильин

¹ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова
Ула-Удэ, Россия

²ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В данной научной статье выявлено, что качества процесса топливоподачи существенно влияет на эксплуатационные показатели дизеля. Ведь основную часть времени эксплуатации автомобильные и тракторные двигатели работают на выраженных переходных режимах, когда реализуются одновременно скоростные и нагрузочные характеристики дизеля. Отмечается значительное влияние переходных режимов на неустановившиеся процессы работ дизеля топливной аппаратуры. Колебания частоты вращения, определяет первичную нестабильность, а далее через контур автоматического регулирования вызываются следующие с запаздыванием колебания рейки топливной аппаратуры и первичная нестабильность, как правило, усиливается, что является следующей нестабильностью частоты вращения.

В результате разложения цикловой подачи топлива от входных координат топливоподающей аппаратуры показателей при изменении входных координат и форм статических характеристик, получены значения p и ω представляющие собой совокупность двух бесконечных рядов при неустановившихся режимах работы двигателя, имеющих частное решение уравнений в каждом конкретном случае. При решении данных уравнений, получим методику, которую можно использовать для анализа динамических свойств топливоподающей аппаратуры и в целом для самого дизеля.

Ключевые слова: Двигатель, вращение вала, топливоподача, ряд Тейлора, дизель.

IMPACT OF OPERATING CONDITIONS ON THE DYNAMICS OF ENGINE OPERATION

¹P.A. Boloev, ¹T.P. Gergenova, ²A.I. Anosova, ²P.I. Ilyin

¹FSBEI HE Buryat state university named after V.I. Dorji Banzarova
Ulan-Ude, Russia

²FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

This scientific article revealed that the quality of the fuel supply process significantly affects the performance of a diesel engine. After all, most of the time of operation, automobile and tractor engines operate in pronounced transient modes, when the speed and load characteristics of a diesel engine are realized simultaneously. There is a significant influence of transient regimes on the unsteady processes of the diesel engine of the fuel equipment. Fluctuations in the speed of rotation, determines the primary instability, and then through the automatic control loop, the following delayed oscillations of the rail of the fuel equipment are caused and the primary instability, as a rule, increases, which is the next instability of the speed.

As a result of the decomposition of the cyclic fuel supply from the input coordinates of the fuel-supplying equipment of the indicators when the input coordinates and forms of the static characteristics change, the received values of p and ω are obtained, which are a set of two infi-

nite series at unsteady engine operating modes, having a particular solution of the equations in each specific case. When solving these equations, we obtain a technique that can be used to analyze the dynamic properties of fuel supply equipment and, in general, for the diesel engine itself.

Key words: Engine, shaft rotation, fuel supply, Taylor series, diesel.

Условия эксплуатации характеризуются неустановившимся режимом работы двигателя, т.к. выполняемые работы технически имеют весьма обширную область. Климатические, географические особенности весьма сильно влияют на характер неустановившихся режимов [1, 2, 3].

Автомобильные и тракторные двигатели основную часть времени эксплуатации работают на выраженных переходных режимах, когда реализуются одновременно скоростные и нагрузочные характеристики дизеля [7].

Значительную часть времени эксплуатации двигатели работают на частичных и переходных режимах. Многочисленные исследования отмечают существенное влияние собственных процессов топливной аппаратуры на работу дизеля при переходных режимах.

При колебаниях частоты вращения вала двигателя вследствие периодических колебаний остаточного давления в последовательных циклах впрыскивания, определяет существенное различие в протекании рабочего процесса. При этом имеют место колебания частоты вращения, определяющие первичную неустойчивость, а далее через контур автоматического регулирования вызываются следующие с запаздыванием колебания рейки топливной аппаратуры и первичная неустойчивость, как правило, усиливается. По этой причине имеет место вторичная неустойчивость частоты вращения.

Поэтому обеспечение качества процесса топливоподачи будет существенно влиять на эксплуатационные показатели дизеля.

На работу дизеля в основном влияет процесс топливоподачи, обеспечивающий цикловую подачу на неустановившихся режимах. Этот чрезвычайно сложный процесс немаловажен без определённых упрощений тех или иных явлений.

Функциональная зависимость цикловой подачи топлива от входных координат топливоподающей аппаратуры показателей, что в простейшем случае приращение цикловой подачи топлива $\Delta q_{ц}$ при неустановившихся режимах определяется изменением входных координат и формой статических характеристик топливоподающей аппаратуры. После разложения цикловой подачи в ряд Тейлора и последующей линеаризации [4, 5, 6]

$$\Delta q_{ц} = \frac{\partial q_{ц}}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial q_{ц}}{\partial \omega_{\kappa}} \Delta \omega_{\kappa}.$$

Относительные значения координат получают вид

$$\varphi = \frac{\Delta \omega}{\omega_0} = \frac{\Delta \omega_{\kappa}}{\omega_{\kappa 0}}; \quad q = \frac{\Delta q_{ц}}{q_{ц 0}} \quad \text{и} \quad \kappa = \frac{\Delta h}{h_0},$$

где $\omega_{\kappa 0}$, $q_{ц 0}$, h_0 – соответственно угловая скорость кулачкового вала топливного насоса, цикловая подача и положение органа управления давлением в плунжерной паре от предыдущего цикла на установившихся режимах получаем

$$\Delta q_{ц} = \frac{\partial q_{ц}}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial q_{ц}}{\partial \omega_{к}} \Delta \omega_{к} + \frac{\partial q_{ц}}{\partial p_{ост}} \Delta \delta p_{ост}.$$

Количество топлива, проходящее через форсунку

$$Q = \mu f \sqrt{\frac{2}{\rho_{т}} (p - p_{ц})}$$

где μf – дросселирующее сечение форсунки;

$\rho_{т}$ – плотность топлива;

p и $p_{ц}$ – давление в начале и конце впрыска.

С учётом того, что в процессе впрыска можно пренебречь деформацией топливопровода, прямых и обратных волн давления в процессе эксплуатации получим решение уравнений в виде

$$p = p_{ост} + F_1 \left(t - \frac{z}{a} \right) - S_1 \left(t + \frac{z}{a} \right) + F_2 \left(t - \frac{z}{a} \right) - S_2 \left(t + \frac{z}{a} \right) + \\ \omega = \omega_0 + \frac{1}{\rho_{т}} \left(F_1 \left(t - \frac{z}{a} \right) + S_1 \left(t + \frac{z}{a} \right) + F_2 \left(t - \frac{z}{a} \right) - S_2 \left(t + \frac{z}{a} \right) \right) + \dots$$

где F_1 и $F_2 \left(t - \frac{z}{a} \right) = const$;

S_1 и $S_1 \left(t + \frac{z}{a} \right) = const$ – прямые и обратные волны вдоль трубопровода.

Каждая из функций, входящих в выражения при номинальных значениях может иметь постоянное значение. Значение p и ω представляет собой совокупность двух бесконечных рядов при неустановившихся режимах работы двигателя, имеющих частное решение уравнений в каждом конкретном случае.

Вывод. В связи с высокой точностью расчёта характеристик процесса впрыска с помощью этих уравнений, эту методику можно использовать для анализа динамических свойств топливоподающей аппаратуры и в целом самого дизеля.

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. Аносова, А.И. Ремонт тракторов при существующей организации их технического сервиса / А.И. Аносова, М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Е.В. Елтошкина // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы VII международной научно - практической конференции. 2018. С. 236 - 242.
3. Аносова, А.И. Функциональная диагностика двигателей внутреннего сгорания / А.И. Аносова, П.И. Ильин, С.Н. Шуханов // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 58. С. 10 - 13.
4. Болоев, П.А. В АПК Байкальского района / П.А. Болоев, В.В. Попов, М.К. Бураев, С.В. Алтухов // Иркутск, 2015. – 187 с.
5. Болоев, П.А. Регулирование рабочих процессов двигателя МТА / П.А. Болоев, // г. Улан - Удэ, 1996. – 125 с.
6. Крутов, В.И. Двигатели внутреннего сгорания как регулируемых объект / В.И. Крутов // М. : Машиностроение, 1978. – 472 с.

7. Шуханов, С.Н. Аналитическое описание искрообразования в системе зажигания поршневых бензиновых двигателей / С.Н. Шуханов, Т.А. Алтухова, С.В. Алтухов // *Агротехника и энергообеспечение*. 2022. № 1 (34). С. 55 - 62.

References

1. Anosova, A.I. Vliyaniye parametrov dekompressirovaniya cilindrov dvigatelya na moment soprotivleniya szhatiyu / A.I. Anosova, P.I. П'ин, S.N. SHuhanov // *Vestnik VSGUTU*. 2022. № 2 (85). С. 36 - 40.

2. Anosova, A.I. Remont traktorov pri sushchestvuyushchej organizacii ih tekhnicheskogo servisa / A.I. Anosova, M.K. Buraev, A.V. SHisteev, E.V. Eltoshkina // *V sbornike: Klimat, ekologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii. Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii*. 2018. С. 236 - 242.

3. Anosova, A.I. Funkcional'naya diagnostika dvigatelej vnutrennego sgoraniya / A.I. Anosova, P.I. П'ин, S.N. SHuhanov // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2022. № 58. С. 10 - 13.

4. Boloev, P.A. V APK Bajkal'skogo rajona / P.A. Boloev, V.V. Popov, M.K. Buraev, S.V. Altuhov // *Irkutsk*, 2015. – 187 s.

5. Boloev, P.A. Regulirovanie rabochih processov dvigatelya MTA / P.A. Boloev // *g. Ulan-Ude*, 1996. – 125 s.

6. Krutov, V.I. Dvigateli vnutrennego sgoraniya kak reguliruemyh ob"ekt / V.I. Krutov // *M., Mashinostroenie*, 1978. – 472 s.

7. SHuhanov, S.N. Analiticheskoe opisaniye iskroobrazovaniya v sisteme zazhiganiya porshnevyyh benzinovyh dvigatelej / S.N. SHuhanov, T.A. Altuhova, S.V. Altuhov // *Agrotekhnika i energoobespechenie*. 2022. № 1 (34). С. 55 - 62.

Сведения об авторах

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru).

Гергенова Татьяна Петровна – старший преподаватель кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (664038, Россия, 670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: ochirova@yandex.ru).

Аносова Анна Иннокентьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса 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).

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. 89836938151 e-mail: ipi.academy@mail.ru).

Information about authors

Boloev Peter A. – doctor of technical sciences, professor of the department of Mechanical engineering. Buryat state university named after Dorji Banzarov (670000, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Smolin st., 24A. tel. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru).

Gergenova Tatyana P. – senior lecturer of the department of Mechanical engineering. Buryat state university named after Dorji Banzarov (670000, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Smolin st., 24A. tel. 89500801880, e-mail: ochirova@yandex.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).

Pyin 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).

УДК 629.113

ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ БАЛАНСИРОВКИ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

С.Н. Кривцов, И.Д. Деньгин

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия

При всём многообразии методов и способов диагностики дизельных автомобильных двигателей большинство из них являются, дорогостоящи либо обладают высокой степенью трудозатрат, что ограничивает их использование, одним из таких методов экспресс диагностирования дизельного двигателя является анализ топливных коррекций при балансировке двигателя на холостом ходу. Корректирующие длительности импульсов на форсунки системы *Common Rail* отражают техническое состояние форсунок двигателя, а также герметичности надпоршневого пространства цилиндров, и могут быть использованы для диагностирования, причём сами длительности импульсов можно считывать бесконтактно с помощью универсального измерительного оборудования. Однако его широкому использованию препятствуют несколько факторов. Во-первых, топливные коррекции могут быть считаны, как правило, только оригинальными дилерскими сканерами, что является неоправданно дорогим решением для автотранспортных предприятий. Во-вторых, для современной отечественной автомобильной техники, оснащённой дизелями, возможность считывания и анализа балансировки цилиндров отсутствует в явном виде, поскольку часто является зарубежной интеллектуальной собственностью. В данной статье научно обоснован метод диагностики двигателя по балансировке цилиндров на холостом ходу и выявлены закономерности изменения длительности управляющего импульса от технического состояния двигателя. Разработан программно-аппаратный комплекс, реализующий метод диагностики дизельного двигателя по балансу длительностей управляющих импульсов.

Ключевые слова: Диагностика двигателя, *Common Rail*, балансировка дизельного двигателя, холостой ход, дизельный двигатель.

DEVICE FOR DIAGNOSING DIESEL ENGINES BY IDLE BALANCING PARAMETERS

S.N. Krivtsov, I.D. Dengin

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

With all the variety of methods and methods for diagnosing diesel automobile engines, most of them are expensive or have a high degree of labor costs, which limits their use, one of such methods for express diagnosing a diesel engine is the analysis of fuel corrections when balancing the engine at idle. The correcting pulse durations for the injectors of the Common Rail system reflect the technical condition of the engine injectors, as well as the tightness of the over-piston space of the cylinders, and can be used for diagnosis, and the pulse durations themselves can be read contactlessly using universal measuring equipment. However, its widespread use is hindered by several factors. Firstly, fuel corrections can be read, as a rule, only by original dealer scanners, which is an unreasonably expensive solution for motor transport companies. Secondly, for modern domestic automotive equipment equipped with diesel engines, the possibility of reading and analyzing cylinder balancing is not explicitly available, since it is often foreign intellectual property. In this article, the method of engine diagnostics by balancing the cylinders at idle is scientifically substantiated and the patterns of change in the duration of the control pulse from the technical condition of the engine are revealed. A software and hardware complex has been developed that implements a method for diagnosing a diesel engine by balancing the durations of control pulses.

Key words: Engine diagnostics, Common Rail, diesel engine balancing, idling, diesel engine.

1. Анализ методов и средств диагностирования АТПС. Среди исследователей этого направления можно обнаружить немалое количество известных ВУЗов и международных фирм-производителей, занимающихся проблематикой диагностирования топливоподающих систем [1, 2, 3, 4, 5]. Методы и средства для диагностики АТПС представлены в виде блок-схемы (рисунок 1).

На данный момент наибольшее распространение получили системы *Common Rail*, соответственно способы диагностики данной системы являются актуальными. Топливоподающая система может быть диагностирована стендовым и бесстендовым методом [4]. Стендовые испытания проводятся путём применения специального оборудования. Алгоритмы, условия и параметры определяются фирмой, изготовившей топливоподающую систему. Но альтернативные методы ничуть не уступают такому методу диагностики. И позволяют получить всю необходимую информацию.

Именно методы диагностики ЭГФ системы *Common Rail* на данный момент являются наиболее востребованными автотранспортными предприятиями и автохозяйствами так как позволяют значительно сократить трудозатраты на диагностику и свести к минимуму вероятность внезапных отказов [6, 7, 8].

Основные предпосылки для разработки приборного комплекса:

1. На данный момент система *Common Rail* всё ещё является одной из самых перспективных систем. Благодаря своему устройству, повышенной эффективности работы, снижению токсичности выхлопных газов и шума двигателя, а также повышению его мощности;

2. Существующие на настоящий момент методы и средства диагностирования не всегда эффективны для современных дизельных двигателей, поскольку либо являются сложными и трудоёмкими, либо недостаточно информативными [4, 5];



Рисунок 1 – Методы и средства для диагностики топливоподающих систем

3. Одним из методов экспресс-диагностики дизельного двигателя, вызывающий заинтересованность, является анализ топливных коррекций при работе двигателя на холостом ходу. Однако его широкому использованию мешают несколько факторов. Во-первых, топливные коррекции могут быть считаны, как правило, только оригинальными дилерскими сканерами, что является неоправданно дорогим решением для автотранспортных предприятий. Во-вторых, для современной отечественной автомобильной техники, оснащённой дизелями, возможность считывания и анализа балансировки цилиндров отсутствует в явном виде, поскольку часто является зарубежной интеллектуальной собственностью.

2. Разработка измерительного комплекса. Для осуществления метода диагностирования двигателя по балансировке цилиндров в режиме холостого хода был разработан измерительный комплекс, который содержит:

1. Токовые клещи СТi с повышающим преобразователем (рисунок 2);
2. Электрическая схема с микропроцессором;
3. Персональный компьютер, с предустановленным программным обеспечением для обработки данных.



Рисунок 2 – Токовые клещи СТi и преобразователь напряжения

СТi Токовые клещи – идентификатор синхронизации с моментом впрыска дизельного топлива для систем *Common Rail*. Клещи ставятся в не-

разомкнутых цепях высокого напряжения на один из электрических проводов, по которым выполняется управление форсункой / индивидуальным ТНВД в системе *Common Rail*.

Для моделирования электрической цепи был использован онлайн-сервис *circuit-diagram* (рисунок 3). Преимущество в скорости проверки электрической схемы, доступность редактирования с любого устройства, большая библиотека радиокомпонентов и микроконтроллеров.

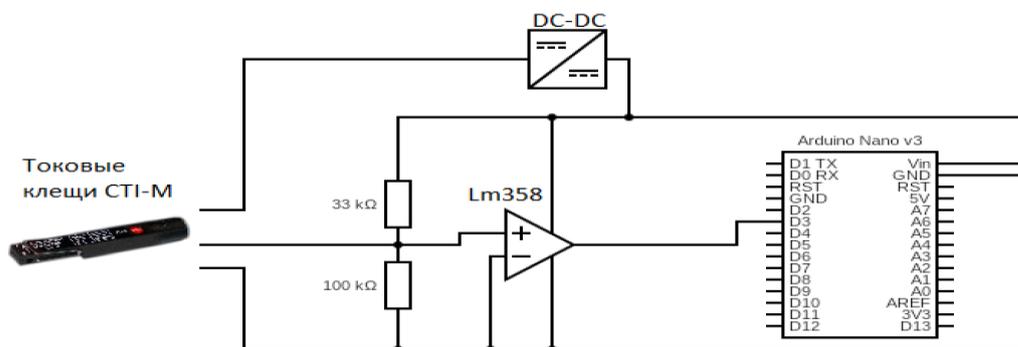


Рисунок 3 – Электрическая схема

Делитель напряжения из резисторов R_1 и R_2 рассчитываются по формуле 1:

$$U_{out} = U_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}; \quad ((1))$$

где U_{out} – напряжение на выходе;

R_1, R_2 – резисторы постоянный и переменный.

Немаловажным был тот факт, что устройство должно быть компактным, и изолировано от внешних факторов, вся схема была установлена в отдельный корпус, в котором сделаны технические отверстия для подключения *Arduino*, токовых клещей и вывода сигнала (рисунок 4).

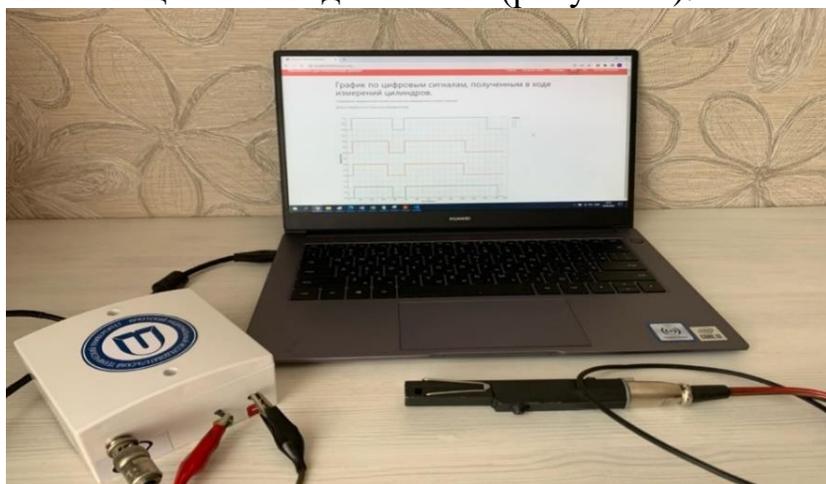


Рисунок 4 – Внешний вид устройства

Обработка результатов производится платой *Arduino Nano*, посредством программного кода, написанного в среде разработки *Arduino IDE*, а также принимающего значения программного обеспечения в компьютере.

3. Экспериментальных исследований влияния отключения ЭГФ на балансировку цилиндров в режиме холостого хода.

Для удобства и наглядности анализа влияния отключения ЭГФ на балансировку цилиндров в режиме холостого хода, полученные данные заносились в таблицу *Excel*. При этом использовалась зависимость между длительностью впрыска и давлением, полученная в стендовых условиях [9]. При исправном состоянии двигателя (таблица 1) мы видим, что средняя длительность τ_i равна $667 \mu s$, а среднее значение подачи топлива Δ_q равно $7,6 \text{ мм}^3$. Считаем данные показатели базовыми для двигателя *D4CB*.

Таблица 1 – Показатели работы топливной системы для двигателя *D4CB* в исходном техническом состоянии

Параметр		Номер цилиндра								Среднее	
		1		2		3		4			
		$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u
Впрыск	Предварительный	328	2,1	344	2,3	328	2,1	340	2,2	335	2,1
	Основной	660	7,4	650	7,2	676	7,8	680	7,8	667	7,6
Разность	Δ_q	-7	-0,1	9	0,1	-7	-0,1	5	0,1		
	Δ_t	-6,5	-0,1	-16,5	-0,3	9,5	0,2	13,5	0,3		

По полученным результатам (таблица 2) можно сделать вывод, что при обрыве или отсутствии электрического сигнала от ЭБУ, средняя длительность импульса τ_i составит $782 \mu s$, а среднее отклонение от исходного значения длительности импульса для каждой форсунки будет равно $115 \mu s$.

Таблица 2 – Протокол измерения длительности импульса

Параметр		Номер цилиндра								Среднее	
		1		2		3		4			
		$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u	$t_{впр}$	q_u
Отключение сигнала форсунки	Предварительный	0	0,0	360	2,5	320	2,0	360	2,5	260	1,7
	Основной	0	0,0	720	8,7	728	8,8	900	12,9	783	10,1
	Δ_q	0	0,0	100	0,7	60	0,2	100	0,7		
	Δ_t	0	0,0	-63	1,1	-54	1,3	117	5,3		
Подмена первой форсунки	Предварительный	320	2,0	344	2,3	336	2,2	320	2,0	330	2,1
	Основной	840	11,4	568	5,7	568	5,7	712	8,5	672	7,8
	Δ_q	-10	-0,1	14	0,2	6	0,1	-10	-0,1		
	Δ_t	168	3,8	-104	-1,9	-104	-1,9	40	0,9		

Считаем, что на ЭГФ, на которую по какой-либо причине не поступает сигнал, длительность импульса эквивалентна нулю. При этом уменьшение

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

подачи топлива в этот цилиндр составит около 7 мм^3 , что компенсируется равномерным повышением топливоподачи на других цилиндрах. В сравнении с исправным состоянием двигателя Δq увеличилась на 32,8 %, а подача топлива на каждый цилиндр 1 мм^3 , кроме цилиндра, работающего в противофазе (т.е. через 360 град поворота коленчатого вала). Показатели длительности импульса увеличились на $232 \mu\text{s}$, а подача топлива в этом цилиндре возросла на 5 мм^3 .

Таким образом, при прерывании электрической цепи на форсунку, можно сделать вывод, что самая большая коррекция происходит по цилиндру, работающему в противофазе (рисунок 5).

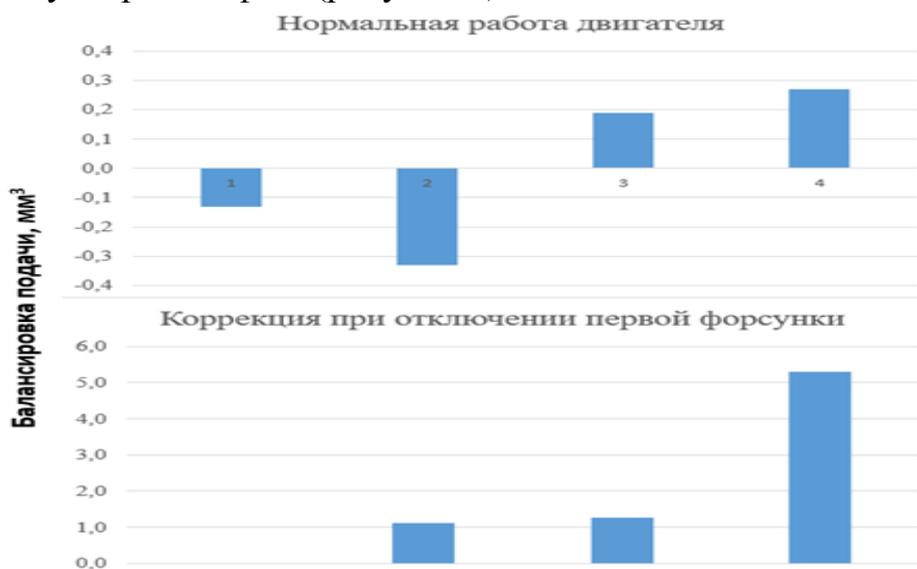


Рисунок 5 – Гистограмма коррекции при отключении первой форсунки

По полученным результатам (таблица 2) можно сделать вывод, что при имитации отсутствии впрыска, средняя длительность импульса τ_i составила $712 \mu\text{s}$. Длительность импульса на неисправном цилиндре возросло примерно на $150 \mu\text{s}$, а увеличение подачи топлива на этот цилиндр составит около $3,5 \text{ мм}^3$. Можно заметить, что происходит и увеличение подачи топлива на цилиндр, работающий в противофазе на 15 %. На другие цилиндры управляющий импульс от ЭБУ в среднем уменьшается на 20 %, подача топлива на $1,2 \text{ мм}^3$. При сравнении с работой двигателя на всех цилиндрах Δq увеличилась на 13 %.

Выводы: При неисправности двигателя, вызванным отсутствием сигнала от ЭБУ, длительность импульса и подача топлива на неисправный цилиндр будет равняться 0, а на цилиндр, работающий через оборот коленчатого вала, будет поступать импульс, превышающий исходные значения в среднем $230 \mu\text{s}$, и подача топлива в этом цилиндре возрастет примерно на 5 мм^3 . На другие цилиндры происходит уменьшение τ_i и q на 15 % от исходных показателей соответственно.

Если неисправность двигателя характеризуется отсутствием впрыска, то возрастает длительность импульса на $150 \mu\text{s}$ и увеличивается подача топлива на неисправный цилиндр на $3,5 \text{ мм}^3$ и показатели цилиндра, работающего

через оборот коленчатого вала, увеличиваются на 15 %. На другие цилиндры происходит уменьшение τ_i и q на 20 % соответственно.

Список литературы

1. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л.В. Грехов, Н.А. Ивашенко, В.А. Марков. – М. : Легион - Автодата, 2005. – 344 с.
2. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail. Перевод с английского. Учебное пособие. – М. : ЗАО «Легион - Автодата», 2010. – 94 с. : ил.
3. Зенкин Е.Ю. Диагностирование неисправностей топливной аппаратуры системы Common Rail путём измерения расхода топлива в линиях слива / Е.Ю. Зенкин // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов – X. , 2005. – Вып. 17. – С. 52 - 54.
4. Кривцов, С.Н. К вопросу определения допустимых значений диагностических параметров, функционально связанных с параметрами технического состояния аккумуляторной топливоподающей системы дизельного двигателя автомобиля / П.С. Лобанов, С.Н. Кривцов // Материалы 99 - й Международной научно - практической конференции ААИ «Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации» - Иркутск : ИрННТУ, 2017. – с. 398 - 403.
5. Кривцов, С.Н. Методика диагностирования автомобильного двигателя по балансировке цилиндров в режиме холостого хода / С.Н. Кривцов, И.Д. Деньгин, С.П. Кочетков, П.С. Яковчук // В сборнике: Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. Сборник научных трудов по материалам 80 - ой научно - методической и научно - исследовательской конференции МАДИ. Под общей редакцией А.А. Солнцева. Москва, 2022. С. 139 - 145.
6. Кривцов, С.Н. Методологические основы диагностики автомобилей с дизельными двигателями, оснащёнными аккумуляторными топливоподающими системами. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / Иркутский национальный исследовательский технический университет. Иркутск, 2017. – 441 с.
7. Кривцов, С.Н. Обоснование необходимости входной диагностики электрогидравлических форсунок аккумуляторных систем топливоподачи / С.Н. Кривцов, И.В. Якимов // Сб. тр. I Всероссийской заочной научно - практической конференции «Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация», Чита – 2016 с. 194 - 199.
8. Федотов, А.И. Диагностика автомобиля: учебник для вузов. Иркутск.: изд. ИрГТУ, 2012. - 468 с. : Ил.
9. Якимов, И.В. Метод диагностики электрогидравлических форсунок автомобиля с дизельным двигателем по параметрам давления и расхода топлива в общей обратной магистрали. Дисс. ...канд. техн. наук. Иркутск: 2020. – 176.

References

1. Grekhov, L.V. Fuel equipment and diesel control systems / L.V. Grekhov, N.A. Ivashchenko, V.A. Markov. - M. : Legion - Avtodata, 2005. - 344 p.
2. Common rail diesel fuel systems. Translation from English. Tutorial. - M. : CJSC "Legion - Avtodata", 2010. - 94 p. : ill.
3. Zenkin E.Yu. Diagnostics of malfunctions of the fuel equipment of the Common Rail system by measuring the fuel consumption in the drain lines / E.Yu. Zenkin // Automobile transport: a collection of scientific papers - X., 2005. - Issue. 17. - S. 52 - 54.
4. Krivtsov, S.N. On the issue of determining the allowable values of diagnostic parameters that are functionally related to the parameters of the technical condition of the accumulator fuel supply system of a diesel engine of a car / P.S. Lobanov, S.N. Krivtsov // Proceedings of the 99th International Scientific and Practical Conference of the AAI "Safety of wheeled vehicles in operating conditions" – Irkutsk : IrNITU, 2017. - p. 398 - 403.

5. Krivtsov, S.N. Technique for diagnosing an automobile engine by balancing cylinders in idle mode / S.N. Krivtsov, I.D. Dengin, S.P. Kochetkov, P.S. Yakovchuk // In the collection: Topical issues of technical operation and auto - service of the rolling stock of road transport. Collection of scientific papers based on the materials of the 80th scientific - methodical and scientific - research conference MADI. Under the general editorship of A.A. Solntseva. Moscow, 2022, pp. 139 - 145.

6. Krivtsov, S.N. Methodological bases for diagnosing vehicles with diesel engines equipped with battery fuel supply systems. Thesis for the degree of doctor of technical sciences / Irkutsk national research technical university. Irkutsk, 2017. - 441 p.

7. Krivtsov, S.N. Substantiation of the need for input diagnostics of electrohydraulic injectors of accumulator fuel supply systems / S.N. Krivtsov, I.V. Yakimov // Proceedings of the I All - Russian correspondence scientific and practical conference "Ground transport and technological means: design, production, operation", Chita - 2016 p. 194 - 199.

8. Fedotov, A.I. Car diagnostics: a textbook for universities. Irkutsk : ed. ISTU, 2012. - 468 p. : II.

9. Yakimov, I.V. Method for diagnosing electrohydraulic injectors of a car with a diesel engine according to the parameters of pressure and fuel consumption in a common return line. Diss. ...cand. tech. Sciences. Irkutsk: 2020. - 176.

Сведения об авторе

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

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

Information about the authors

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

Dengin Igor D. – post-graduate student of the automobile transport department, Irkutsk national research technical university, Russia, Irkutsk, Lermontova street, 83, tel.: 89501012714 Igor38irk@yandex.ru.

УДК 629.113

АНАЛИЗ ЗАЩИТНО-СИГНАЛИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМОБИЛЕЙ С ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

С.Н. Кривцов, К.С. Карпов, А.А. Ячменев

*ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
Иркутск, Россия*

Статья посвящена анализу защитно-сигнализирующих устройств топливopодающих систем используемых в дизельных ДВС тракторов и автомобилей. В статье рассматриваются виды существующих защитно-сигнализирующих устройств, их назначение и прин-

тип действия. Приведены достоинства и недостатки защитно-сигнализирующих устройств.

Ключевые слова: Защитно-сигнализирующие устройства, топливная система, топливо, дизельный двигатель, фильтры, датчики.

ANALYSIS OF PROTECTIVE-ALARM DEVICES USED IN FUEL SYSTEMS OF VEHICLES WITH DIESEL ENGINES

S.N. Krivtsov, K.S. Karpov, A.A. Yachmenev

FSBEI HE Irkutsk national research technical university
Irkutsk, Russia

The article is devoted to the analysis of protective signaling devices of fuel supply systems used in diesel internal combustion engines of tractors and cars. The article discusses the types of existing protective signaling devices, their purpose and principle of operation. The advantages and disadvantages of protective signaling devices are given.

Key words: Safety signaling devices, fuel system, fuel, diesel engine, filters, sensors.

Одной из самых востребованных силовых установок тракторов и автомобилей остаётся дизельный двигатель. Этот тип ДВС широко используется во всех сферах деятельности. Это обусловлено более высоким КПД в сравнении с другими двигателями, и, как следствие, более высокой экономичностью. В то же время современные дизели в состоянии выполнить самые жёсткие требования по выбросам токсичных веществ и диоксида углерода с отработавшими газами. Это достигается благодаря высоким давлениям впрыскивания топлива и электронной системе управления топливоподачей и нейтрализацией отработавших газов. Но в условиях рядовой эксплуатации возможны случаи, когда происходят преждевременные отказы современных топливоподающих систем [1, 2]. В той или иной степени проблемы возникают при использовании топлива ненадлежащего качества или нарушение правил технической эксплуатации автомобиля [3, 4, 5].

Топливо должно соответствовать требованиям стандарта ГОСТ [6] и изготавливаться по утверждённой технологии с присадками, которые применяются при изготовлении опытно-промышленных образцов и образцов, прошедших испытания с положительными результатами. При этом нормируются такие важные параметры как плотность, вязкость, цетановое число, содержание воды, механических примесей смазывающие свойства и другие [7].

Исследования качества топлива, реализуемого на АЗС Восточно-Сибирского региона [8] показали, что по ряду показателей дизельное топливо может отличаться по качеству от требований ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) [9]. Аналогичные исследования, проведённые в других регионах, в целом подтверждают эту картину [10, 11].

Для минимизации вероятности и последствий применения некачественного топлива применяется система технического сервиса автомобиля и защитно-сигнализирующие устройства на борту автомобиля.

В основном, устройства, реализованные на борту автомобиля, предназначены для борьбы с главными врагами топливоподающей аппаратуры: водой и грязью (механическими и абразивными примесями). Они должны не только очищать топливо, но и сигнализировать о возникающих отклонениях.

Как правило, защитные устройства представляют собой фильтры, снабжённые возможностью контроля наличия загрязнений и воды. Рассмотрим некоторые из них.

Фильтры водоотделители (сепараторы)

Для отделения воды от топлива используют сепаратор СЕПАР-2000 (рисунок 1, А) – топливный фильтр для дизельных двигателей. Уровень техники, которого стал более автоматизированный.

Принцип работы данного устройства основывается на центробежной силе, которая действует на топливо и присутствующие в ней примеси (например, твёрдые частицы) различной плотности, по-разному. Благодаря этому неблагоприятные примеси и частицы в центрифуге прижимаются к стенкам колбы и скатываются на дно топливного сепаратора. Далее топливо проходит через фильтрующий элемент для полной очистки.

Аналогичная идея центробежного сепарирования воды реализована в фильтре марки *Duplex* (рисунок 1, Б).

Очистка топлива осуществляется путём прохождения топлива под давлением через сжимающуюся пружину придающая топливу вращательное движение. В результате формируются скопления воды, выпадающие в осадок. В дальнейшем, они собираются в прозрачном отстойнике топливного сепаратора. Далее происходит магнитная очистка топлива с помощью, установленных в систему магнитов. Топливо, проходя через магниты, очищается от частиц металлов (стружки). Схема работы сепаратора представлена на рисунке 2.

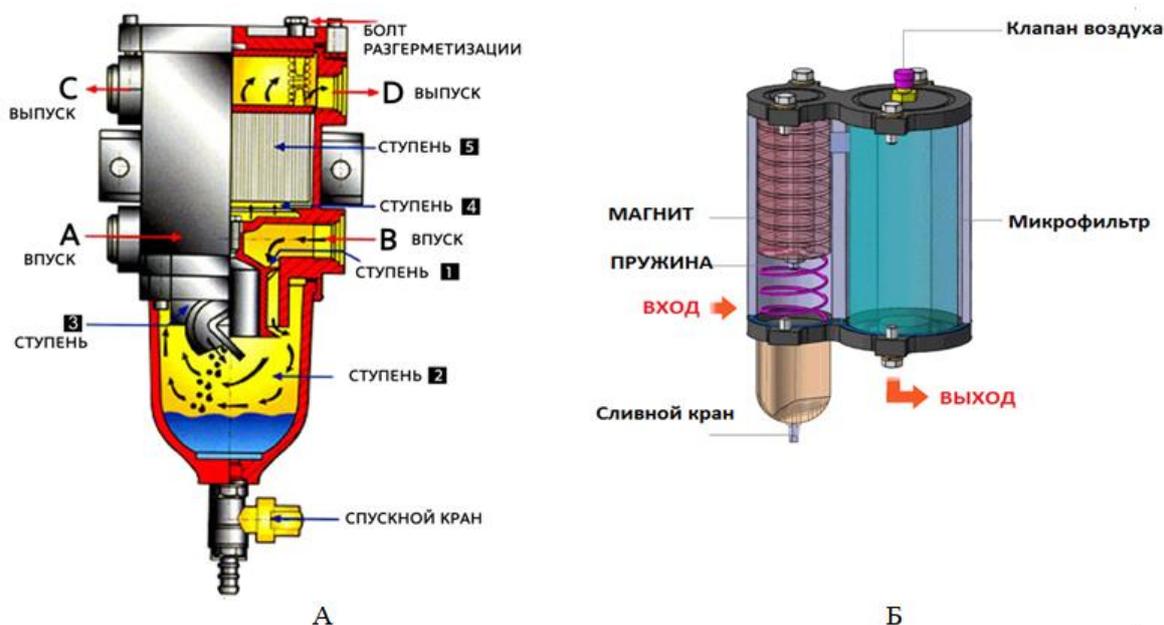


Рисунок 1 – Фильтры-сепараторы воды и грязи:

А – фильтр СЕПАР-2000; Б – Сепаратор марки *Duplex*.



Рисунок 2 – Система работы сепаратора

Сигнализаторы загрязненности топливных фильтров

Система индикации засорения топливного фильтра *Toyota* реализована в виде вакуумного датчика-переключателя (рисунок 3).

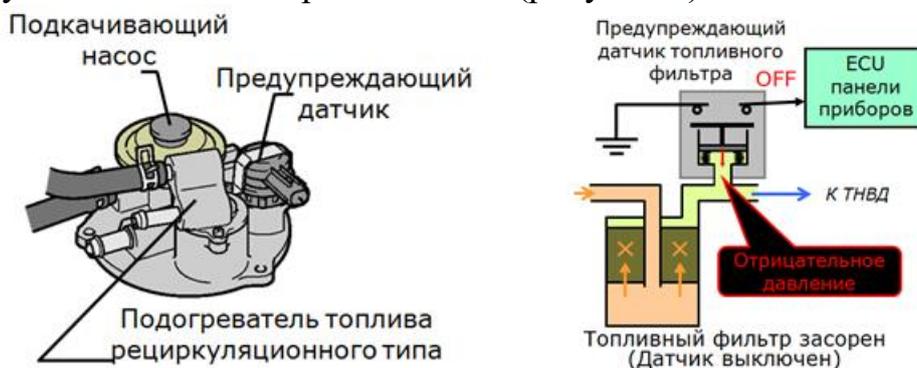


Рисунок 3 – Индикатор загрязнения топливного фильтра *Toyota*

Если фильтр засоряется, топливный насос продолжает засасывать топливо, образуется отрицательное давление, или разрежение, в топливопроводе на выходе из фильтра. Переключатель выключается, сигнал перестает поступать к компьютеру, и он включает лампу индикации на панели приборов.

Аналогичная идея положена в основу конструкции сигнализатора фирмы *Ford* (рисунок 4).



Рисунок 4 – Индикатор загрязнения топливного фильтра *Ford Transit*

Данная разработка представляет собой прозрачную ёмкость со шкалой загрязнения с поплавком, пружиной. Этот датчик способен осуществлять сигнализирующую функцию путём опускания мембраны, в случае загрязнения топливного фильтра, за счёт образования разряжения. Поплавок опускается по заданной шкале данной величины «Дюйм РТ.СТ.» сигнализируя степень загрязнения фильтра, где зелёная шкала показывает допустимую загрязнённость топливного фильтра, а красная шкала указывает о критическом состоянии.

Сигнализаторы наличия воды в топливе

Отстойник может заполниться водой ранее предусмотренного регламентом срока из-за низкого качества топлива на заправках, а также по причине интенсивной конденсации влаги на стенках бака в холодное время года.

Чтобы проинформировать водителя об этой опасной ситуации, предусмотрена сигнальная система «Поплавок-геркон» представленный на (рисунок 5). Герконовый датчик уровня состоит из нескольких основных элементов – это, непосредственно, геркон и поплавок, корпус датчика (шток) на котором находится магнит.

Съёмный датчик наличия воды встраивается в нижнюю крышку корпуса топливного фильтра и состоит из следующих элементов:

- Герметичная пластиковая или стеклянная колба с расположенной внутри контактной группой;
- Поплавковое кольцо, опоясывающее колбу и утяжелённое магнитом;
- Выводы проводов и клеммный соединитель, для отправки сигнала.

Геркон представляет собой стеклянную колбу, внутри которой расположена контактная группа (ключ), замыкающаяся при приближении магнита,двигающегося вдоль вертикального штока. Сигнал о переполнении нижней полости фильтра водой, поступает на клеммный соединитель и далее в систему ЭБУ, которая выводит на панель приборов контрольный индикатор. В дисплее машин с бортовым компьютером по сигналу датчика включится стандартное предупреждение «*Check Engine*». Обозначая о необходимости произвести слив воды.



Рисунок 5 – Поплавковый сигнализатор наличия воды в топливе с герконом и магнитом фирмы *LUNXAUTO*

Если фильтр заполнен чистым топливом, поплавковое кольцо, которое имеет промежуточное значение плотности между водой и топливом, находится в нижней части датчика. Вес и объём поплавка отрегулированы таким образом, что он способен всплыть только в том случае, когда вся нижняя часть фильтра заполнится водой, которая плотнее и тяжелее солярки. Если это происходит, то под действием магнитного поля контактные пластины геркона смыкаются, и срабатывает система сигнализации. В итоге на панели приборов загорается светодиод контрольного индикатора, либо на дисплей выводится тревожное сообщение бортового компьютера.

Сигнализаторы несоответствия типа применяемого топлива

Проведённый анализ в работах [2 - 5, 9, 11] позволил выявить, основную причину преждевременных отказов топливной аппаратуры. Зачастую износ и задиры прецизионных поверхностей сопряжённых деталей могут возникать при применении малосернистых дизельных топлив, или топлив с низкими смазывающими свойствами. В связи с этим контроль смазывающих свойств, в том числе средствами бортовой самодиагностики также актуален, однако, этот вопрос изучен пока недостаточно. Есть основания полагать, что разработка сигнализаторов несоответствия типа применяемого топлива на ранней стадии способна предотвратить преждевременный отказ дорогостоящей топливоподающей аппаратуры.

Для определения основных показателей топлива в момент эксплуатации автомобиля, было предложено компактное устройство (рисунок 6), которое может устанавливаться непосредственно в систему питания двигателя, способное осуществлять непрерывный контроль качества топлива, обрабатывающее и сигнализирующее устройство, реализованного виде блока обработки данных, и звуковым сигнализатором. Датчики содержания воды, температуры топлива и вязкости и датчик смазывающих свойств топлива устанавливаются в фильтре грубой очистки.

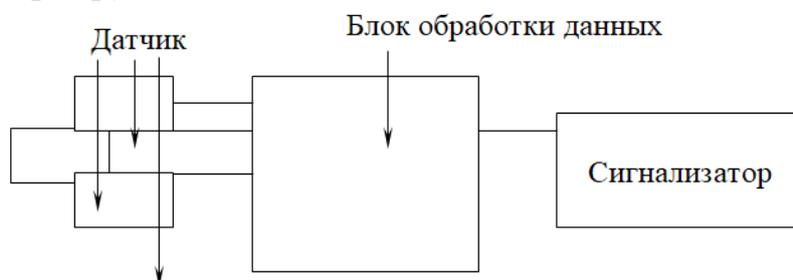


Рисунок 6 – Состав устройства для анализа качества топлива, по параметрам температуры топлива и вязкости, наличия воды

Устройство работает следующим образом. Блок обработки данных, который направляет сигналы на датчики, подключается к блоку управления двигателем и работает при включенном зажигании. Электрические сигналы с датчиков, контактирующих с топливом, поступают в блок обработки данных. Измеренные значения фиксируются блоком обработки данных и сравниваются с заранее вложенными в память устройства стандартными показателями.

телями качества топлива. Если полученные значения отклоняются, хотя бы по одному из показателей выше допустимого предела от данных в памяти, водителю подаётся соответствующий звуковой сигнал, а блок управления глушит двигатель.

Авторами [12] был разработан к данному устройству датчик (рисунок 7) для определения смазочных качеств топлива, состоящий, из неподвижной пластины 2; прижатой к нему подвижной пластины 1 с помощью пружины 4; приводного электродвигателя 3, регулируемого сигналом широтно-импульсной модуляцией, и датчиком частоты вращения.

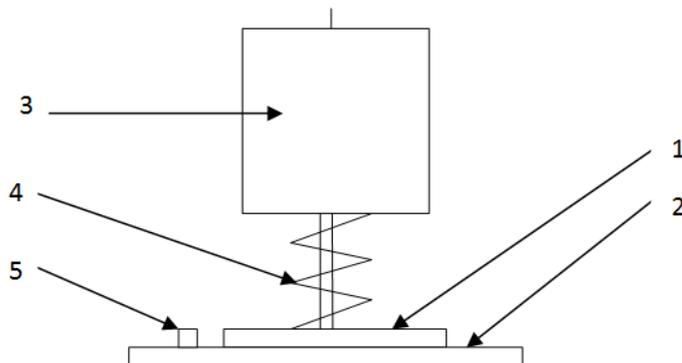


Рисунок 7 – Датчик для определения смазывающих свойств топлива:
1 – диск, 2 – неподвижная пластина, 3 – электродвигатель с сигналом широтно-импульсной модуляцией, 4 – пружина, 5 – датчик частоты вращения.

На поверхности пластины нанесены канавки в радиальном направлении для равномерного поступления топлива к поверхности топлива.

Блок управления сохраняет постоянную частоту вращения, пружина 4 прижимает диск, к пластине с постоянным давлением. При ухудшении смазывающих свойств топлива сопротивление вращения диска увеличится, и частота его вращения снизится, что зафиксирует датчик частоты вращения. Для восстановления установленной постоянной частоты вращения, блок управления изменит скважность широтно-импульсной модуляцией на определённый шаг. Фиксируя данное изменения скважности можно определить изменение смазывающих свойств топлива.

Заключение. Ресурс дорогостоящих топливоподающих систем в значительной степени зависит от качества применяемого топлива, степени его очистки и эффективности сигнализации о загрязнении водой и твёрдыми примесями.

В настоящее время практически все имеющиеся защитно-сигнализирующие устройства не способны определять топливо с низкими смазывающими свойствами и сигнализировать о начале износа элементов топливной аппаратуры, поэтому совершенствование защитно-сигнализирующих свойств в дополнение к уже существующим является актуальной задачей.

Список литературы

1. Живлюк, Г.Е. Эксплуатационные особенности систем топливоподачи Common Rail судовых двигателей / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. - 2018. - Т. 10. - № 1. - С. 201 - 220.
2. Якимов, И.В. Анализ формирования утечек топлива в электрогидравлических форсунках автомобильного дизельного двигателя / И.В. Якимов, С.Н. Кривцов // Вестник ИрГТУ № 6 2016 с. 163 - 168.
3. Кривцов, С.Н. Обоснование необходимости совершенствования стратегии технического сервиса аккумуляторных топливоподающих систем автомобильных дизельных двигателей / С.Н. Кривцов // Автотранспортное предприятие № 8 2016 с. 44 - 47.
4. Берштейн, А.И. Проблемы технической эксплуатации топливной аппаратуры дизельных двигателей автомобилей / А.И. Берштейн, А.Г. Чередник // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8 - 3. С. 429 - 432.
5. Нурмухаметова, Э.Р. Исследование влияния длительного хранения дизельного топлива на эксплуатационные характеристики / Э.Р. Нурмухаметова, Э.Н. Фатхутдинова // Современные наукоемкие технологии. № 9 - 2018. С. 88 - 92.
6. ГОСТ 32511 - 2013 (EN 590:2009) «ТОПЛИВО ДИЗЕЛЬНОЕ ЕВРО Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1870 - ст: дата введения 1 января 2014 г. - Москва : Стандартинформ, 2014. - 20 с.
7. Инструкция по контролю и обеспечению сохранения качества топлива в организациях нефтепродуктов – М. : МинЭнерго, 2003, с. 4 - 9.
8. Носова, Е.В. Экспериментальное исследование качества дизельного топлива / Е.В. Носова, В.Н. Сапрыгина // Вестник ИрГТУ – № 6 - (54) – 2011 - С. 69 -75.
9. Кривцов, С.Н. Изменение смазывающих свойств дизельного топлива при добавлении в него растительного масла / Кривцов С.Н., Кривцова Т.И. // Вестник Сибирского государственного автомобильно - дорожного университета. 2021. Т. 18. № 5 (81). С. 534 - 543. DOI : 10.26518/2071-7296-2021-18-5-534-543.
10. Иовлева, Е.Л. Исследование качества арктического дизельного топлива привозимого в республику Саха (Якутия) / Е.Л. Иовлева // Вестник ВГУИТ 2018 - Т. 80 - С.358 - 361.
11. Ишков, А.М. Влияние качества топлива на надёжность дизельных двигателей в условиях севера / Ишков А.М., Иовлева Е.Л. // Наука и образование. 2015. № 1 (77). С. 65 - 70.
12. Неговора А.В. Устройство для экспресс анализа качества дизельного топлива / А.В. Неговора, У.А. Махиянов // Труды ГосНИТИ Том 127, 2017 г. С. 21 - 25.

References

1. Zhivlyuk, G.E. Operational features of Common Rail fuel supply systems for ship engines / G.E. Zhivlyuk, A.P. Petrov // Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet named after admiral S.O. Makarov. - 2018. - Т. 10. - No. 1. - S. 201 - 220.
2. Yakimov, I.V. Analysis of the formation of fuel leaks in electrohydraulic nozzles of an automobile diesel engine / I.V. Yakimov, S.N. Krivtsov // Bulletin of ISTU No. 6 2016 p. 163 - 168.
3. Krivtsov, S.N. Substantiation of the need to improve the strategy of technical service of accumulator fuel supply systems of automobile diesel engines / S.N. Krivtsov // Motor transport enterprise No. 8 2016 p. 44 - 47.

4. Bershtein, A.I. Problems of technical operation of the fuel equipment of diesel engines of cars / A.I. Bershtein, A.G. Cherednik // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 8 - 3. P. 429 - 432.

5. Nurmukhametova, E.R. Study of the influence of long-term storage of diesel fuel on operational characteristics / E.R. Nurmukhametova, E.N. Fatkhutdinova // Modern high technologies. No. 9 - 2018. S. 88 - 92.

6. GOST 32511 - 2013 (EN 590:2009) "FUEL DIESEL EURO Specifications": national standard of the Russian Federation: official edition: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 22, 2013 N 1870 - Art: introduction date January 1, 2014 – Moscow : Standartinform, 2014. - 20 p.

7. Instructions for monitoring and ensuring the preservation of fuel quality in oil product organizations - M. : MinEnergo, 2003, p. 4 - 9.

8. Nosova E.V. Experimental study of the quality of diesel fuel / E.V. Nosova, V.N. Saprygina // Bulletin of ISTU - No. 6 - (54) - 2011 - P. 69 -75.

9. Krivtsov, S.N. Changes in the lubricating properties of diesel fuel when vegetable oil is added to it / Krivtsov S.N., Krivtsova T.I. // Bulletin of the Siberian State Automobile and road university. 2021. V. 18. No. 5 (81). pp. 534 - 543. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-5-534-543.

10. Iovleva, E.L. Investigation of the quality of arctic diesel fuel imported to the Republic of Sakha (Yakutia) / E.L. Iovleva // Bulletin of VSUIT 2018 - V. 80 - P. 358 - 361.

11. Ishkov, A.M. Influence of fuel quality on the reliability of diesel engines in the conditions of the north / Ishkov A.M., Iovleva E.L. // Science and education. 2015. No. 1 (77). pp. 65 - 70.

12. Negora A.V. Device for express analysis of the quality of diesel fuel / A.V. Negova, U.A. Makhryanov // Proceedings of GosNITI Volume 127, 2017, pp. 21 - 25.

Сведения об авторах

Кривцов Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074 Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83). Тел. 89086619729, e-mail: Krivcov_sergei@mail.ru.

Карпов Кирилл Сергеевич – магистрант кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074 Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83). Тел. 89648154437, e-mail: karpov.kirill-1998@yandex.ru.

Ячменёв Алексей Андреевич – магистрант кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074 Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83). Тел. 89500850632, e-mail: alesha38@inbox.ru.

Information about the authors

Krivtsov Sergey N. – doctor of technical sciences, professor of Automobile transport department, «Irkutsk national research technical university», Irkutsk, st. Lermontova 83. Phone: 89086619729, e-mail: Krivcov_sergei@mail.ru.

Karpov Kirill S. – graduate student of automobile transport department, «Irkutsk national research technical university», Irkutsk, st. Lermontova 83. Phone: 89648154437, e-mail: karpov.kirill-1998@yandex.ru.

Yachmenev Aleksey A. – graduate student of automobile transport department, «Irkutsk national research technical university», Irkutsk, st. Lermontova 83. Phone: 89500850632, e-mail: alesha38@inbox.ru.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ БОРОНОВАЛЬНЫХ МАШИН

В.В. Леонов, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
Благовещенск, Россия

Качество работы почвообрабатывающих орудий зависит от оптимального выбора их конструктивно-технологических параметров и режимов работы, которые полностью определяются не только особенностями их конструкции, но и условиями дальнейшей эксплуатации. Зависимость качества и объёма выполняемой агрегатом работы от региональных условий использования, как почвенно-климатических, так производственных, нередко оказывается настолько важной, что проявляется необходимость разработки отдельного ряда почвообрабатывающих орудий для каждой почвенно-климатической зоны. Более того, установлено, что в пределах одной и той же почвенно-климатической зоны, но в условиях влияния фона разных предшественников, даже при обработке одного и того же поля наблюдается значительный диапазон изменения основных свойств почвы, значимо влияющий на изменения качества почвообработки.

В статье приводится анализ конструктивных технологических особенностей современных бороновальных машин. Рассматриваются качественные критерии и характеристики, которым должна соответствовать современная бороновальная машина, зависимость выбора бороновального агрегата от конфигурации и площади поля, от механического состава обрабатываемой почвы и выполняемой полевой задачи и предлагаются параметры подбора бороновального агрегата. Заключается, что для почвенной обработки в ходе проведения полевых работ рабочую ширину захвата бороны необходимо подбирать с учётом конфигурации и площади поля.

Ключевые слова: Обработка почвы, бороновальная машина, конфигурация поля, механический состав почвы.

ANALYSIS OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF MODERN HARROWING MACHINES

V.V. Leonov, E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov

FSBEI HE Far Eastern SAU
Blagoveshchensk, Russia

The quality of work of tillage implements depends on the optimal choice of their design and technological parameters and operating modes, which are completely determined not only by the features of their design, but also by the conditions of further operation. The dependence of the quality and volume of work performed by the unit on regional conditions of use, both soil-climatic and industrial, often turns out to be so important that it becomes necessary to develop a separate series of tillage tools for each soil-climatic zone. Moreover, it has been established that within the same soil-climatic zone, but under the influence of the background of different predecessors, even when processing the same field, there is a significant range of changes in the basic properties of the soil, significantly affecting changes in the quality of tillage.

The article provides an analysis of the design and technological features of modern harrowing machines. The qualitative criteria and characteristics that a modern harrowing machine must meet are considered, the dependence of the choice of a harrowing unit on the configuration

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

and area of the field, on the mechanical composition of the cultivated soil and the field task performed, and the parameters of the selection of a harrowing unit are proposed. It is concluded that for soil treatment during field work, the working width of the harrow must be selected taking into account the configuration and area of the field.

Key words: Tillage, harrowing machine, field configuration, mechanical composition of soil.

Роль обработки почвы в повышении её плодородия чрезвычайно велика. Известно, что полевая обработка почвы обеспечивает выполнение важных технологических воздействий на плодородный слой и своей целью ставит реализацию следующих задач, способствующих его плодородию, таких как уничтожение сорняков, измельчение и заделка пожнивных остатков и удобрений, сохранение влаги и гумусного слоя, уменьшение поверхностной эрозии, придание почве рыхлости, достижение оптимальной выравниваемости и глыбистости, формирование прочих условий, благоприятных для культивирования растений [3].

Производственными наблюдениями установлено, что осуществить эти задачи за одну операцию наиболее щадящим и результативным способом, в максимально сжатые сроки и с минимальными энергозатратами под силу только бороновальным машинам.

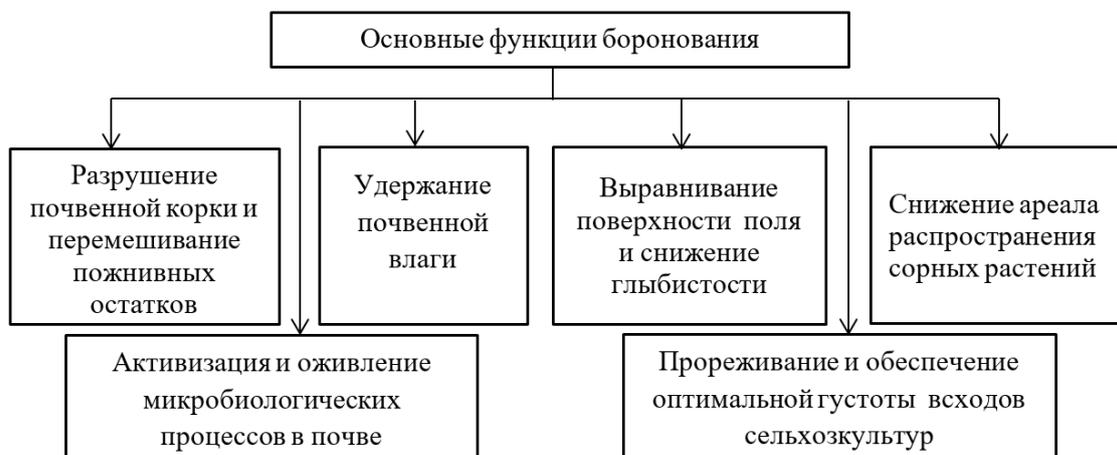


Рисунок 1 – Основные функции боронования

Современная бороновальная машина должна соответствовать следующим заданным качественным критериям и характеристикам:

- глубина обработки полностью соответствует заданным параметрам;
- максимально допустимая погрешность глубины боронования ± 1 см;
- наиболее полное уничтожение сорняков после прохода бороны;
- повреждение культурных растений в процессе боронования не должно превышать 3 %;
- высота гребней после прохода не должна превышать 4 см.

При выборе бороны для конкретных условий необходимо учесть 3 основных параметра:

- размер и конфигурацию поля;

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

- состояние и тип почвы;
- особенности произрастания культуры, которая планируется к посеву на поле [1, 2].

Как показывает практическое применение для качественной обработки в ходе проведения полевых работ рабочую ширину захвата бороны необходимо подбирать с учётом конфигурации и площади поля. Установлено, что в небольших и среднего размера хозяйствах сельхозтоваропроизводителей орудия с шириной захвата шире шести метров использовать нецелесообразно.

Таким образом, для полей площадью до 500 га подойдут двурядные модульные агрегаты с цельной рамой и шириной захвата до 4,2 м. При малой пахотной площади, сложном или склоновом рельефе и необходимости глубокой культивации почв, подверженных эрозии или имеющих влажность до 40 %, нужна маневренная компактная техника, например, навесные и прицепные четырёхрядные дисковые машины типа ПЛД, в частности навесная трёхрядная борона модели БДМЗ х 2П или БДТ-3.

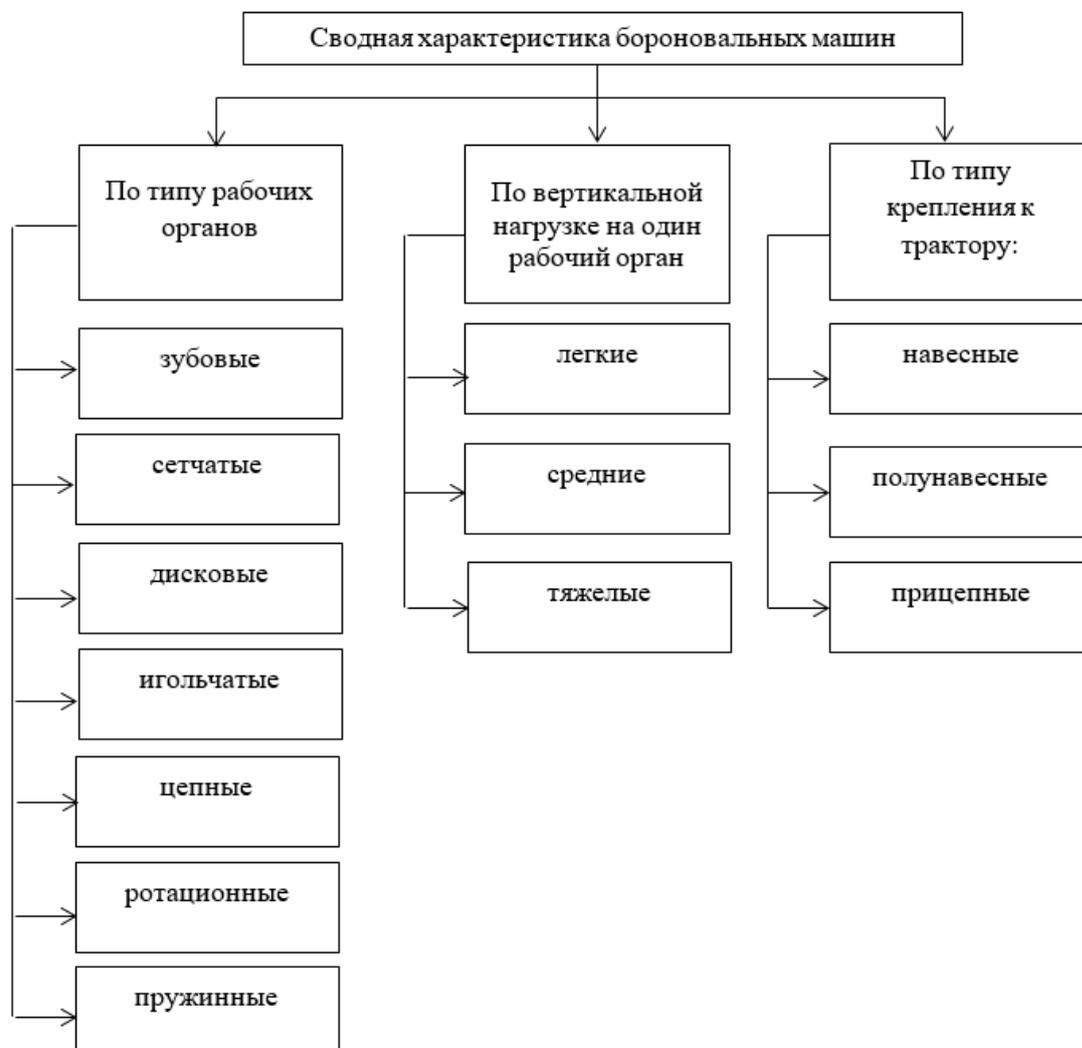


Рисунок 2 – Сводная характеристика бороновальных машин

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

Для участков размером до 1000 га эффективной окажется ширина бороны 5,2 - 8,2 м, для 1 - 1,5 тыс. га – 8,2 - 10,2 м, а на больших площадях наиболее рационально использование широкозахватных, 12 - 16 м, в основном складных многорамных тяжёлых машин (рисунок 3).

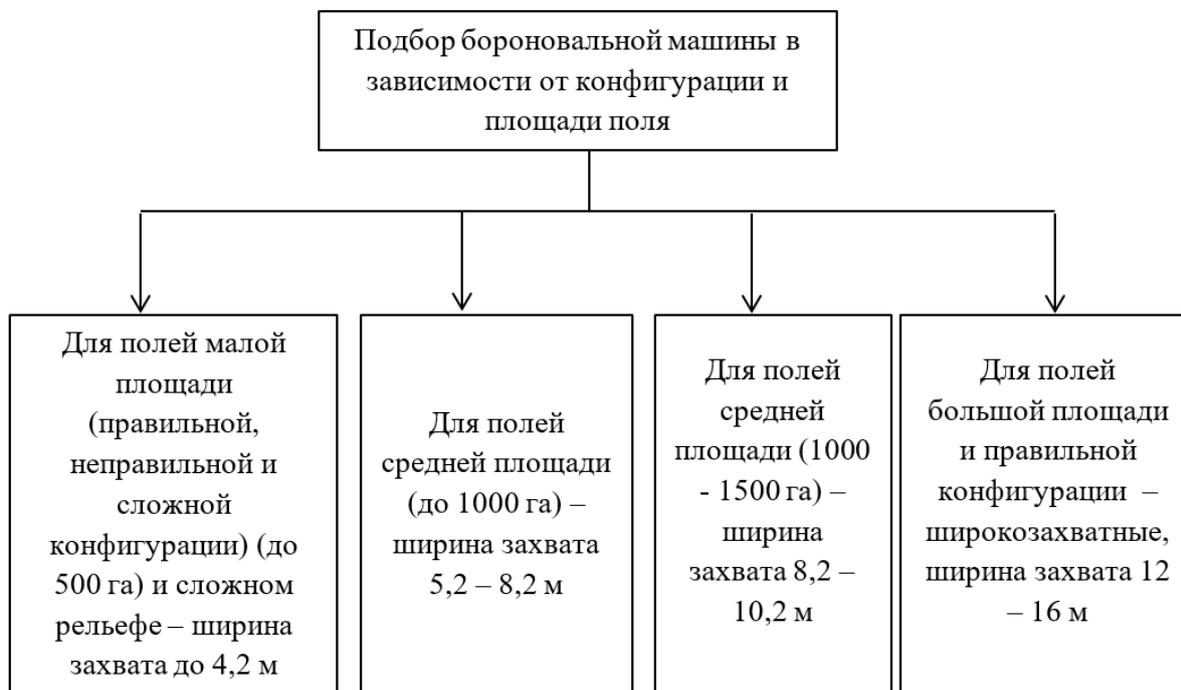


Рисунок 3 – **Подбор бороны в зависимости от конфигурации поля**

Тяжёлые многорамные бороны также подойдут для обработки тяжёлых видов почв (глинистых, суглинистых, известковых, торфяных). Для обработки более лёгких почв применяют лёгкие и средние бороны (рисунок 4).

Установлено, что качество работы почвообрабатывающих орудий зависит от правильного выбора их оптимальных параметров и режимов работы, которые полностью определяются не только их конструктивными особенностями, но и условиями эксплуатации. Зависимость качества работы от условий работы порой оказывается настолько ощутимой, что появляется необходимость разработки модельного ряда орудий для каждой почвенно-климатической зоны. Более того, в пределах одной и той же почвенно-климатической зоны, в условиях разных предшественников и даже одного и того же поля широкий диапазон изменения большинства свойств почвы часто бывает основной причиной нарушения качества работы.

Поэтому исследование механизмов влияния физико-механических свойств почвы на качество обработки почвы является необходимым и условием при разработке технологических параметров дисковых борон и луцильников.

Вместе с тем необходимо отметить, что дисковые бороны и луцильники являются орудиями всепогодными и более функциональными, так как параметры их работоспособности значительно выше, чем у орудий с пассивными рабочими органами – отвальных плугов, культиваторов, большинства ком-

бинированных агрегатов, что позволяет подобрать их для использования по параметрам, представленным на рисунке 5.



Рисунок 4 – Подбор бороны в зависимости от механического состава обрабатываемой почвы

Вследствие проведенных исследований установлено, что наиболее эффективными в земельно-климатических условиях Амурской области, для обработки больших площадей правильной конфигурации Зейско-Буреинской равнины является применение прицепных многорамных дисковых борон, которые работают с дисками диаметром от 650 мм со скоростью 6 - 12 км/ч и агрегируются колёсными полурамными энергетическими средствами 5 - 8 классов тяги.



Рисунок 5 – Подбор бороны в зависимости от выполняемой полевой задачи

За один проход они способны полностью выровнять обрабатываемую поверхность, подготовить пашню под посев, измельчив и заделав на оптимальную глубину растительные остатки предшественников, а также успешно рекультивировать заброшенные сельхозугодия и осушенные заболоченные участки. При этом для решения этих же задач средним боронам потребуется 2 - 3 прохода, а для лёгких борон эта важная задача является технически невыполнимой.

Список литературы

1. Кузнецов, Е.Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // Монография. ДальГАУ - Благовещенск, 2017. - 272 с.
2. Слепенков, А.Е. Расширение технологических характеристик бороновального агрегата / А.Е. Слепенков, С.Н. Кулинченко, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов // Технический сервис машин. 2021. № 1 (142). С. 83 - 88.
3. Belyaev, V.I. Ecological Consequences of Conversion of Steppe to arable Land in Western Siberia / V.I. Belyaev, M. Fruhauf, T. Mainel // Europa regional. - 2004. – Vol. 1, № 4. - P. 13 - 21.

References

1. Kuznecov E.E. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil`ny`kh e`nergeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdel`vaniya sel`skokhozyajstvenny`kh kul`tur / E.E. Kuznecov, S.V. Shhitov // Monografiya. Dal`GAU - Blagoveshhensk, 2017. - 272 s.
2. Slepencov A.E. Rasshirenie tekhnologicheskikh kharakteristik boronoval`nogo agregata / A.E. Slepencov, S.N. Kulinchenko, S.V. Shhitov, E.E. Kuznecov // Tekhnicheskij servis mashin. 2021. # 1 (142). S. 83 - 88.
3. Belyaev, V.I. Ecological Consequences of Conversion of Steppe to arable Land in Western Siberia / V.I. Belyaev, M. Fruhauf, T. Mainel // Europa regional. - 2004. – Vol. 1, # 4. - P. 13 - 21.

Сведения об авторах

Леонов Владимир Викторович – аспирант кафедры транспортно - энергетических средств и механизации АПК. Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, e-mail: leonovvladimir@mail.ru, 89244498121).

Кузнецов Евгений Евгеньевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК. Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, e-mail: ji.tor@mail.ru, 89619523270).

Щитов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно - энергетических средств и механизации АПК. Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru).

Information about the authors

Leonov Vladimir V. – is a pos-graduate student of the department of transport and energy facilities and mechanization of the agro - industrial complex. Far Eastern state agrarian university (Blagoveshchensk, Amur region, 675005, Russia, e-mail: leonovvladimir@mail.ru, 89244498121).

Kuznetsov Evgeny E. – doctor of technical sciences, professor of the department of transport and energy facilities and mechanization of the agro-industrial complex. Far Eastern state agrarian

an university (Blagoveshchensk, Amur region, 675005, Russia, e-mail: ji.tor@mail.ru, 89619523270).

Shchitov Sergey V. – doctor of technical sciences, professor of the department of transport and energy facilities and mechanization of the agro-industrial complex. Far Eastern state agrarian university (Blagoveshchensk, Amur region, 675005, Russia, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru).

УДК 631.173

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ

¹Е.В. Маршанин, ²Е.Е. Кузнецов, ²С.В. Щитов

¹ФГКВООУ ВО Дальневосточное высшее общевойсковое командное ордена Жукова училище имени маршала Советского Союза К.К. Рокоссовского
Благовещенск, Россия

²ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
Благовещенск, Россия

Научные исследования, проводимые в мировой науке и посвящённые вопросам повышения эффективности использования колёсных энергетических средств в агропромышленном комплексе (АПК) в недостаточной мере предлагают возможные способы улучшения эффективности при достаточно неполном обосновании процесса движения и реализации свойств движителя колёсных средств в условиях их эксплуатации на почвах с низкой несущей способностью, характеризующихся высокими величинами сил прилипания грязевых масс и изменяющихся в связи с этим сил трения.

В связи с чем, проведённая оценка современного состояния выше обозначенной проблемы позволила предложить научную гипотезу: повышение эффективности использования колёсных энергетических средств (КЭС) в агропромышленном комплексе возможно применением способов, позволяющих улучшить реализацию тягово-цепных свойств колёсного движителя. Что может быть выполнено при применении мало затратных, эффективных и экономически выгодных способов очищения протектора колеса в движении.

Существуют разные способы очистки протектора колеса, обладающие различной эффективностью, но имеющие различные конструктивные или технологические недостатки, что было установлено в процессе патентного поиска, проведённого по исследуемой тематике.

В представленной статье приводятся возможные способы повышения эффективности использования колёсных энергетических средств в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: Колёсные энергетические средства, тягово-цепные свойства, торсионно-тросовый очиститель.

AN EFFECTIVE METHOD FOR STABILIZING THE TRACTION-COUPPLING PROPERTIES OF THE ENERGY FACILITY UNDER CONDITIONS OF SOIL REWEET

¹E.V. Marshanin, ²E.E. Kuznetsov, ²S.V. Shields

¹Far Eastern higher combined arms command school of the order of Zhukov
named after marshal of the Soviet Union K.K. Rokossovsky
Blagoveshchensk, Russia

²FSBEI HE Far Eastern SAU
Blagoveshchensk, Russia

Scientific research conducted in world science and devoted to improving the efficiency of the use of wheeled power vehicles in the agro-industrial complex (AIC) insufficiently offer possible ways to improve efficiency with a fairly incomplete justification of the movement process and the implementation of the properties of the propulsion of wheeled vehicles in conditions of their operation on soils with low load-bearing capacity, characterized by high values of the forces of adhesion of mud masses and the friction forces changing in this regard.

In this connection, the assessment of the current state of the above-mentioned problem allowed us to propose a scientific hypothesis: increasing the efficiency of the use of wheeled energy resources (CES) in the agro-industrial complex is possible by using methods to improve the implementation of the traction properties of the wheel mover. What can be done with the use of low-cost, effective and cost-effective methods of cleaning the tread of the wheel in motion.

The article presents possible ways to improve the efficiency of the use of wheeled energy resources in the agro-industrial complex.

Key words: Wheeled power equipment, traction properties, torsion - cable cleaner.

Амурская область является наиболее важным растениеводческим сельскохозяйственным регионом Дальнего Востока, обладая наибольшими посевными площадями и достаточно благоприятными климатическими условиями.

Однако значительное почвенное переувлажнение в период август - октябрь, на который выпадает период сбора урожая, относит регион к зонам «Рискованного земледелия». В эти сроки заезд колёсных энергетических средств на обрабатываемые поля невозможен или нецелесообразен по причинам значительного техногенного воздействия колёсной ходовой системы на поверхность движения вследствие высокого буксования. По этим причинам региональной системой земледелия предусмотрено соотношение энергетических средств с гусеничной / колёсной ходовой системой в соотношении 70 / 30, что невозможно применить в современных условиях практического отсутствия продукции тракторного машиностроения, выпускающего гусеничные тракторы [2].

Вместе с тем необходимость как почвообработки, так и сбора урожая колёсными средствами механизации в независимости от климатических условий и водного режима почвы является важной отраслевой задачей, необходимой к решению во всех сельскохозяйственных зонах Российской Федерации.

Производственными наблюдениями установлено, что при выполнении сельскохозяйственных работ, особенно в осенне-весенний период, а также на переувлажнённых почвах особенности сцепления ходового аппарата тракторов с опорным основанием не позволяют развивать достаточных тягово-сцепных свойств вследствие залипания межпротекторных пространств, что снижает их эффективность в движении.

Таким образом, в связи с фактическим отсутствием гусеничных энергетических средств специалисты предприятий сельхозпроизводителей в области пытаются решить обозначенную отраслевую задачу различными применяемыми способами, предназначенными для стабилизации и повышения тя-

гово-сцепных свойств ходовой системы в различных почвенных условиях [1].

Патентным поиском и теоретическими исследованиями доказано, что использование в ходовой системе трактора устройства, позволяющего эффективно очищать рисунок протектора колёсного движителя, позволит стабилизировать тягово-сцепные свойства трактора на уровне движения машинно-тракторного агрегата (МТА) на почвах нормальной влажности, устранить эффект залипания (забивания) протектора грязевыми массами, повысит эффективность использования, и, как следствие, улучшит проходимость энергетического средства. Существуют различные способы очистки протектора колеса, как применяемые в производстве, так и предлагаемые нами к внедрению.

Так, исследования показывают [1], что уменьшить эффект почвенного залипания протектора колёсного движителя грязевыми массами, а соответственно, повысить тягово-сцепные свойства энергетического средства возможно за счёт своевременного вычищения (пурификации) рисунка протектора в движении применением новых конструкторских и технических решений, изменением подхода к технологии изготовления вычищающих устройств на основе современных материалов.

Ранее коллективом аспирантов Дальневосточного ГАУ был предложен к исследованию и внедрению в производство торсионно-тросовый очиститель движителя трактора [3], который позволяет производить пурификацию рисунка протектора колёсного движителя в движении (рисунок 1). В период 2020 - 2022 были проведены научно-исследовательские, экспериментально-конструкторские работы в этом направлении (рисунок 2, 3).



Рисунок 1 – Опытный образец торсионно-тросового очистителя



**Рисунок 2 – Полевые испытания трактора
с опытным торсионно-тросовым очистителем**



**Рисунок 3 – Полевые испытания трактора
с опытным торсионно-тросовым очистителем**

В ходе экспериментов предлагаемое устройство показало высокую надёжность и подтвердило заявленные характеристики. Основные полученные сравнительные характеристики представлены в виде графика на рисунке 4.

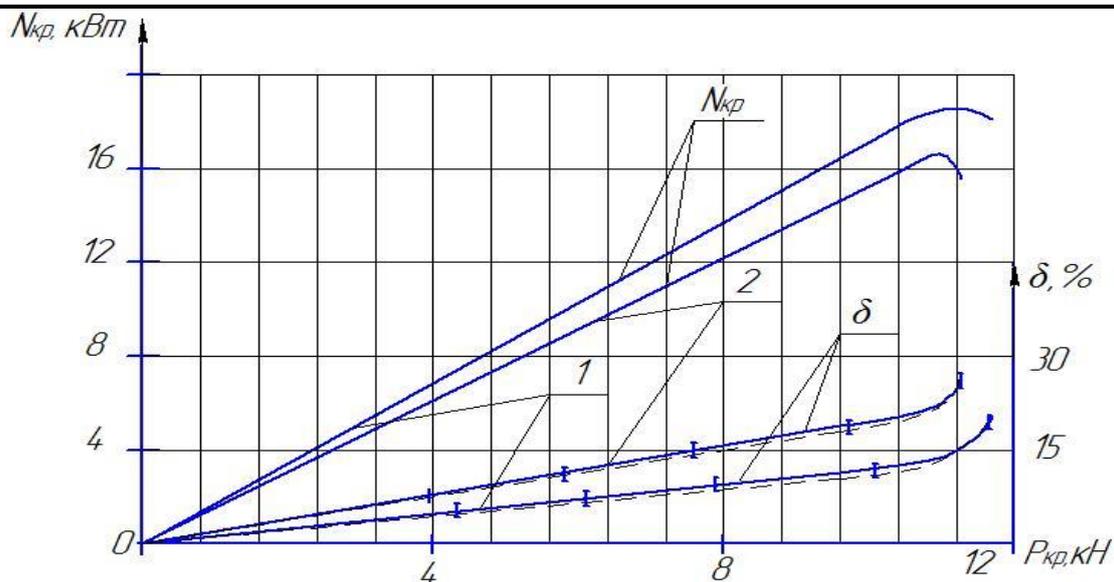


Рисунок 4 – Экспериментальные показатели серийного трактора класса 1,4 и экспериментального с опытным торсионно-тросовым очистителем на транспортных работах в составе агрегата МТЗ-80 и прицепа 2ПТС-4: 1 – трактор серийный; 2 – трактор с опытным торсионно-тросовым очистителем, - - - - теоретические данные; — — экспериментальные данные.

Анализ графических зависимостей показывает, что использование предлагаемого технического решения позволяет уменьшить величину буксования в сравнении с серийным МТА более чем на 41 %. При этом график демонстрирует у экспериментального трактора увеличение тягового усилия в параметрах: при буксования $\delta = 20$ % тяговое усилие серийного трактора – 8,0 кН, а у экспериментального – 11,2 кН. Также установлено, что использование опытного устройства повышает тяговую мощность трактора на 12,1 % по сравнению с серийным вариантом энергетического средства.

Исследования проводились при относительной почвенной влажности в пределах 82 процентов.

Вместе с тем были выявлены и существенные недостатки. Так, значимым недостатком рассматриваемого устройства является то, что в движении, вследствие перекатывания колёсного движителя и его упирания в рабочую поверхность тросовых очистителей, происходит достаточно неравномерное вычищение рисунка протектора, обусловленное характерным волнообразным движением тросовых рабочих органов, при этом при длительном использовании наблюдается истирание протектора из-за царапающего воздействия тросовых очистителей при всех режимах движения трактора.

Таким образом, несмотря на полученные положительные результаты теоретических и экспериментальных исследований, предложенное устройство, выполняя предъявляемые к нему требования, может применять для пурификации (вычищения) протектора движителя колёсного трактора в движении. Наряду с положительными результатами выявлена значимая необходимость его модернизации в целях достижения более эффективных как агро-

технологических показателей при использовании МТА, так и получения более безопасных конструктивных параметров вычищающего устройства.

Список литературы

1. Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. – Благовещенск : изд. ДальГАУ, 2017. – 272 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44076599>.
2. Система земледелия Амурской области / под общ. ред. П.В. Тихончука. – Благовещенск: Изд - во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 574 с.
3. Пат. 164615 Российская Федерация. Торсионно-тросовый очиститель протектора колёсного движителя / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, С.А. Рыбаков // Дальневосточ. гос. аграр. ун - т. – № 2016106180; Заявл. 24.02.2016; Опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.

References

1. E.E. Kuznetsov, S.V. Shitov. Improving the efficiency of the use of mobile energy in the technology of cultivating agricultural crops: Monograph. – Blagoveshchensk : ed. DalGAU, 2017. - 272 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44076599>.
2. The system of agriculture of the Amur region / under the total. ed. P.V. Tikhonchuk. - Blagoveshchensk: Publishing House of the Far Eastern State Agrarian University, 2016. - 574 p.
3. Pat. 164615 Russian Federation. Torsion-rope tread cleaner of a wheel mover / S.V. Shitov, E.E. Kuznetsov, S.A. Rybakov // Far East. state agrarian un - t. – No. 2016106180; Appl. 02/24/2016; Published 09/10/2016, Bull. No. 25.

Сведения об авторах

Маршанин Евгений Владимирович – аспирант, Дальневосточное высшее общевойсковой командное училище (675000, Россия. Амурская область, город Благовещенск, тел. 89244462828, e-mail:MarshaninEV@mail.ru).

Кузнецов Евгений Евгеньевич – доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов. Дальневосточный аграрный государственный университет (675000, Россия. Амурская область, город Благовещенск, тел. 89619523270, e-mail:ji.tor@mail.ru).

Щитов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный аграрный государственный университет (675000, Россия. Амурская область, город Благовещенск, тел. 89145571730, e-mail: tesimapk@dalgau.ru).

Information about the authors

Marshanin Evgeny V. – post - graduate student, Far Eastern higher combined arms command school (675000, Russia, Amur region, Blagoveshchensk, tel. 89244462828, e-mail: MarshaninEV@mail.ru).

Kuznetsov Evgeniy E. – doctor of technical sciences, professor of the department of operation and repair of transport and technological machines and complexes. Far Eastern agrarian state university (675000, Russia, Amur region, city of Blagoveshchensk, tel. 89619523270, e-mail: ji.tor@mail.ru).

Shchitov Sergey V. – doctor of technical sciences, professor of the department of transport and energy means and mechanization of the agroindustrial complex, Far Eastern agrarian state university (675000, Russia. Amur region, Blagoveshchensk, tel. 89145571730, e-mail: tesimapk@dalgau.ru).

УДК 631.12

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОЙ И КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Неговора, Т.Р. Башаров

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ
Уфа, Россия

В статье обоснована необходимость использования электронных средств и информационных технологий в системе технического обслуживания и ремонта современных машин. Описаны возможности и перспективы повышения работоспособности машин и снижения себестоимости их эксплуатации за счёт внедрения цифровых технологий.

Ключевые слова: Эксплуатация техники, ремонт техники, цифровизация процессов, система технического обслуживания.

INTELLECTUALIZATION OF THE PROCESSES OF OPERATION AND REPAIR OF TRACTOR AND COMBINE MACHINERY

A.V. Negovora, T.R. Basharov

FSBEI HE Bashkir SAU
Ufa, Russia

The article substantiates the necessity of using electronic means and information technologies in the system of maintenance and repair of modern machines. The possibilities and prospects of increasing the efficiency of machines and reducing the cost of their operation through the introduction of digital technologies are described.

Key words: Operation of machinery, repair of machinery, digitalization of processes, maintenance system.

Анализ современных статистических данных показывает, что до 70 % коммерческого парка автотракторной техники эксплуатируется с превышением нормативных сроков эксплуатации [1]. При этом удельные годовые затраты на их ремонт возросли за период с 2005 по 2016 годы более чем в 2 раза, но доля восстанавливаемых деталей в общем объёме потребления запасных частей составила всего 7 % (до 90-х годов – 24 %) [2]. Эти данные указывают на явное снижение объёма сервисных работ по ремонту и восстановлению техники и отдельных её узлов и агрегатов.

Мультибрендовость используемой автотракторной техники, увеличение функциональности техники, существенные конструктивные отличия в моделях одной марки, но разных партий, смена поставщиков отдельных агрегатов и другие факторы определяют ряд направлений совершенствования системы обеспечения работоспособности автотракторного парка на современном этапе. Вместе с тем, развитие структуры инженерной службы в направлении организации ТО и ремонта современной техники в России сдерживается рядом технических, технологических, кадровых и территориальных ограничений. В данных условиях для грамотной и эффективной реализации системы ТО и ремонта современных машин становится очевидной необхо-

димостью использование электронных средств и информационных технологий.

Очевидно, что необходимым условием качественного управления техническим состоянием современной техники, а так же её эффективного использования становится электронная сервисная информация. Большой объём технической информации, и высокая скорость обновления сервисных данных требуют регулярной связи с заводами-производителями. Реализация данной потребности возможна только путём использования «облачных» ИТ-технологий, предоставления интерактивных инструментов донесения сервисной информации до сервисных инженеров и механиков на местах. Многие производители уже используют *Smart*-технологии при разработке руководства по эксплуатации или техобслуживанию машины, что позволяет через планшет или виртуальные очки видеть обслуживаемый узел в разрезе, выводить на экран места расположения крепёжных элементов или диагностических разъёмов с наложением на текущее изображение объекта.

Наличие электронного управления агрегатами и узлами, как и всей машиной в целом, представляет принципиально новые возможности для оптимизации режимов их работы. Для обеспечения безотказной и стабильной работы узлов и агрегатов с электронным управлением их ремонт рекомендуется проводить двумя условными видами регулировки: «Механической» и «Электронной». «Механическая» регулировка обеспечивается в процессе её технического обслуживания соблюдением контрольных размерных параметров, заданными предварительным натягом пружин, моментами затяжки элементов узлов и пр. «Электронная» регулировка предусматривает изменение или корректировку данных, прописанных в программе блока управления [3].

В целом, в техническом сервисе машин при использовании интернет - технологий могут обеспечиваться в ином формате новые функциональные качества:

- мониторинг текущего состояния машины и показателей её работы по выполняемой операции, передача данных о движении, местонахождении и пр.;
- мобильный сервис: автоматическое оповещение о неисправности, услуги служб технической поддержки, удаленная диагностика и помощь при возникновении неисправностей;
- дистанционное тестирование агрегатов и систем машины через *Internet* по он-лайн связи в соответствии с назначенным заводом фирмы-изготовителя машин протоколом испытаний на стационарных стендах в специализированных мастерских;
- использование ресурсов встроенного интернета: настройка функционала смартфонов через подключение электронных устройств к сети, что позволяет без участия операторов (водителей) обмениваться данными между собой для согласования совместной работы;

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

- настройка и дистанционное управление охранными системами, средствами тепловой подготовки, климат-контролем, системами видеофиксации и другими устройствами комфорт-электроники;

- использование «*Smart*»-очков с функцией дополненной реальности для виртуального сопровождения водителя при выполнении сложных маневров, например, сцепки с прицепом или парковки задним ходом, а также для помощи техническому специалисту при проведении сложного ремонта.

Таким образом, цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта коммерческой техники обуславливают новые реалии, возможности и перспективы повышения работоспособности машин за счёт улучшения качества и оперативности, снижения себестоимости и трудоёмкости ремонтно-обслуживающих работ путём:

- применения современного высокотехнологичного оборудования с своевременным обновлением его программного обеспечения посредством облачных технологий;

- повышения требований к квалификации обслуживающего персонала, организации их дистанционного и интерактивного обучения на местах;

- внедрения новых технологий «Электронной» регулировки элементов (узлов), управляемых программируемыми блоками управления;

- разработки собственных и модернизации предлагаемых производителями средств и инструмента для ТО и ремонта машин и их агрегатов;

- совершенствования технологий диагностирования и формирования собственной базы контрольных параметров для дефектовки отдельных узлов и агрегатов, независимой от заводов-производителей, но научно доказанных и практически подтверждённых;

- широкого использования *IT*-технологий, разработки доступных вспомогательных программных продуктов для сервисного обслуживания машин.

Список литературы

1. Черноиванов, В.И. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко // - М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.

2. Габитов, И.И. Интеллектуализация технического сервиса топливоподающих систем дизелей / И.И. Габитов, А.В. Неговора, В.Ф. Федоренко // – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 496 с.

3. Габитов И.И. Совершенствование средств технического сервиса автотракторной и мобильной сельскохозяйственной техники / И.И. Габитов, А.В. Неговора // Труды ГОСНИТИ – 2014. Т. 117. С. 62 - 66.

References

1. Chernoiivanov, V.I. Intelligent agricultural machinery / V.I. Chernoiivanov, A.A. Ezhevsky, V.F. Fedorenko // - M. : FGBNU "Rosinformagrotech", 2014. - 124 p.

2. Gabitov, I.I. Intellectualization of technical service of diesel fuel supply systems / I.I. Gabitov, A.V. Negova, V.F. Fedorenko // - M. : FGBNU "Rosin-formagrotech", 2018. - 496 p.

3. Gabitov I.I. Improving the means of technical service of autotractor and mobile agricultural machinery / I.I. Gabitov, A.V. Negovora // Proceedings of GOSNITI - 2014. V. 117. P. 62 - 66.

Сведения об авторах

Неговора Андрей Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры Автомобили и МТК, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, ул. 50 - летия Октября, д.34. Тел.:(347) 2-41-68-33, e-mail: negovora@bgau.ru.

Башаров Тимур Расимович – аспирант кафедры Автомобили и МТК, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, ул. 50 - летия Октября, д.34. Тел.:(347) 2-41-68-33, e-mail: basharov@bgau.ru.

Information about the author

Negovora Andrei V. – doctor of technical sciences, professor of automobiles and MTA department of federal state budgetary educational establishment of higher education Bashkir state agrarian university, Ufa, 50 - letia Ocutyabrya str., 34, ph.: (347) 2-41-68-33, e-mail: negovora@bgau.ru.

Basharov Timur R. – PhD student of automobiles and mta department of federal state budgetary educational establishment of higher education Bashkir state agrarian university, Ufa, 50 - letia Ocutyabrya str., 34, ph.: (347) 2-41-68-33, e-mail: basharov@bgau.ru.

УДК 621.43

**РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

А.Ю. Понизовский

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

В статье приводится краткий анализ актуальности диагностирования цилиндро - поршневой группы двигателя внутреннего сгорания. Влияние технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания на мощность, удельный расход топлива и другие параметры. Приводится актуальность совершенствования существующих методов и средств, с помощью которых проводятся и выявляются изменения нормативных параметров вследствие эксплуатации мобильной технике. Авторы, занимающиеся данными вопросами. Предложен и рассмотрен способ по разности расходов воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме двигателя. На основе существующего способа по разности расходов воздуха на впуске и выпуске направленного на оценку технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания, излагается разработка диагностического комплекса, с целью диагностирования мобильной техники в условиях эксплуатации. Описывается реализация, эффективность, экономическая целесообразность и область применения данного диагностического комплекса. Приводится список задач: уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, уменьшить токсичность отработавших газов, снизить трудоёмкость диагностирования двигателя и повысить надёжность и долговечность работы мобильной техники, решаемый диагностическим комплексом.

Ключевые слова: Технический сервис, двигатель внутреннего сгорания, цилиндро-поршневая группа, мобильная техника, диагностика, диагностический комплекс, контролируемые параметры.

DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC COMPLEX FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

A.Yu. Ponizovsky

FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

The article provides a brief analysis of the relevance of diagnosing the cylinder piston group of an internal combustion engine. The influence of the technical condition of the cylinder piston group of the internal combustion engine on power, specific fuel consumption and other parameters. The relevance of improving the existing methods and tools with the help of which changes in regulatory parameters are carried out and identified due to the operation of mobile equipment. Authors dealing with these issues. A method is proposed and considered for the difference in air consumption at the inlet and outlet in the starting mode of the engine. Based on the existing method for the difference in intake and exhaust air flow rates aimed at assessing the technical condition of the cylinder piston group of the internal combustion engine, the development of a diagnostic complex is described in order to diagnose mobile equipment in operating conditions. The implementation, efficiency, economic feasibility and scope of application of this diagnostic complex are described. The list of tasks is given: to reduce the amount of harmful emissions into the atmosphere, to reduce the toxicity of exhaust gases, to reduce the complexity of engine diagnostics and to increase the reliability and durability of mobile equipment, solved by the diagnostic complex.

Key words: Technical service, internal combustion engine, cylinder-piston group, mobile equipment, diagnostics, diagnostic complex, controlled parameters.

Состояние цилиндра-поршневой двигателя внутреннего сгорания (ЦПГ) и как следствие её герметичность является одним из важных параметров технического состояния, существенно влияющих на правильную работу двигателя [2, 3]. При негерметичности ЦПГ снижаются технико-экономические показатели работы двигателя: мощность, удельный и часовой расход топлива. Повышается температура выхлопных газов, увеличивается количество вредных выбросов в атмосферу, значительно повышается токсичность в выхлопных газах, ухудшаются пусковые качества, снижается надежность и долговечность работы двигателя [5].

По мере совершенствования конструктивно-технологических элементов машин (в первую очередь ДВС) повышаются требования к оборудованию технического сервиса. Не в последнюю очередь эти требования касаются и средств технической диагностики, где наблюдается заметное отставание в части развития новых способов диагностирования, способных существенно повысить достоверность диагноза при одновременном снижении его трудоёмкости и как следствие избавиться от вышеперечисленных негативных причин [9, 10].

С этой целью проводится широкий комплекс работ, связанных с повышением надёжности мобильной техники. Не последнее значение при этом имеет вопрос, связанный с технической диагностикой машин, которая поз-

воляет уменьшить расходы на техническое обслуживание (ТО) и ремонт, сократить простой мобильной техники из-за внезапного отказа, возникшего по техническим причинам, контролировать состояние узлов и агрегатов машин, повысить экономичность двигателя, снизить токсичность выхлопных газов и повысить экологическую безопасность использования мобильной техники.

Успешное решение данного вопроса возможно при комплексном подходе, предполагающем разработку и внедрение новых методов контроля состояния цилиндро-поршневой группы двигателя влияющего на эффективные показатели работы мобильной техники.

В настоящее время существующие методы и способы контроля технического состояния цилиндропоршневой группы не обеспечивают в полной мере поставленную им техническую задачу. Поэтому они могут быть улучшены, усовершенствованы за счёт разработки новых методов, основанных на применении цифровых методов контроля ЦПГ, которые позволят сократить количество вредных выбросов в атмосферу, улучшить экологическую обстановку, затраты труда и материальных ресурсов и повысить информативность диагноза при контроле. Таким образом, контроль состояния ЦПГ ДВС имеет практическую и научную значимость.

На основе анализа определения технического состояния ЦПГ двигателя в работах Бельских В.И., Деревцова Ю.Н., Добролюбова И.П., Змановского В.А., Костина В.Д., Лившица В.М., Михлина В.М., Рогожкина В.М., Синий В.П., Терских И.П. и др. выдвинуты гипотеза о том, что в качестве показателя технического состояния цилиндро-поршневой группы и камеры сгорания может служить разность расходов воздуха на впуске (выпускной коллектор) и на выпуске (выпускной коллектор) в пусковом режиме двигателя без подачи топлива [1, 6].

В результате теоретического исследования проблем, связанных с оценкой технического состояния двигателя, определены пути определения количественной оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя.

Известно, что поддержание мобильной техники в исправном техническом состоянии позволяет поддерживать стандарты норм токсичности в заданных пределах, определённых конструктивными особенностями ДВС мобильной техники. Нарушение этих стандартов, приводит к повышенному содержанию вредных выбросов отработанных газов в окружающую среду. Оказывая непоправимый вред на экологию больших городов, с большим количеством мобильной техники.

С целью технической реализации предложенного способа оценки технического состояния ЦПГ предлагается разработать диагностический комплекс на основе предложенного способа для оценки технического состояния ЦПГ ДВС мобильной техники.

Способ состоит в том, что испытания проводят без подачи топлива в цилиндры двигателя на пусковых оборотах, которые составляют 150...300

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

об/м. Реализация диагностического комплекса по предложенному способу представлена на рисунке.

На входе воздуха во впускной коллектор двигателя 1 устанавливается датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) 3 и 4, термоанемометрического действия, такой же датчик устанавливается на выходе воздуха в выпускной коллектор, а также датчик положения коленчатого вала 2. Эти датчики подсоединяются к электронному блоку управления (ЭБУ) 5. ЭБУ регистрирует сигналы, и после преобразования выдаёт информацию на индикатор 6 в виде разности расходов, полученные значения сравнивают с нормативными и оценивают техническое состояние каждого цилиндра двигателя в отдельности.

Разработка диагностического комплекса направлена на исследование процесса определения технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя по величине расхода воздуха из над поршневого пространства, определение оптимальных параметров технического состояния цилиндро-поршневой группы, которые необходимы для правильного диагноза и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации мобильной техники.

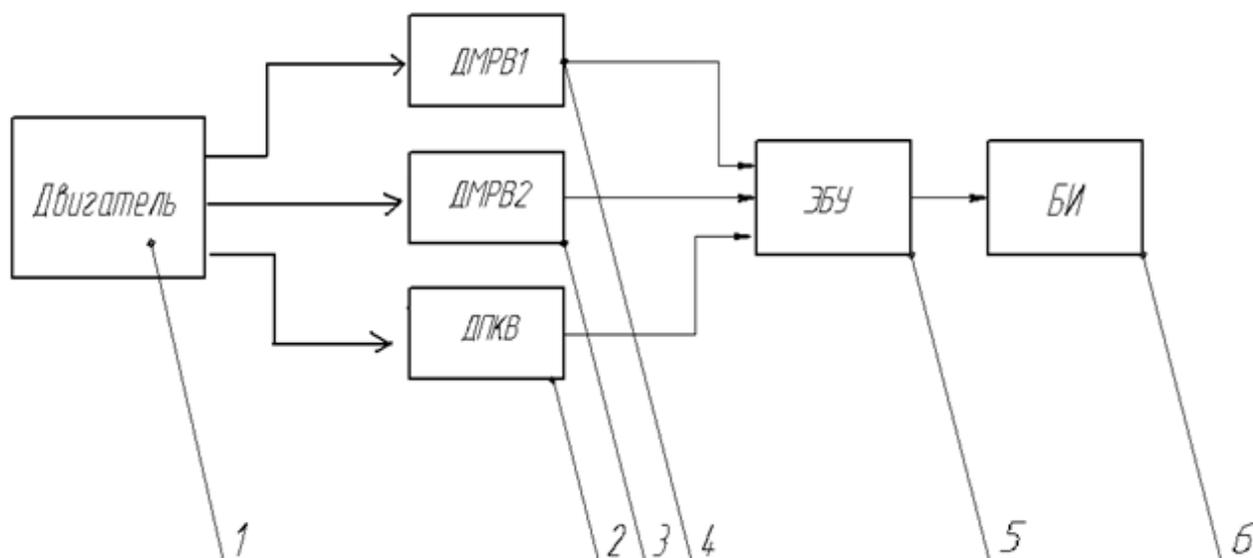


Рисунок – Схема для реализации диагностического комплекса

Разработка диагностического комплекса решает следующие задачи:

- 1) уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу;
- 2) снижается токсичность отработавших газов;
- 3) снижается трудоёмкость диагностирования двигателя;
- 4) повышается надёжность и долговечность работы мобильной техники.

Эффект от использования по предложенной схеме диагностического комплекса, позволит повысить экономичность, уменьшить выброс токсичных выхлопных газов в окружающую среду, повысить экологическую безопасность при эксплуатации мобильной техники, за счёт своевременной постановки технического состояния ЦПГ ДВС мобильной техники.

Список литературы

1. Воронин, Д.М. Способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания. / Д.М. Воронин, А.Ю. Понизовский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 2. – С.26 - 27.
2. Гюнтер, Г. Диагностика дизельных двигателей. Пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
3. Дизельные двигатели - устройство, обслуживание, ремонт, поиск и устранение неисправностей. – М. : Петит, 2004. – 384 с.
4. Колчин, А.В. Датчики средств диагностирования машин. – М. : Машиностроение, 1984. – 120 с.
5. Методы, технические средства контроля и диагностики машин: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. Отд - ние. – Новосибирск, 1987. – 132 с.
6. Способ оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Воронин Д.М., Понизовский А.Ю., Малышко А.А. Патент RU2336513, МПК G01M 15/00. 20.10.2008, Бюл. № 29.
7. Способ оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Воронин Д.М., Понизовский А.Ю., Малышко А.А., Зенкова Н.И. Патент RU2443989, МПК G01M 15/00. 27.02.2012.
8. Рогожкин В.М. Исследование влияния неплотностей цилиндров на изменение показателей работы дизеля. Автореферат, г. Кострома 1968. – 26 с.
9. Терских, И.П. Диагностика технического состояния тракторов. – Иркутск, 1975. – 161 с.
10. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов. Под р. М.В. Михлина – М. : Колос, 1978. – 287 с.

References

1. Voronin, D.M. A method for assessing the technical condition of an internal combustion engine. / D.M. Voronin, A.Yu. Ponizovsky // Mechanization and electrification of agriculture. - 2009. - No. 2. - p. 26 - 27.
2. Gunter, G. Diagnostics of diesel engines. Trans. from german. - M. : ZAO KZHI "Behind the wheel", 2004 – 176 p.
3. Diesel engines - device, maintenance, repair, troubleshooting. - Moscow : Petit, 2004 – - 384 p.
4. Kolchin A.V. Sensors of means of diagnosing machines. - M. : Mashinostroenie, 1984. - 120 p.
5. Methods, technical means of monitoring and diagnostics of machines: Sb. nauch. tr. / VASHNIL. Sib. Otd - nie. - Novosibirsk, 1987 – 132 p.
6. A method for assessing the technical condition of internal combustion engines. Voronin D.M., Ponizovsky A.Yu., Malyshko A.A. Patent RU2336513, IPC G01M 15/00. 20.10.2008, Bul. No. 29.
7. Method for assessing the technical condition of internal combustion engines. Voronin D.M., Ponizovsky A.Yu., Malyshko A.A., Zenkova N.I. Patent RU2443989, IPC G01M 15/00. 27.02.2012.
8. Rogozhkin, V.M. Investigation of the influence of cylinder leaks on the change in diesel engine performance. Abstract, Kostroma, 1968 – 26 p.
9. Terskikh, I.P. Diagnostics of the technical condition of tractors. - Irkutsk, 1975 – 161 p.
10. Technical diagnostics of tractors and combine harvesters. Under R. Mikhlin M.V. – M. : Kolos, 1978 – 287 p.

Сведения об авторе

Понизовский Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры надёжности и ремонт машин инженерного института. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, Новосибирск, ул. Добролюбова 160, тел. (383) 267-34-14, e-mail: alex_pon@ngs.ru).

Information about the author

Ponizovsky Alexey Yu. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of reliability and repair of machines of the engineering institute. Novosibirsk state agrarian university (160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, tel. (383) 267-34-14, e-mail: alex_pon@ngs.ru).

УДК 629.1.06

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА
МОТОРНОГО МАСЛА В КАРТЕРЕ ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

¹С.В. Речкин, ¹С.П. Матяш, ²А.А. Сырбаков

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

²ФГБОУ ВО Новосибирский ГТУ
Новосибирск, Россия

В статье рассмотрена проблематика эффективного пуска дизельного двигателя в зимних условиях. Определены основные факторы, влияющие на снижение пусковой частоты «Холодного» дизеля. Отмечено, что предельная температура пуска дизельного двигателя зависит в первую очередь от эффективности работы основных систем двигателя, в том числе от технического состояния ЦПП и пусковой частоты прокручивания коленчатого вала моторной установки. Частота прокручивания вала двигателя пусковым устройством существенно снижается при увеличении вязкости моторного масла в картере двигателя. Поэтому одна из основных задач в повышении эффективности пуска дизельного двигателя в зимних условиях, состоит в уменьшении момента сопротивления проворачивания коленчатого вала дизеля, путём поддержания рекомендуемой вязкости моторного масла в картере двигателя в заданном диапазоне, путём предпускового разогрева.

Для обеспечения снижения энергозатрат на предпусковую подготовку двигателя, предложено обеспечить разогрев моторного масла в картере встроенным электронагревателем. Приведённые результаты экспериментальных исследований по разогреву картерного масла электрическим нагревателем, показали положительную динамику по нагреву моторного масла, на примере двигателя Д-243, что позволяет повысить вероятность пуска дизельного двигателя в условиях отрицательных температур.

С целью оптимизации предлагаемого способа предпускового разогрева моторного масла в картере двигателя электрическими нагревателями, предложена её частичная модернизация, путём локализации нагретого масла возле масляного заборника, что локально увеличивает скорость нагрева масла в зоне забора, в среднем на 40 %.

Ключевые слова: Отрицательная температура, пусковая частота, моторное масло, масляный электронагреватель.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ENGINE OIL PREHEATING IN THE CRANKCASE OF A TRACTOR ENGINE

¹S.V. Rechkin, ¹S.P. Matyash, ²A.A. Syrbakov

¹FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

²FSBEI HE Novosibirsk STU
Novosibirsk, Russia

The article considers the problems of effective start-up of a diesel engine in winter conditions. The main factors influencing the decrease in the starting frequency of a "Cold" diesel engine are determined. It is noted that the maximum starting temperature of a diesel engine depends primarily on the efficiency of the main engine systems, including the technical condition of the CPG and the starting frequency of the crankshaft of the engine installation. The frequency of rotation of the engine shaft by the starting device decreases significantly with an increase in the viscosity of engine oil in the engine crankcase. Therefore, one of the main tasks in improving the efficiency of starting a diesel engine in winter conditions is to reduce the moment of resistance to cranking the crankshaft of a diesel engine by maintaining the recommended viscosity of engine oil in the engine crankcase in a given range, by preheating.

To ensure the reduction of energy consumption for pre-start preparation of the engine, it is proposed to provide heating of engine oil in the crankcase with a built-in electric heater. The results of experimental studies on heating crankcase oil with an electric heater showed a positive trend in engine oil heating, using the D-243 engine as an example, which makes it possible to increase the likelihood of starting a diesel engine in conditions of negative temperatures.

In order to optimize the proposed method of preheating engine oil in the engine crankcase with electric heaters, it is proposed to partially modernize it by localizing the heated oil near the oil intake, which locally increases the oil heating rate in the intake area by an average of 40 %.

Key words: Negative temperature, starting frequency, engine oil, electric oil heater.

Проблемы повышения эффективности эксплуатации тракторной техники в условиях низких температур являются достаточно актуальными для северных регионов России. Подавляющее большинство тракторов в базовой комплектации выпускается без эффективных устройств облегчения холодного пуска и систем предпускового разогрева [1, 3, 4, 6]. Дизельные двигатели более чувствительны к отрицательным температурам и пуск дизеля в условиях низких температур без предпусковой подготовки, достаточно проблематичен [10].

Предельная температура пуска дизельного двигателя зависит в первую очередь от создаваемым пусковым устройством частоты прокручивания коленчатого вала ДВС [8, 9]. Эта частота у холодного дизеля как правило снижается, из-за значительного увеличения вязкости моторного масла, что соответственно приводит к увеличению сопротивления прокручиванию коленчатого вала двигателя. Так же с понижением температуры электролита в аккумуляторных батареях снижается их ёмкость, что так же влияет на снижение эффективности пусковой частоты вала двигателя.

Поэтому одной из задач в повышении надёжности пуска дизельного двигателя в условиях отрицательных температур, состоит в уменьшении мо-

мента сопротивления проворачивания коленчатого вала при пуске дизеля путём поддержания рекомендуемой вязкости моторного масла в картере двигателя в заданном диапазоне [7, 9, 11].

Пусковая частота прокрутки коленчатого вала может быть повышена благодаря применению моторных масел с пологими вязкостно-температурными характеристиками, применению более мощных электропусковых средств, а также предпусковым подогревом моторного масла [2, 9].

На основе представленных заключений, предлагается способ пуска дизеля с предварительным разогревом моторного масла в картере двигателя электрическими нагревательными устройствами, как один из менее энергозатратных способов предпускового прогрева [5], что позволит повысить пусковую частоту двигателя и соответственно вероятность пуска холодного дизеля, а также улучшить условия смазывания подвижных элементов двигателя.

Для определения эффективности предлагаемого способа предпускового разогрева моторного масла электронагревательным устройством, проведены экспериментальные исследования на базе отдельно взятого масляного картера тракторного двигателя Д-243 с моторным маслом М-8Г2.

На экспериментальной установке (рисунок 1) определялось интенсивность разогрева моторного масла нагревательными элементами в зависимости от режимов нагрева и температуры окружающей среды. В качестве масляного нагревателя применили трубчатый греющий элемент (рисунок 2) с максимальной мощностью 420 Вт, с возможностью регулировки температуры. Максимальная температура наружной поверхности нагревателя ограничена показателем в 200°C , с целью исключения нагарообразования минерального моторного масла.

При исследовании нагрева моторного масла предложенным нагревательным элементом показало различный темп нагрева масла по объёму картера в зависимости от удалённости от места установки нагревателя. Как ожидалось, наибольшая температура масла концентрировалась в зоне действия нагревателя, слои масла, удалённые от зоны нагрева разогревались за счёт естественного теплообмена с нагретыми слоями, что соответственно приводило к запаздыванию разогрева внешних слоёв моторного масла, в том числе из-за её повышенной вязкости.

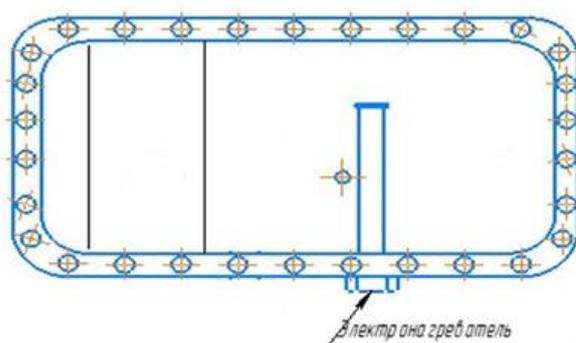


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для проведения стендовых испытаний (поддон с трубчатым электронагревателем)

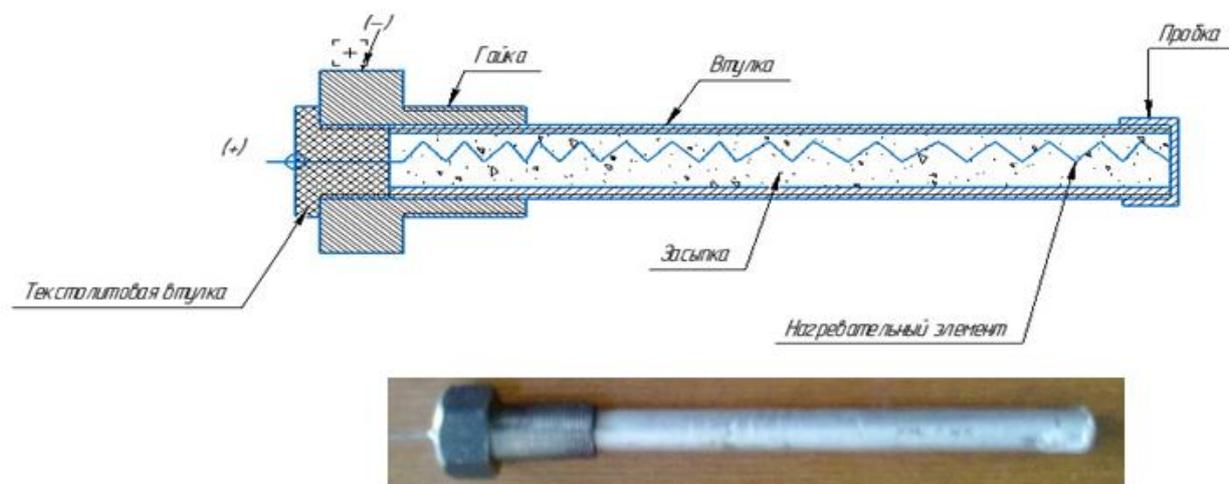


Рисунок 2 – Трубчатый электронагреватель с максимальной мощностью 420 Вт

Средний темп нагрева моторного масла в картере при эффективной выходной мощности нагревателя в 200 Вт (за счёт ограничения температуры наружной поверхности в 200°C), составил $0,37^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ (рисунок 3) и позволил поднять температуру моторного масла за 60 минут лишь на 22°C , при начальной температуре масла в -23°C , и при дальнейшем нагреве показания моторного масла стабилизируются и находятся на значении не более 5°C .

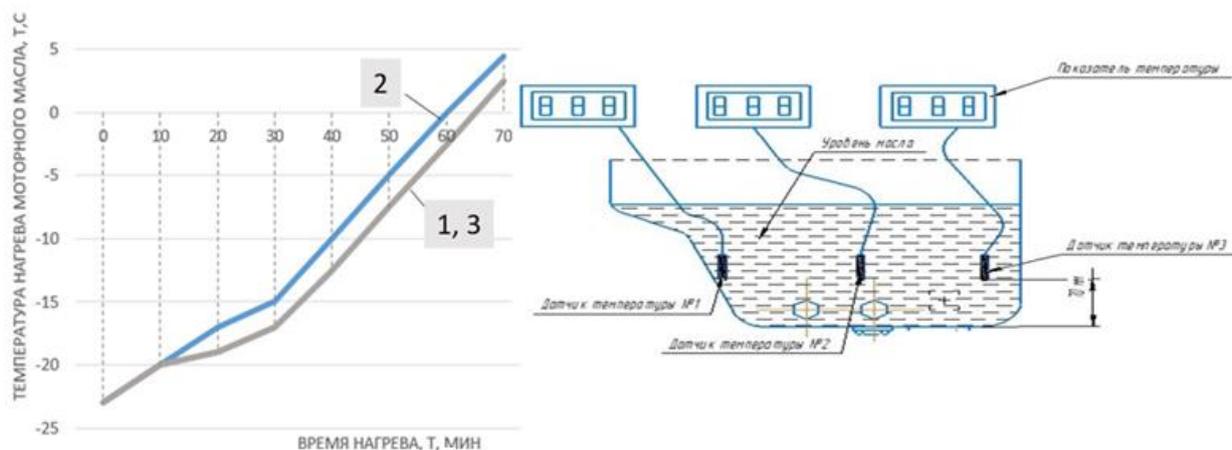


Рисунок 3 – Динамика нагрева моторного масла в картере двигателя нагревателем с эффективной мощностью 200 Вт:

1, 2 и 3 номера температурных датчиков.

Изменение температуры моторного масла М-8Г2 с -20 до -10°C позволяет поднять пусковые обороты дизельного двигателя в среднем на 40 % [9], что соответственно повышает вероятность пуска ДВС.

Выходной мощности предлагаемого нагревателя, из-за низкого темпа нагрева не достаточно для форсированного разогрева всего объёма моторного масла.

С целью повышения эффективности предлагаемого трубчатого нагревателя, предлагается оптимизировать нагрев моторного масла в зоне маслоза-

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

борника, путём применения технического решения. Суть которого заключается в том, что в поддоне в зоне забора масла устанавливаются дополнительные перегородки (рисунок 4), которые разделяют поддон на 3 зоны, сообщающиеся между собой через отверстия в нижней зоне перегородок. Такое решение позволит максимально сконцентрировать нагреваемое масло от нагревателя в зоне маслозабора, и тем самым обеспечить благоприятные условия для забора тёплого масла в систему смазки в процессе пуска двигателя.

Предложенное техническое решение позволило увеличить темп нагрева в среднем на 40 % и составило $0,55^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. (рисунок 5), чем в базовом варианте, и позволило поднять результирующую температуру моторного масла до 15°C при начальной -20°C .

Применение разработанного нагревательного устройства позволит повысить эффективность пуска дизельного двигателя при отрицательных температурах окружающей среды, за счёт управляемого прогрева моторного масла, путём увеличения пусковой частоты вращения вала двигателя.

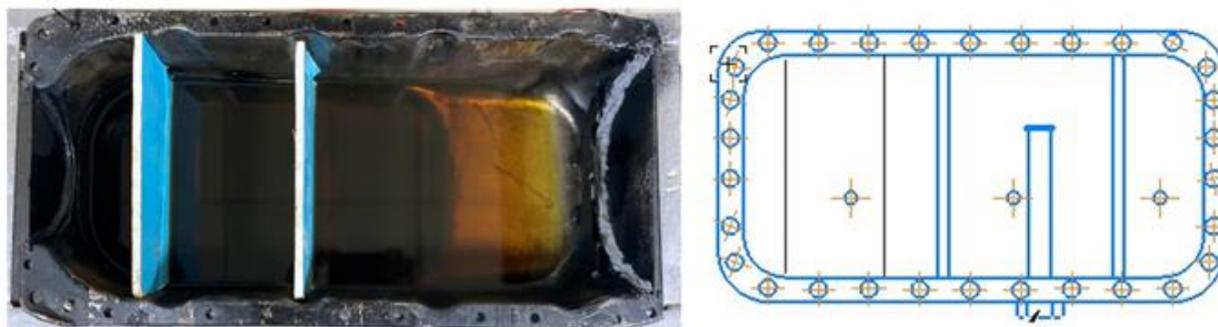


Рисунок 4 – Модернизированный картер двигателя Д-243 с установленными дополнительными перегородками

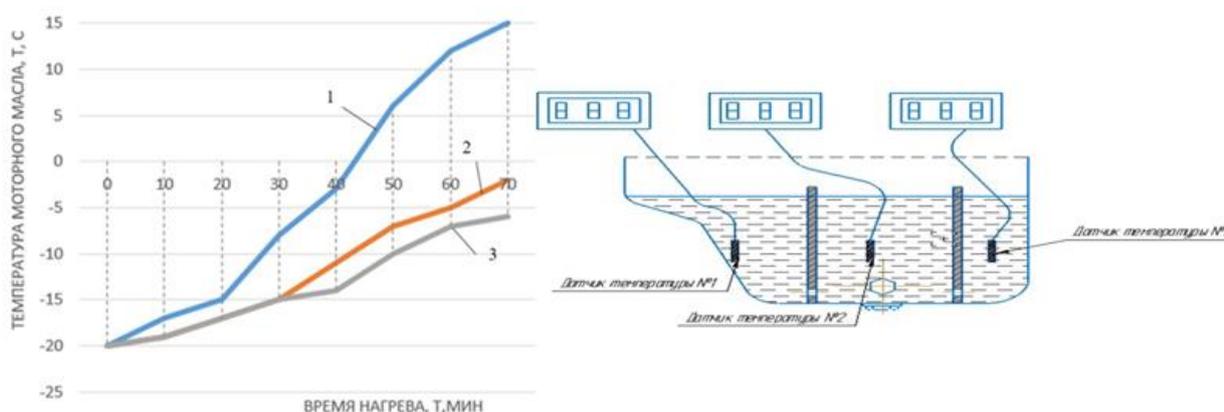


Рисунок 5 – Динамика нагрева моторного масла в модернизированном картере двигателя нагревателем с эффективной мощностью 200 Вт:
с эффективной мощностью 200 Вт:

1, 2 и 3 номера температурных датчиков.

Выводы. Эффективность пуска дизельного двигателя в условиях низких температур определяется, техническим состоянием моторной установки,

пусковой частоты вращения вала двигателя и температурой воздушного заряда.

Пусковая частота двигателя напрямую зависит от вязкостно-температурных характеристик моторного масла и приводной мощности пусковой системы.

Предпусковой разогрев моторного масла позволяет увеличить пусковую частоту коленчатого вала двигателя, так разогрев моторного масла в картере с -20°C до -10°C , позволит увеличить пусковую частоту дизельного двигателя в среднем на 40 %.

Применение электрических нагревателей с мощностью 200 Вт позволяет обеспечить предпусковой разогрев моторного масла в картере двигателя Д-243 со средним темпом $0,37^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

С целью оптимизации процесса разогрева моторного масла в двигателе Д-243 предложена модернизация масляного картера, путём разделения картерного пространства на локальные сообщающиеся зоны, что позволило локализовать основной объём нагретого масла непосредственно в зоне маслоприёмника, с более высоким темпом нагрева $0,55^{\circ}\text{C}/\text{мин}$., что выше на 42 %, чем при базовом разогреве картерного масла разработанным нагревателем.

Список литературы

1. Ильин, П.И. Диагностирование карбюраторного двигателя по моменту сопротивления прокручиванию коленчатого вала : специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутск, 2002, 171 с.

2. Корчуганова, М.А. Исследование способов предпускового разогрева дизельных двигателей / М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков // Научно - техническое обеспечение процессов и производств АПК : Материалы научно - практической конференции с международным участием, посвященная 70 - летию образования инженерного института, Новосибирск, 28 октября 2014 года / Редакционная коллегия: Ю.Н. Блынский, Ю.А. Гуськов, П.И. Федюнин, А.А. Мезенов, В.Я. Вульфферт. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2014. – С. 71 - 76.

3. Корчуганова, М.А. Исследование эффективности применения бензиновых горелок для предпусковой тепловой подготовки дизельных двигателей / М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 225.

4. Корчуганова, М.А. Оценка эффективности подогрева перед пуском двигателя Д - 240 / 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. 457 - 460.

5. 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.

6. Неговора, А.В. Современная концепция тепловой подготовки автотракторной техники в условиях низких температур. / А.В. Неговора, М.М. Разяпов, С.З. Инсафудди-

нов / Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 135 - 141.

7. Сырбаков, А.П. Исследование электроподогрева моторного масла двигателя СМД - 14 / А.П. Сырбаков, И.А. Мамаев // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования, Новосибирск, 10 ноября 2014 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск : Издательский центр «Золотой колос» Новосибирского государственного аграрного университета, 2014. – С. 111 - 115.

8. 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.

9. 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.

10. Сырбаков, А.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей / А.П. Сырбаков, Н.Н. Бережнов, М.А. Корчуганова, С.П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8 (178). – С. 167 - 174.

11. Сырбаков, А.П. Электроподогрев масла в картере двигателя СМД - 14 / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова // Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России : Сборник материалов XIII Международной научно - практической конференции, Кемерово, 09 - 12 декабря 2014 года. – Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2014. – С. 370 - 374.

References

1. Ilyin, P.I. Diagnosis of a carburetor engine by the moment of resistance to crankshaft scrolling: specialty 05.20.03 "Technologies and means of maintenance in agriculture": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Irkutsk, 2002, 171 p.

2. Korchuganova, M.A. Research of methods of pre - start heating of diesel engines / M.A. Korchuganova, A.P. Syrbakov // Scientific and technical support of processes and production of the agro - industrial complex: Materials of a scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 70 th anniversary education of the Engineering Institute, Novosibirsk, October 28, 2014 / Editorial Board: Yu.N. Blynsky, Yu.A. Guskov, P.I. Fedyunin, A.A. Mezenov, V.Ya. Wulfert. – Novosibirsk: Novosibirsk state agrarian university, 2014. - P. 71 - 76.

3. Korchuganova, M.A. Study of the effectiveness of the use of gasoline burners for pre-start thermal preparation of diesel engines / M.A. Korchuganova, A.P. Syrbakov // Modern problems of science and education. - 2014. - No. 1. - P. 225.

4. Korchuganova, M.A. Evaluation of the heating efficiency before starting the engine d-240 / M.A. Korchuganova, A.P. Syrbakov // Innovative technologies and economics in mechanical engineering: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, Tomsk, 21 - May 23, 2015 / Yurga technological institute ; Managing editor: D.A. Chinakhov. - Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University, 2015. - P. 457 - 460.

5. Korchuganova, M.A. Experimental studies of the process of electric heating of crankcase oil / M.A. Korchuganova, A.P. Syrbakov // Innovative technologies and economics in mechanical engineering: Proceedings of the VI International scientific and practical conference, Tomsk, May 21 - 23 2015 / Yurga institute of technology; Managing editor : D.A. Chinakhov. – Tomsk : National research Tomsk polytechnic university, 2015. - P. 460 - 463.

6. Negora, A.V. The modern concept of thermal preparation of automotive equipment at low temperatures. / A.V. Negora, M.M. Razyapov, S.Z. Insafuddinov / Bulletin of the Bashkir state agrarian university. 2018. No. 4 (48). pp. 135 - 141.

7. Syrbakov, A.P. Research of electric heating of engine oil of the SMD-14 engine / A.P. Syrbakov, I. A. Mamaev // Status and innovations of technical service of machines and equipment, Novosibirsk, November 10, 2014 / Novosibirsk state agrarian university . - Novosibirsk: Publishing center "Golden Ear" of the Novosibirsk state agrarian university, 2014. - P. 111 - 115.

8. Syrbakov, A.P. Improvement of starting characteristics of diesel engines in conditions of negative temperatures / A.P. Syrbakov, S.P. Matyash, N.N. scientific and practical conference with international participation, Irkutsk, September 23 - 24, 2021. - Youth: Irkutsk state agrarian university. A.A. Yezhevsky, 2021. - S. 29 - 36.

9. Syrbakov, A.P. Improving the starting characteristics of a diesel engine in conditions of negative temperatures / A.P. Syrbakov // Actual scientific and technical means and agricultural problems ": Proceedings of the IV National scientific and practical conference with international participation, Kemerovo, June 25 2020. - Kemerovo: Kuzbass state agricultural academy, 2020. - P. 27 - 31.

10. Syrbakov. A.P. Thermal preparation of diesel engines / A.P. Syrbakov, N.N. Berezhnov, M.A. Korchuganova, S.P. Matyash // Bulletin of the Altai state agrarian university. - 2019. - No. 8 (178). - S. 167 - 174.

11. Syrbakov, A.P. Electric heating of oil in the crankcase of the SMD-14 engine / A.P. Syrbakov, M.A. Korchuganova // Trends in agricultural production in modern Russia: Collection of materials of the XIII International scientific and practical conference, Kemerovo, 09 - December 12, 2014. – Kemerovo : Kemerovo state agricultural institute, 2014. - P. 370 - 374.

Сведения об авторах

Речкин Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Матяш Сергей Петрович – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Сырбаков Алексей Андреевич – студент. Новосибирский государственный технический университет (630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Information about the authors

Rechkin Sergey V. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov str. 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Matyash Sergey P. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov St. 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Syrbakov Alexey A. – student. Novosibirsk state technical university (630073, Novosibirsk, pr. K. Marx, 20, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

УДК 629.3

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПОСЛЕПУСКОВОГО ПРОГРЕВА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

¹С.В. Речкин, ¹С.П. Матяш, ²А.А. Сырбаков

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

²ФГБОУ ВО Новосибирский ГТУ
Новосибирск, Россия

В статье актуализирована проблема зимней эксплуатации мобильных машин, в частности рассмотрены актуальные вопросы, связанные с интенсификацией послепускового прогрева моторной установки. Отмечено, что в условиях отрицательных температур, эффективность прогрева дизельного двигателя напрямую зависит от его скоростного режима, а также за счёт эффективных процессов теплообмена в цилиндре путём контролируемого управления работы системы охлаждения.

С целью интенсификации скорости прогрева тракторного двигателя, предложена модернизированная схема системы охлаждения дизеля, которая позволит обеспечить контролируемое регулирование тепловых потоков охлаждающей жидкости по данной системе, и сократит время прогрева моторной установки в среднем на 12 - 15 %. Суть технического решения сводится к управляемой циркуляции охлаждающей жидкости только в контуре самой головки двигателя системы охлаждения, за счёт дополнительного жидкостного насоса и дроссельного, включенного в систему охлаждения по дополнительному контуру.

Для определения процессов по интенсификации послепускового прогрева моторной установки, по предложенной схеме системы охлаждения, проведены экспериментальные исследования на базе дизельного двигателя Д-243. Обобщены результаты исследований по влиянию отрицательных температур окружающей среды на сокращение эксплуатационных затрат при послепусковом прогреве дизельного двигателя, за счёт управляемой циркуляции охлаждающей жидкости по контуру системы охлаждения ДВС.

Ключевые слова: Дизельный двигатель, отрицательные температуры, интенсификация прогрева, система охлаждения, управляемая циркуляция жидкости.

INTENSIFICATION OF DIESEL ENGINE POST-START HEATING

¹S.V. Rechkin, ¹S.P. Matyash, ²A.A. Syrbakov

¹FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

²FSBEI HE Novosibirsk STU
Novosibirsk, Russia

The article actualizes the problem of winter operation of mobile machines, in particular, topical issues related to the intensification of post-start heating of the engine installation are considered. It is noted that under conditions of negative temperatures, the efficiency of warming up a diesel engine directly depends on its speed mode, as well as due to efficient heat transfer processes in the cylinder through controlled control of the cooling system.

In order to intensify the heating rate of the tractor engine, a modernized scheme of the diesel cooling system has been proposed, which will allow for controlled regulation of the heat flows of the coolant through this system, and will reduce the warm-up time of the engine instal-

lation by an average of 12 - 15 %. The essence of the technical solution is reduced to a controlled circulation of the coolant only in the circuit of the engine head of the cooling system itself, due to an additional liquid pump and a throttle included in the cooling system along an additional circuit.

To determine the processes for intensifying the post-start heating of the engine plant, according to the proposed scheme of the cooling system, experimental studies were carried out on the basis of the D-243 diesel engine. engine, due to the controlled circulation of the coolant along the circuit of the internal combustion engine cooling system.

Key words: Diesel engine, negative temperatures, heating intensification, cooling system, controlled fluid circulation.

Сложные климатические условия северных регионов России существенно влияют на эффективность использования автотракторной техники, особенно в зимний период. Наибольшее влияние на снижение эффективных показателей работы энергетических средств при вводе в эксплуатацию в условиях низких температур оказывает тепловая подготовка двигателя и элементов трансмиссии [2, 6].

Применение в настоящее время на современной техники синтетических масел и систем и устройств (свечи накала, пусковой жидкости, увеличения цикловой подачи топлива, изменение угла опережения впрыска топлива, изменения фаз газораспределения) для обеспечения пуска дизеля из холодного состояния, позволило значительно снизить температуру уверенного пуска дизельного двигателя [5, 7]. Но в тоже время из-за увеличенного периода прогрева дизеля до рекомендуемых значений, снижаются технико-экономические показатели самой машины. Время прогрева дизельного двигателя, в условиях отрицательных температур, может составлять до 5 - 7 % времени смены [8]. Так же длительные простои дизеля с непрогретым двигателем влияют на повышенную концентрацию вредных веществ в выхлопных газах, что влияет на экологичность [10].

Многочисленные исследования в этой области направленные на сокращение эксплуатационных затрат при послепусковом прогреве двигателя путем совершенствования режимов его работы без использования дополнительных устройств и систем, являются актуальными, практически значимыми и требуют дальнейших исследований.

Интенсивность прогрева двигателя зависит от ряда эксплуатационных и конструктивных факторов, к которым относятся: температура окружающего воздуха, скорость ветра, скоростной и нагрузочный режимы работы двигателя в период прогрева, ёмкость систем охлаждения и смазки, наличие средств утепления и регулирования теплового режима и т.д. [3, 9].

Анализ литературных источников показал, что увеличить мощность тепловых потоков от стенки камеры сгорания к окружающей среде можно форсированием двигателя как по оборотам – за счёт скоростного фактора, так и по среднему эффективному давлению – за счёт большей массы сжигаемого топлива и плотности заряда, а также за счёт конвективного и кондук-

тивного теплообмена за счёт регулирования процессов теплообмена системой охлаждения [1, 4].

Предлагается с целью интенсификации скорости прогрева тракторного двигателя, обеспечить контролируемое регулирование тепловых потоков охлаждающей жидкости (ОЖ) в системе охлаждения ДВС.

Для управляемой циркуляции ОЖ, предложили механизм, для отключения привода штатного водяного насоса, и устройство для дополнительной принудительной циркуляции ОЖ по замкнутому контуру системы охлаждения головки двигателя (рисунок 1).

Суть технического решения сводится к управляемой циркуляции ОЖ только в контуре самой головки двигателя системы охлаждения, за счёт дополнительного жидкостного насоса и дроссельного устройства (обеспечивающее изменение подачи ОЖ), включенного в систему охлаждения по дополнительному контуру.

Для определения процессов по интенсификации послепускового прогрева дизельного двигателя, предложено провести экспериментальные исследования на базе двигателя Д-243.

Методика экспериментальных исследований предполагает изучить эффективность прогрева двигателя на различных режимах: штатный режим прогрева (на средних оборотах), а также в режиме управляемой циркуляции охлаждающей жидкости двигателя (по внутреннему контуру системы охлаждения головки двигателя).

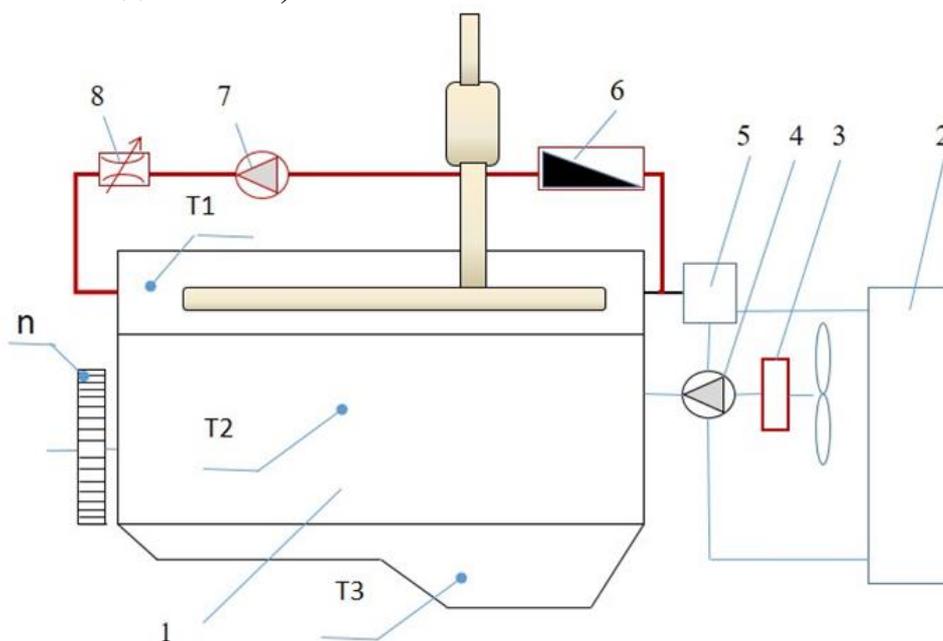


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки
по интенсификации прогрева ДВС:

T1 – температура охлаждающей жидкости в головке блока двигателя, T2 – температура охлаждающей жидкости в блоке двигателя, T3 – температура моторного масла, n – частота вращения вала двигателя, 1 – моторная установка; 2 – радиатор системы охлаждения; 3 – дополнительная электромuftа привода штатного циркуляционного насоса; 4 – штатный жидкостный насос; 5 – термостат; 6 – счётчик жидкости; 7 – дополнительный жидкостный насос; 8 – дроссель расхода жидкости.

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Исследования проводились на режимах, соответствующих оборотам вала двигателя 1350 и 1680 об/мин, при температуре окружающей среды и технических жидкостей в диапазоне $-12\dots-17^\circ\text{C}$.

Послепусковой прогрев двигателя осуществлялся до температуры 40°C , соответствующий возможному началу движению транспортно-технологической машины с минимальной и средней загрузкой.

На первом этапе, в качестве эталонных значений, определялась динамика температур жидкостей двигателя при прогреве в штатном режиме.

Проведённые исследования на различных скоростных режимах показали (рисунок 2), что интенсивность прогрева охлаждающей жидкости двигателя повышается лишь на 8,5 %, при увеличении оборотов ДВС с 1350 до 1680 об/мин, и по времени составляет 16 и 14 минут соответственно.

В процессе эксперимента установлено, что температура охлаждающей жидкости в блоке и в головке двигателя имеет различные показатели, что можно предположить о различной интенсивности процессов теплообмена как в блоке, так и в головке работающего двигателя.

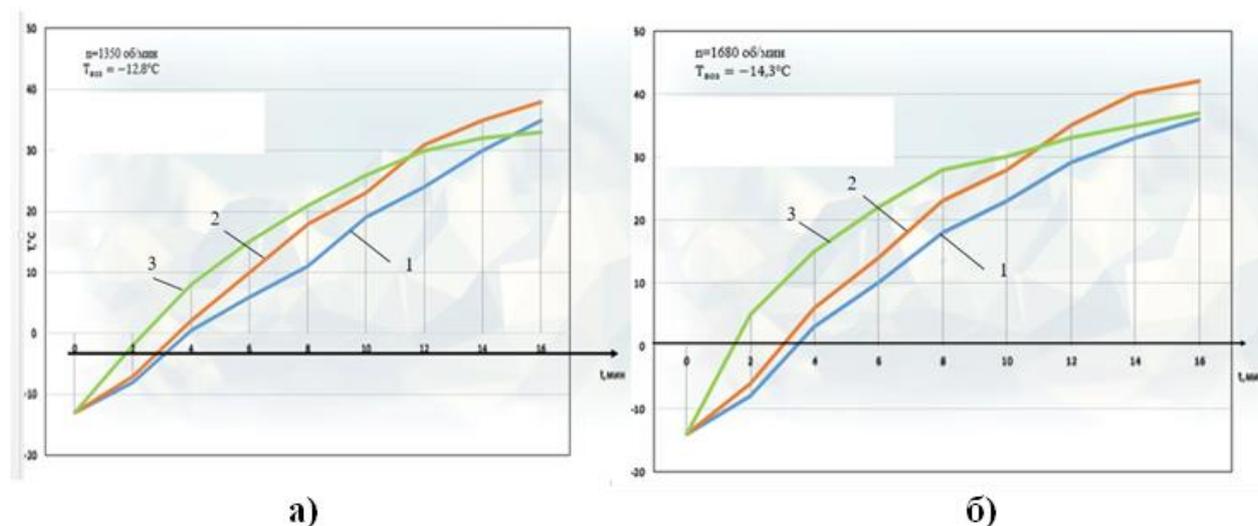


Рисунок 2 – Динамика температур жидкостей двигателя Д-243
при прогреве в штатном режиме

при различных частотах вращения вала двигателя:

а – $n = 1350$ об/мин, б – $n = 1680$ об/мин; 1 – температура ОЖ в головке блока ДВС, 2 – температура ОЖ блоке ДВС, 3 – температура моторного масла в картере ДВС.

Реализация режима прогрева дизельного двигателя с изменённой схемой циркуляции ОЖ, т.е. принудительная циркуляция жидкости осуществлялось только по замкнутому контуру головки цилиндров (рисунок 3), позволило увеличить эффективность прогрева моторной установки в диапазоне от 29 до 36 % чем по базовому варианту, на выбранных частотах вращения вала двигателя. Использование данной схемы работы системы охлаждения позволяет сократить время прогрева ОЖ двигателя на 12...15 %.

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

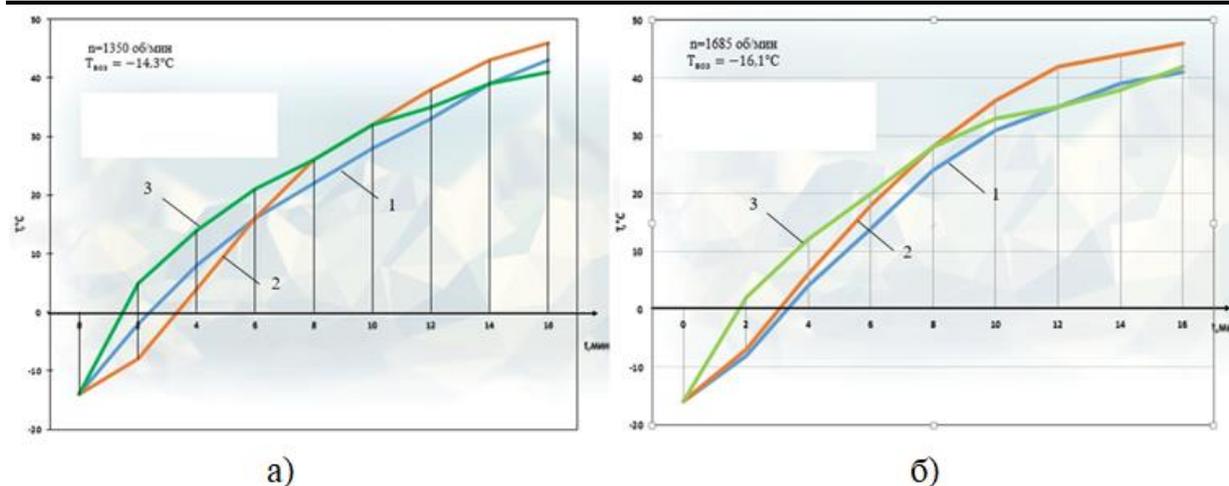


Рисунок 3 – Динамика температур жидкостей двигателя Д-243

при прогреве в режиме принудительной циркуляции ОЖ в головке двигателя:

а – $n = 1350$ об/мин, производительность дополнительного циркуляционного насоса $q = 4,2$ л/мин, б – $n = 1685$ об/мин, $q = 4,5$ л/мин; 1 – температура ОЖ в головке блока ДВС, 2 – температура ОЖ блоке ДВС, 3 – температура моторного масла в картере ДВС.

Выводы. Работа двигателей в условиях низких температур сопровождается вынужденным увеличением времени тепловой подготовки, потерями эффективной мощности, что сказывается на экологических и экономических показателях его работы.

Проведены сравнительные испытания работы двигателя в режиме послепускового прогрева, которые показали, что интенсивность нагрева охлаждающей жидкости дизельного двигателя Д-243 в большей степени зависят от температуры пуска двигателя, частоты вращения коленчатого вала, схемы циркуляции ОЖ и режима частичной загрузки двигателя.

Интенсивность прогрева напрямую зависят от частоты вращения коленчатого вала. Сравнительные испытания в условиях отрицательной температуре окружающей среды показали, что при увеличении частоты вращения вала двигателя с 1350 об/мин до 1680 об/мин темп прогрева повышается на 8,5 %.

Реализация режима прогрева дизельного двигателя с измененной схемой циркуляции ОЖ позволил увеличить эффективность прогрева моторной установки в диапазоне 29...36 %, на выбранных частотах вращения вала двигателя 1350 и 1680 об/мин соответственно. Использование данного метода позволяет сократить время прогрева ОЖ двигателя на 12...15 %.

Список литературы

1. Бережнов, Н.Н. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей / Н.Н. Бережнов, А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова // Сельский механизатор. – 2017. – № 12. – С. 12 - 13.
2. Ильин, П.И. Диагностирование карбюраторного двигателя по моменту сопротивления прокручиванию коленчатого вала : специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутск, 2002, 171 с.

3. Корчуганова, М.А. Исследование способов предпускового разогрева дизельных двигателей / М.А. Корчуганова, А.П. Сырбаков // Научно - техническое обеспечение процессов и производств АПК : Материалы научно - практической конференции с международным участием, посвящённая 70 - летию образования инженерного института, Новосибирск, 28 октября 2014 года / Редакционная коллегия: Ю.Н. Блынский, Ю.А. Гуськов, П.И. Федюнин, А.А. Мезенов, В.Я. Вульферт. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2014. – С. 71 - 76.

4. Мелехин, А.Ю. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / А.Ю. Мелехин, А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвящённой памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12 - 13 ноября 2018 года. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 192 - 195.

5. Неговора А.В. Современная концепция тепловой подготовки автотракторной техники в условиях низких температур. / А.В. Неговора, М.М. Разяпов, С.З. Инсафуддинов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 135 - 141.

6. 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 учёных, посвящённой памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12 - 13 ноября 2018 года. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 240 - 242.

7. 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.

8. Сырбаков А.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей / А.П. Сырбаков, Н.Н. Бережнов, М.А. Корчуганова, С.П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8 (178). – С. 167 - 174.

9. Beregnov, N.G. Application of a thermovision display device for research of temperature fields of members of systems of the engine / N.G. Beregnov, A.P. Syrbakov // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов: Материалы Международной научно - практической конференции «АГРОИНФО - 2003», Новосибирск, 22 - 23 октября 2003 года / Российская академия сельскохозяйственных наук Сибирское региональное отделение, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем Россельхозакадемии. – Новосибирск : Государственное научное учреждение Сибирский физико - технический институт аграрных проблем Россельхозакадемии, 2003.

10. Dolgushin, A.A. Experiment of using thermal insulating materials for accumulation of heat in the transmission / A.A. Dolgushin, D.M. Voronin, A.P. Syrbakov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICIAE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012014. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012014.

References

1. Berezhnov, N.N., Syrbakov, A.P., Korchuganova, M.A. Improvement of the efficiency of heating of tractor engines. - 2017. - No. 12. - P. 12 - 13.

2. Ilyin, P.I. Diagnosis of a carburetor engine by the moment of resistance to crankshaft scrolling: specialty 05.20.03 "Technologies and means of maintenance in agriculture": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Irkutsk, 2002, 171 p.

3. Korchuganova, M.A. Research of diesel engine preheating methods / M.A. Korchuganova, A.P. Syrbakov // Scientific and technical support of processes and production of the agro - industrial complex: Materials of a scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 70th anniversary education of the Engineering Institute, Novosibirsk, October 28, 2014 / Editorial Board: Yu.N. Blynsky, Yu.A. Guskov, P.I. Fedyunin, A.A. Mezenov, V.Ya. Wulfert. – Novosibirsk : Novosibirsk state agrarian university, 2014. - P. 71 - 76.

4. Melekhin, A.Yu. Improving the efficiency of heating tractor engines in conditions of negative temperatures / A.Yu. Melekhin, A.P. Syrbakov, M.A. Korchuganova // State and innovation of technical service of machines and equipment: Materials of the X regional scientific - practical conference of students, graduate students and young scientists, dedicated to the memory of Associate Professor M.A. Anfinogenov, Novosibirsk, November 12 - 13, 2018. – Novosibirsk: Novosibirsk state agrarian university, 2018. - P. 192 - 195.

5. Pustynnikov, S.A. Improving the possibility of starting tractor engines in conditions of negative temperatures / S.A. Pustynnikov, A.P. Syrbakov, M.A. Korchuganova // State and innovation of technical service of machines and equipment: Materials of the X regional scientific - practical conference of students, graduate students and young scientists, dedicated to the memory of Associate Professor M.A. Anfinogenov, Novosibirsk, November 12 - 13, 2018. – Novosibirsk : Novosibirsk state agrarian university, 2018. - P. 240 - 242.

6. The modern concept of thermal preparation of automotive equipment at low temperatures. / A.V. Negora, M.M. Razyapov, S.Z. Insafuddinov / Bulletin of the Bashkir state agrarian university. 2018. No. 4 (48). pp. 135 - 141.

7. Syrbakov, A.P. Improving the starting characteristics of a diesel engine in conditions of negative temperatures / A.P. Syrbakov // Actual scientific and technical means and agricultural problems : Proceedings of the IV National scientific and practical conference with international participation, Kemerovo, June 25 2020. – Kemerovo : Kuzbass state agricultural academy, 2020. - P. 27 - 31.

8. Syrbakov A.P. Thermal preparation of diesel engines / A.P. Syrbakov, N.N. Berezhnov, M.A. Korchuganova, S.P. Matyash // Bulletin of the Altai state agrarian university. - 2019. - No. 8(178). - S. 167 - 174.

9. Beregnov, N.G. Application of a thermovision display device for research of temperature fields of members of systems of the engine / N.G. Beregnov, A.P. Syrbakov // Information technologies, information measuring systems and devices in the study of agricultural processes: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "AGROINFO - 2003", Novosibirsk, October 22 - 23, 2003 / Russian Academy of Agricultural Sciences Siberian Regional Branch, Siberian Institute of Physics and Technology for Agrarian Problems of the Russian Agricultural Academy. – Novosibirsk : state scientific institution siberian institute of physics and technology for agrarian problems of the Russian agricultural academy, 2003.

10. Dolgushin, A.A. Experiment of using thermal insulating materials for accumulations of heat in the transmission / A.A. Dolgushin, D.M. Voronin, A.P. Syrbakov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on innovations in automotive and aerospace engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, May 27 - 01, 2019. – Irkutsk : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012014. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012014.

Сведения об авторах

Речкин Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры автомобиля и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Матяш Сергей Петрович – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Сырбаков Алексей Андреевич – студент. Новосибирский государственный технический университет (630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Information about the authors

Rechkin Sergey V. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov str. 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Matyash Sergey P. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov St. 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Syrbakov Alexey A. – student. Novosibirsk state technical university (630073, Novosibirsk, pr. K. Marx, 20, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

УДК 631.356

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ПОСЕВЕ В УСЛОВИЯХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Н.В. Степанов, ²А.Н. Степанов, ³С.А. Юрьев, ³Н.С. Лаптев

¹ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

²ООО КЛААС Восток

Москва, Россия

³ООО«Агроресурс»

Шелехов, Иркутская обл., Россия

Актуальность данного научного исследования связана с реализацией государственной программы Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2019 - 2024 годы», представленным анализом природно-климатических, почвенных условий эксплуатации сельскохозяйственной техники в регионе. В статье приведены результаты исследования вопроса применения современной техники на посевах зерновых и масличных с.-х. культур при реализации разных технологий возделывания в отдельных хозяйствах Иркутской области, с целью выявления технико-эксплуатационных и экономических показателей работы машинно-тракторных агрегатов [2]. Даны рекомендации по использованию наиболее эффективных технологий посева с техническим их обеспечением и полученных значений производительности, расхода топлива при установлении норм в хозяйствах, где проводились посевные работы. Авторы отмечают возможность внедрения предложений и в других хозяйствах.

Ключевые слова: Трактор, сеялка, производительность, расход топлива, сошник, технология.

**TECHNICAL-PERFORMANCE INDICATORS
MODERN TECHNOLOGY IN SOWING
IN THE CONDITIONS OF THE IRKUTSK REGION**

¹N.V. Stepanov, ²A.N. Stepanov, ³S.A. Yuriev, ³N.S. Laptev

¹ FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

²CLAAS Vostok LLC
Moscow, Russia

³«Agroresurs» LLC
Shelekhov, Irkutsk region, Russia

The relevance of this scientific study is related to the implementation of the state program of the Irkutsk region "Development of agriculture and regulation of the markets of agricultural products, raw materials and food" for 2019 - 2024", presented by an analysis of the natural, climatic, soil conditions for the operation of agricultural machinery in the region. The article presents the results of a study on the use of modern technology in the sowing of grain and oilseeds crops in the implementation of different cultivation technologies in individual farms of the Irkutsk region, in order to identify the technical, operational and economic performance of machine-tractor units [2]. Recommendations are given on the use of the most efficient sowing technologies with their technical support and the obtained values of productivity, fuel consumption when setting standards in the farms where sowing was carried out. The authors note the possibility of introducing proposals in other farms.

Key words: Tractor, seeder, productivity, fuel consumption, coultter, technology.

В последние годы повышается техническая оснащённость сельских товаропроизводителей новыми высокопроизводительными машинами, использование которых зависит от особенностей условий эксплуатации [3, 5]. Иркутская область характеризуется резко континентальным климатом, где территория сельскохозяйственного производства относится к зоне рискованного земледелия с отрицательными среднегодовыми температурами, коротким вегетационным периодом. Отличие агрофонов засеваемых полей и значительные колебания влажности почвы в течение посевного периода влияют на качество посева, агротехнические сроки, производительность машинно-тракторных агрегатов (МТА), расход топлива, урожайность и себестоимость производства продукции [6].

В результате действия государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2019 - 2024 годы планируется ежегодное увеличение посевной площади, рост производства зерна и масличных культур [1]. Выполнение намеченных планов возможно только при освоении современных ресурсосберегающих технологий и средств, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур.

Посев имеет важное значение в общем комплексе технологических операций и приёмов при возделывании с.-х. культур. Научой и практикой установлено, что урожай на 25 - 30 % зависит от качества посева [4]. В хозяй-

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

ствах Иркутской области широкое распространение получили сеялки и посевные комплексы с анкерными, лаповыми и дисковыми сошниками, обеспечивающие различные технологии посева в любых почвенных условиях.

В период с 2019 по 2021 гг. нами проведена работа по исследованию вопроса применения современной техники на посеве зерновых и масличных с.-х. культур при реализации разных технологий их возделывания в отдельных хозяйствах Иркутской области, с целью выявления технико-эксплуатационных и экономических показателей работы машинно-тракторных агрегатов. В рамках посевной кампании 2019 года в качестве МТА был применён трактор *CLAAS AXION 940* (340 л.с.) с системой автопилотирования *GPS Pilot S10* (коррекция с точностью ± 5 см) и сеялка *AMAZONE Primera DMC 9000* (анкерный сошник, рабочая ширина 9 м, бункер 4200 л) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Трактор *CLAAS AXION 940* с сеялкой *AMAZONE Primera DMC 9000*

Данным МТА был обеспечен посев 7 культур (ячмень, овёс, горох, соя, подсолнечник, рапс, лён) разных сортов по парам, минимальной обработке и нулевой технологии в хозяйствах Аларского и Тулунского районов Иркутской области (рисунок 2).

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов



Рисунок 2 – Посев по парам, минимальной обработке и технологии *No-Till*

В результате работы были получены данные по производительности и расходу топлива, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты работы МТА на посевной 2019 г.

Дата	Хозяйство	Культура	Агрофон	Производительность, га / ч	Расход топлива, л / га	Площадь посева, га	Суммарный расход топлива, л	Общее время, ч. мин.
06.05.2019	ООО «Нива»	рапс	пар	4,5	4,8	71,26	344,5	15:53
08.05.2019	ООО «СХ Наследие»	опыт: рапс	пар	4,0 - 2,2	5,2 - 6,2	21,57	135,1	13:24
09.05.2019		опыт: лен, соя, др.	стерня					
10.05.2019	КФХ Ефименко А.В.	рапс	пар	7,1	4,8	94,13	449,3	13:11
12.05.2019	КФХ Мункоев В.М.	рапс	пар	7,7	4,7	37,43	174,1	4:51
13.05.2019	ООО «Шерагульское»	рапс	стерня	5,9	3,9	52,55	203,6	8:53
17.05.2019	ООО «Монолит»	ячмень	дискованная	6,2	4,3	47,43	202,5	7:42
18.05.2019			стерня	5,5	4,4	36,77	161,2	7:13

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Из таблицы 1 видно, что наибольшая производительность 7,7 га/ч получена при посеве рапса в паровое поле с обеспечением оперативной загрузки сеялки в хозяйстве, в то же время наименьший расход топлива 3,9 л/га был достигнут при прямом посеве рапса в стерню зерновых. В свою очередь опытные посевы (09.05.2019 г.) с разбивкой на делянки и постоянными перенастройками сеялки на разные нормы высева и внесения удобрений показали минимальные значения по производительности и максимальные по расходу топлива.

Продолжительная зима и обильное количество осадков сдвинули начало посевной кампания 2021 года на более поздний срок. По причине сильного переувлажнения почвы многие посевные комплексы и сеялки прямого посева не смогли выполнить посев, т.к. имели большую массу, объёмные бункеры и проблемы с забиванием грязью рабочих органов. В связи со сложными почвенно-климатическими условиями было принято решение использовать трактор *CLAAS AXION 950* (370 л.с.) с системой автопилотирования *GPS Pilot S10* (коррекция с точностью ± 5 см) и сеялку *AMAZONE Citan 12001-C* (дисковый сошник, рабочая ширина 12 м, бункер 8000 л) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Трактор *CLAAS AXION 950* с сеялкой *AMAZONE Citan 12001-C*

Такой МТА позволил выполнить посев в переувлажнённую почву в хозяйствах Тулунского и Братского районов Иркутской области. Полученные при этом данные по производительности и расходу топлива приведены в таблице 2.

Секция 1. Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов

Таблица 2 – Результаты работы МТА на посевной 2021 г.

Дата	Хозяйство	Культура	Агрофон	Производительность, га/ч	Расход топлива, л/га	Площадь посева, га	Суммарный расход топлива, л	Общее время, ч:мин.
22.05.2021	КФХ Шевцов А.М.	рапс	дискованная залежь	12,5	3,9	100	384	8:00
23.05.2021			дискованная залежь	11	4,2	132	552	12:09
27.05.2021	ООО «Парижское»	рапс	пар	12,4	3,7	130	475	10:36
31.05.2021	ООО «Хлебороб»	рапс	пар	12,6	3,8	116	435	9:14
01.06.2021				13,3	3,5	92	321	6:54
02.06.2021	ООО «Монолит»	рапс	дискованная стерня	14	3,2	126	404	9:00
04.06.2021	ООО «Парижское»	пшеница	дискованная стерня	10,5	3,9	50	195	4:45

Из таблицы 2 видно, что наибольшая производительность на посеве рапса составила 14 га/ч, при этом расход топлива был наименьшим – 3,2 л/га. При посеве пшеницы значения производительности и расхода топлива составили 10,5 га/ч и 3,9 л/га соответственно.

Заключение. Представленные в статье показатели работы двух вариантов посевных МТА в разных почвенно-климатических условиях по нескольким технологиям, показали, что:

- производительность на посеве рапса с использованием сеялки *AMAZONE Citan 120001-C* до 2 раз больше, чем при использовании *AMAZONE Primera DMC 9000*, при этом расход топлива меньше на 20 %. При этом для выполнения посева сеялкой *AMAZONE Citan 120001-C* необходимо проведение предпосевной обработки почвы (вспашка, дискование, культивация), которая приводит к дополнительному расходу топлива от 8 до 20 л на 1 гектар, в то время когда сеялка *AMAZONE Primera DMC 9000* может обеспечить прямой посев без дополнительных затрат;

- качество предпосевной обработки и организация логистических операций по загрузке сеялок семенным материалом и удобрениями оказывают самое большое влияние на технико-экономические показатели работы техники [6], что нашло отражение в разнице полученных значений представленных в таблицах 1 и 2.

Список литературы

1. Постановление Правительства Иркутской области от 26.10.2018 г. № 772 – пп «Об утверждении государственной программы Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и регулировании рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продоволь-

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

ствия» на 2019 - 2024 годы» // Законодательное собрание Иркутской области. – 02.11.2018 г.

2. Боннет, В.В. Влияние технического состояния картофелеуборочного комбайна на надёжность и экономичность функционирования технологического процесса (на примере КПК-2-01) : специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Боннет Вячеслав Владимирович. – Новосибирск, 2001. – 198 с.

3. Бураев, М.К. К оценке показателей эксплуатационной надёжности тракторов "КЛААС" / М.К. Бураев, П.И. Ильин, Ц.В. Цэдашиев, Л.Н. Цэдашиева, А.Ю. Логинов // В сборнике: Образование и наука. Материалы национальной конференции. 2019. С. 180 - 186.

4. Петровец, В.Р. Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усечёно - конусными бороздообразователями - уплотнителями / В.Р. Петровец, С.В. Авсюкевич, Н.И. Дудко. – Горки : БГСХА, 2015. – 217 с.

5. Степанов, Н.В. Анализ сервисной службы ООО «Агроресурс» Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всерос. студенческой науч. - практ. конф., (17 - 18 февраля 2022 г.) : в 4 т. / Н.В. Степанов, Н.Н. Степанов // Иркут. гос. аграр. ун - т им. А.А. Ежовского. - Молодёжный : Изд - во ИрГАУ, 2022 - .Т. 4. – С. 198 - 204: - 314 с.

6. Степанов, Н.В. Технология механизированных работ. Раздел : Операционные технологии : метод. указ. и задания для студентов направления 35.03.06 – "Агроинженерия" / Н.В. Степанов, А.С. Рехтин, 2019. - Текст : электронный. - 52 с. // Электронная библиотека Иркутского ГАУ.

7. Степанов, Н.В. Организация перевозочных услуг технологическим транспортом : метод. указ. для студентов инж. фак. / Н.В. Степанов, А.Н. Степанов, 2017. - Текст : электронный. - 34 с. // Электронная библиотека Иркутского ГАУ. - URL: http://195.206.39.221/fulltext/i_004029.pdf.

References

1. Decree of the Government of the Irkutsk region of October 26, 2018 No. 772 - subclause "On approval of the state program of the Irkutsk region "Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets" for 2019 - 2024" // Legislative Assembly of the Irkutsk Region. – 02.11.2018.

2. Bonnet. V.V. Vliyanie tekhnicheskogo sostoyaniya kartofeleuborochnogo kombajna na nadezhnost' i ekonomichnost' funkcionirovaniya tekhnologicheskogo processa (na primere KPK- 2-01): dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.03 / V.V. Bonnet. – Novosibirsk, 2001. – 198 p.

3. Buraev, M.K. On the evaluation of indicators of operational reliability of tractors "CLAAS" / M.K. Buraev, P.I. Ilyin, Ts.V. Tsedashiev, L.N. Tsedashieva, A.Yu. Loginov // In the collection : Education and science. Materials of the national conference. 2019. S. 180 - 186.

4. Petrovets, V.R. Sowing grain crops with disc coulters with truncated - conical furrow formers - compactors / V.R. Petrovets, S.V. Avsyukevich, N.I. Dudko. – Gorki : BSHA, 2015. - 217 p.

5. Stepanov, N.V. Analysis of the service department of LLC "Agroresurs" Scientific research of students in solving urgent problems of the agro - industrial complex: materials of the all - Russian. student scientific - pract. conf., (February 17 - 18, 2022): in 4 volumes / N.V. Stepanov, N.N. Stepanov // Irkut. state agrarian un - t im. A.A. Yezhevsky. - Youth: Publishing House of IRGAU, 2022. - Т. 4. - S. 198 - 204 : - 314 p.

6. Stepanov, NV. Technology of mechanized works. Section: Operational technologies: method. decree. and tasks for students of the direction 35.03.06 - "Agroengineering" / N.V. Stepanov, A.S. Rekhtin, 2019. - Text: electronic. - 52 p. // Electronic library of the Irkutsk state agrarian university.

7. Stepanov, N.V. Organization of transportation services by technological transport: method. decree. for engineering students fak. / N.V. Stepanov, A.N. Stepanov, 2017. - Text: electronic. - 34 s. // Electronic Library of the Irkutsk State Agrarian University. - URL: http://195.206.39.221/fulltext/i_004029.pdf.

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, пос. Молодёжный, тел. 89149439513, e-mail: stepanov@igsha.ru).

Степанов Алексей Николаевич – кандидат технических наук, региональный представитель, ООО КЛААС Восток (125167, Россия, г. Москва, тел. 891495959579, e-mail: alexey.stepanov@claas.com).

Юрьев Степан Анатольевич – начальник отдела продаж ООО «Агроресурс» (666037, Россия, Иркутская обл., г. Шелехов, тел. 89140047665, e-mail: yuriev@ag-res.ru).

Лаптев Николай Сергеевич – менеджер по продажам ООО «Агроресурс» (666037, Россия, Иркутская обл., г. Шелехов, тел. 89140057248, e-mail: laptev@ag-res.ru).

Information about the authors

Stepanov Nikolay V. – candidate of technical sciences, prof. of the department 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).

Stepanov Aleksei N. – candidate of technical sciences, regional representative, CLAAS Vostok LLC (125167, Russia, Moscow, tel. 891495959579, e-mail: alexey.stepanov@claas.com).

Yuriev Stepan A. – head of sales department «Agroresurs» LLC (666037, Russia, Irkutsk region, Shelekhov, tel. 89140047665, e-mail: yuriev@ag-res.ru).

Laptev Nikolay S. – sales manager «Agroresurs» LLC (666037, Russia, Irkutsk region, Shelekhov, tel. 89140057248, e-mail: laptev@ag-res.ru).

УДК 631.331.5

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИКАТЫВАЮЩЕГО КАТКА У ДИСКОВОГО СОШНИКА

Д.Н. Раднаев, Б.Е. Дамбаева, В.А. Петров, А.И. Неустроева, М.М. Шадрин

ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА имени В.Р. Филиппова
Улан-Удэ, Россия

В Забайкалье при посеве зерновых культур дисковыми сеялками важное место в создании условий, обеспечивающих качественный посев, особенно в начальный период вегетации семян, отводится прикатыванию. Такой агротехнический приём, как послепосевное прикатывание, следует рассматривать как наиболее важный в создании гидротермического, микробиологического и питательного режимов почвы. Поэтому при широком внедрении ресурсосберегающих и минимальных технологий роль рядкового прикатывания особенно возрастает. Представлены результаты одного из разделов планирования экстремальных экспериментов применительно к решению практической задачи в области агроинженерии. Применение метода априорного ранжирования факторов при предвари-

тельном изучении объекта исследования позволяет правильно выбрать стратегию, способствует получению в короткие сроки достоверной информации об оптимальных условиях протекания технологического процесса.

Ключевые слова: Дисковый сошник, прикатывающий каток, оптимизация параметров, планирование эксперимента, ранжирование параметров,

THEORETICAL BACKGROUND FOR THE SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE PACKER ROLLER AT THE DISC COULTER

D.N. Radnaev, B.E. Dambaeva, V.A. Petrov, A.I. Neustroeva, M.M. Shadrin

FSBEI HE Buryat SAA named after V.R. Filippova
Ulan-Ude, Russia

In Transbaikalia, when sowing grain crops with disk seeders, an important place in creating conditions that ensure high-quality sowing, especially in the initial period of the growing season of seeds, is given to rolling. Such an agrotechnical technique as post - sowing rolling should be considered as the most important in creating hydrothermal, microbiological and nutrient regimes of the soil. Therefore, with the widespread introduction of resource-saving and minimal technologies, the role of row rolling is especially increasing. The results of one of the sections of planning extreme experiments in relation to solving a practical problem in the field of agroengineering are presented. The use of the method of a priori ranking of factors in the preliminary study of the object of research allows you to choose the right strategy, contributes to obtaining reliable information about the optimal conditions of the technological process in a short time.

Key words: Disc coultter, rolling roller, parameter optimization, experiment planning, parameter ranking.

Введение. Для повышения урожайности зерновых культур необходимо применение ресурсосберегающих технологий, которые позволяют добиваться агротехнических требований равномерности распределения семян по глубине заделки и площади питания. От соблюдения этих требований в значительной мере зависит быстрое и дружное появления всходов семян. В Забайкалье важное место в создании условий, обеспечивающих высококачественный посев семян, их прорастание в почве, рост и развитие растений в начальный период вегетации, отводится прикатыванию. Такой агротехнический приём, в особенности послепосевное прикатывание, следует рассматривать как наиболее важный в создании гидротермического, микробиологического и питательного режимов почвы. Поэтому при широком внедрении ресурсосберегающих и минимальных технологий роль рядкового прикатывания особенно возрастает.

В настоящее время, существуют различные конструкции сошников и для рядкового прикатывания используются большое количество катков с различными параметрами, формами рабочими поверхностями. Однако конструкции сошников и катков в одних регионах оказываются неэффективными для почв других регионов. Поэтому вопросы эффективности рядкового прикатывания посевов при минимальной обработке почвы и рациональной

конструкции катка, обеспечивающей качественную заделку семян и оптимальные условия для роста и развития растений, применительно к отдельным природно-климатическим зонам требуют широкой экспериментальной проверки [6, 8, 10, 13].

Условия и методы исследования. Для посева зерновых культур наиболее эффективным является узкорядный способ, где сеялка СЗУ-3,6 снабжена дисковыми сошниками с увеличенным углом между дисками до 18 градусов, которая позволяет производить посев с междурядьем 7,5 см в отличие от рядового способа посева с междурядьем 15 см. Недостатком данного сошника является, то, что после посева семена, попадая в рыхлую почву, медленно произрастают из-за недостаточного контакта с почвой и по мере оседания последней, подвергаются повреждениям, что влечёт за собой слабое развитие. Такие условия развития семян усугубляются температурными и питательными нарушениями, чрезмерным испарением влаги из почвы, повышенным риском ветровой эрозии.

Для устранения этого недостатка разработан и изготовлен сошник с прикатывающим катком [7]. Эта конструкция предназначена для безрядкового полосового посева шириной 6 - 6,5 см (рисунок 1).

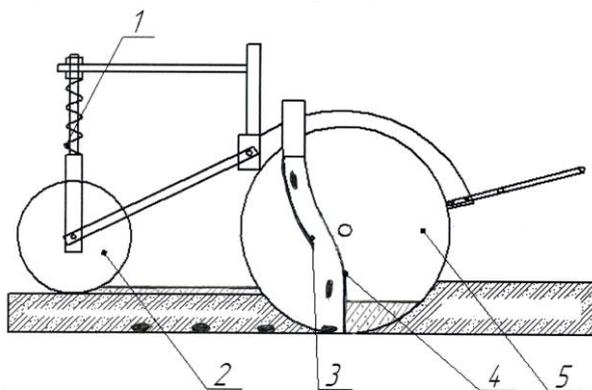


Рисунок 1 – Экспериментальный сошник с прикатывающим катком:

1 – механизм регулировки нажимного усилия катка; 2 – прикатывающий каток; 3 – рассеиватель семян; 4 – профилеобразователь; 5 – узкорядный дисковый сошник.

Технологический процесс посева экспериментальным сошником следующий. Узкорядный дисковый сошник 5 образует две бороздки на поверхности почвы. Затем профилеобразователь 4 в междисковом пространстве сталкивает гребень между бороздками с образованием семенного ложа шириной до 7 сантиметров, а семена из семяпровода поступают на рассеиватель 3, который разбрасывает их по дну ложа в виде полосы. Следом идущий каток 2 с механизмом нажимного усилия 1 прикатывает засеянную полосу.

На рабочий процесс прикатывающего катка у дискового сошника, который обеспечивает плотный контакт семян с почвой влияют множество субъективных и объективных факторов. В этих условиях в виду сложности процесса, не поддающегося адекватному описанию средствами классической механики и математики, весьма результативным является применение математического метода планирования эксперимента [1, 3, 5, 11].

Сутью данного метода является изучение объекта исследования при формализации априорных сведений, который заключается в объективной обработке данных, полученных в результате опроса специалистов или из исследований, опубликованных в специальной технической литературе.

Результаты исследования и их обсуждение. При изучении работ ученых [2, 4, 9, 12], которые занимались вопросами прикатывания почвы после посева, было выявлена информация, в которой указаны параметры, влияющих на плотность почвы после посева.

При оптимизации технологических процессов необходимо выбрать параметр оптимизации, который будет физически совместим и проверен математически, но технологическим по содержанию. Плотность почвы после прохода катка является параметром оптимизации.

Результаты уровня варьирования факторов и их значимости влияния на параметр оптимизации специалистами приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Мнение специалистов об уровне варьирования факторов и их значимости влияния на параметр оптимизации

Условное обозначение	Факторы	Уровень варьирования факторов			Значимость влияния факторов на параметр оптимизации			
		-	0	+	1	2	3	4
x_1	Жёсткость пружины, действующей на каток P , Н/м;	9	12	15	1	3	2	2
x_2	Диаметр катка d , м	0,16	0,18	0,20	4	2	1	4
x_3	Скорость катка v , м/с	1,5	2,0	2,5	2	1	4	3
x_4	Плотность почвы, δ_0 , г/см ³	0,96	1,06	1,16	3	4	3	1
x_5	Твёрдость почвы, МПа	0,4	0,6	0,8	5	6	6	6
x_6	Влажность почвы, %	11	16	21	6	5	7	5
x_7	Расстояние между центрами осей сошника и катка l , м	0,32	0,35	0,38	7	7	5	7

При этом целевая функция выглядит так:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (1)$$

где y – параметр (критерий) оптимизации;

x_1, x_2, \dots, x_k – независимые переменные (факторы).

Из анализа априорных сведений по данной теме выбраны параметры влияющие на оптимальную плотность почвы после прохода сошника с катком на глубине заделки семян: x_1 – усилие пружины, действующей на каток P , Н; x_2 – диаметр катка d , м; x_3 – скорость катка v , м/с; x_4 – плотность почвы семенного ложа до прохода сошника, заделки Н/м³; x_5 – твёрдость почвы, Н/м²; x_6 – влажность почвы, %; x_7 – расстояние между центрами осей сошника и катка, м.

Затем для определения значимых факторов составлена матрица рангов (таблица 2).

Матрица рангов показывает, что распределение факторов не является равномерным, возрастание – немонотонное.

По результатам проведённого эксперимента было отобрано для дальнейших исследований три фактора, посев имеющих первые три наименьшие суммы, предполагая, такие, что они наиболее сильно влияют на плотность после почвы после прохода катка, является параметром оптимизации.

Таблица 2 – Матрица рангов

m	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	1	4	2	3	5	6	7
2	3	2	1	4	6	5	7
3	2	1	4	3	6	7	5
4	2	4	3	1	6	5	7
Σ	8	10	10	11	23	23	26

В результате эксперимента, выполненного методом априорного ранжирования факторов и выбора значимых факторов целевая функция (1) примет вид:

$$y = f(x_1, x_2, x_3), \quad (2)$$

где x_1 – усилие пружины, действующей на каток P , Н;

x_2 – диаметр катка d , зерновой м;

x_3 – скорость катка v , м/с.

В дальнейшем необходимо доказать, что результаты априорного ранжирования факторов в основном согласуются с экспериментальными данными, полученными на основе других разделов метода планирования экспериментами.

Заключение. По результатам проведённого эксперимента было отобрано для дальнейших исследований три фактора, предполагая, что они наиболее сильно влияют на плотность почвы после прохода катка, которые являются параметрами оптимизации.

Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование экспериментов особенно при овтов поиске сошник оптимальных посевов условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский // – М. : Наука, 1976. – 279 с.
2. Акулов, В.М. Исследование технологического процесса прикатывания почвы катками сеялки – культиватора : дис....канд. техн. наук. – Челябинск. 1973. - 179 с.
3. Барботько, А.И. Основы теории математического моделирования / А.И. Барботько, А.О. Гладышкин // Уч. пособие. – 2 - е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2009. – 212 с.
4. Егоров, А.С. Разработка орудия для прикатывания почвы с обоснованием его оптимальных параметров и режимов работы: дис....канд. техн. наук. – Ульяновск. 2020. - 169 с.

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

5. Наземные тягово - транспортные системы. Т. 1 - 3 / Под ред. И.П. Ксеневича – М. : Машиностроение, 2003.
6. Овтов, В.А. Сошник для посева мелкосеменных культур / В.А. Овтов, М.Ю. Абросимов // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 11 - 12.
7. Патент на полезную модель RU 196015 U1. Сошник. Раднаев Д.Н., Калашников С.С., Бадмацыренов Д-Ц.Б., Калашников С.Ф. Заявка № 2019112132 от 22.04.2019. Опубл. 13.02.2020. Бюл. № 5.
8. Раднаев, Д.Н. Совершенствование разбросного посева семян зерновых культур дисковым сошником / Д.Н. Раднаев, В.М. Дринча // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - № 3. – С.33 – 35.
9. Сарсенов, А.Е. Повышение эффективности зерновой сеялки путём совершенствования конструкции сошника для улучшения распределения семян в почве. Автореферат изучения дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Саратов. 2017. – 20 с.
10. Скидело, В.В. Сравнительная оценка сеялок прямого посева с различными типами сошников / В.В. Скидело, А.В. Громаков // Сельский механизатор. 2019. № 1. С. 10 - 11.
11. Тихомиров, В.Б. Математические методы планирования экспериментов при изучении нетканых материалов / В.Б. Тихомиров // – М. : Лёгкая индустрия, 1968. – 156 с.
12. Шевелев, В.М. Исследование процесса прикатывания почвы при посеве сельскохозяйственных культур: дис...канд. техн. наук. – Киев. 1968. - 179 с.
13. Яковлев, Н.С. Рабочие органы посевных машин для возделывания зерновых культур / Н.С. Яковлев, Н.М. Иванов, Н.Н. Назаров, В.В. Маркин // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 10. – С. 76 - 80.

References

1. Adler, Yu.P. Planning experiments, especially when searching for openers for optimal sowing conditions / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovsky // - М. : Nauka, 1976. - 279 p.
2. Akulov, V.M. Investigation of the technological process of soil compaction by means of a seeder - cultivator: dissertation ... cand. tech. sciences. - Chelyabinsk. 1973. - 179 p.
3. Barbotko, A.I. Fundamentals of the theory of mathematical modeling / A.I. Barbotko, A.O. Gladyshevskiy // Uch. allowance. – 2nd ed., revised. and additional - Stary Oskol: TNT, 2009. - 212 p.
4. Egorov, A.S. Development of a tool for rolling the soil with the justification of its optimal parameters and modes of operation: thesis cand. tech. sciences. - Ulyanovsk. 2020. - 169 p.
5. Ground traction - transport systems. Т. 1 - 3 / ed. I.P. Ksenevich - М. : Mashinostroenie, 2003.
6. Ovtov, V.A. Coulter for sowing small - seeded crops / V.A. Ovtov, M.Yu. Abrosimov // Rural mechanic. 2020. No. 7. P. 11 - 12.
7. Utility model patent RU 196015 U1. Coulter. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S., Badmatsyrenov D-Ts.B., Kalashnikov S.F. Application No. 2019112132 dated 04/22/2019. Published 02/13/2020. Bull. No. 5.
8. Radnaev, D.N. Improvement of broadcast sowing of seeds of grain crops with a disc coulter / D.N. Radnaev, V.M. Drincha // Tractors and agricultural machines. - 2012. - No. 3. - P.33 - 35.
9. Sarsenov, A.E. Improving the efficiency of the grain planter by improving the design of the coulter to improve the distribution of seeds in the soil. Abstract of the study of dis. ... cand. tech. Sciences: 05.20.01. - Saratov. 2017. - 20 p.
10. Skidelo, V.V. Comparative evaluation of direct sowing seeders with different types of coulters / V.V. Skidelo, A.V. Gromakov // Rural mechanic. 2019. No. 1. P. 10 - 11.

11. Tikhomirov, V.B. Mathematical methods of planning experiments in the study of non-woven materials / V.B. Tikhomirov // - М. : Light industry, 1968. - 156 p.

12. Shevelev, V.M. Study of the process of soil compaction during sowing of agricultural crops: thesis cand. tech. Sciences. - Kyiv. 1968. - 179 p.

13. Yakovlev, N.S. Working bodies of sowing machines for the cultivation of grain crops / N.S. Yakovlev, N.M. Ivanov, N.N. Nazarov, V.V. Markin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2019. - No. 10. - P. 76 - 80.

Сведения об авторах

Раднаев Даба Нимаевич – доктор технических наук, профессор кафедры механизация сельскохозяйственных процессов инженерного факультета. Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670012, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, тел. 89503956950, e-mail:daba01@mail.ru).

Дамбаева Байрма Ефимовна – аспирантка кафедры механизация сельскохозяйственных процессов инженерного факультета. Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670012, Россия, республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, тел. 89516288798, e-mail: baira86@mail.ru).

Петров Виктор Алексеевич – аспирант кафедры механизация сельскохозяйственных процессов инженерного факультета. Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670012, Россия, республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, тел. 89085951532, e-mail: www.colin.ru@mail.ru).

Неустроева Айна Иннокентьевна – аспирантка кафедры механизация сельскохозяйственных процессов инженерного факультета. Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670012, Россия, республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, тел. 89142267191, e-mail: onoiyk@mail.ru).

Шадрин Михаил Михайлович – аспирант кафедры механизация сельскохозяйственных процессов инженерного факультета. Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (670012, Россия, республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, тел. 89841007205, e-mail: shandoran3@yandex.ru).

Information about the authors

Radnaev Daba N. – doctor of technical sciences, professor of the department of mechanization of agricultural processes, faculty of engineering. Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670012, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin st., 8, tel. 89503956950, e-mail: daba01@mail.ru).

Dambaeva Bairma E. – postgraduate student, department of mechanization of agricultural processes, faculty of engineering. Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670012, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin st., 8, tel. 89516288798, e-mail: baira86@mail.ru).

Petrov Victor A. – postgraduate student, department of mechanization of agricultural processes, faculty of engineering. Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670012, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin st., 8, tel. 89085951532, e-mail: www.colin.ru@mail.ru).

Neustroeva Aina I. – postgraduate student, department of mechanization of agricultural processes, faculty of engineering. Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670012, Russia, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin st., 8, tel. 89142267191, e-mail: onoiyk@mail.ru).

Shadrin Michael M. – postgraduate student, department of mechanization of agricultural processes, faculty of engineering. Buryat state agricultural academy named after V.R. Filippova (670012, Russia, republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin st., 8, tel. 89841007205, e-mail: shandoran3@yandex.ru).

ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РУЧНЫХ САДОВО-ОГОРОДНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

В.Н. Хабардин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

При возделывании садовых и овощных культур с давних пор применяют различные ручные садово-огородные инструменты: мотыги, копатели, полотьники, рыхлители, лопаты, грабли, вилы, стругачи, скребки и многие другие аналогичные орудия труда. Начало их создания было положено ещё первобытным человеком. С того же момента началось и совершенствование (улучшение эксплуатационных свойств) этих инструментов, которое продолжается по настоящее время, поскольку, несмотря на их кажущуюся примитивность, они будут востребованы всегда. К настоящему времени совершенствованию сельскохозяйственных машин, тракторов и их двигателей посвящено множество изобретений, научных исследований. В ещё большем количестве изданы учебники, монографии и научные статьи. При этом крайне, недостаточно выполнено исследований в области совершенствования ручных садово-огородных инструментов, а они применяются в жизнедеятельности человека не менее широко, чем машины. В связи с этим задачей данного исследования является определение особенностей совершенствования ручных садово-огородных инструментов. В работе показано, что эффективность физической работы, в частности – при применении ручных садово-огородных инструментов, определяется их коэффициентом полезного действия. Однако оценить его достаточно точно не представляется возможным. Оценку эффективности инструмента пользователь производит на практике по таким эксплуатационным свойствам, как лёгкость применения, удобство, надёжность и, конечно, эстетические качества. В совокупности все эти свойства напрямую или косвенно и определяют эффективность применения садово - огородных инструментов. Поскольку это так, то эти же свойства приняты за основные направления – особенности их совершенствования. При этом отмечена ещё одна особенность – низкая интенсивность совершенствования инструментов, что обусловлено, главным образом, их простотой конструкции. В завершение представлены и проанализированы примеры изобретений на садово-огородные инструменты, созданные в ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.

Ключевые слова: Инструменты ручные садово-огородные, совершенствование, процесс, работа физическая, эффективность.

FEATURES OF IMPROVING MANUAL GARDENING TOOLS

V.N. Khabardin

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

When cultivating garden and vegetable crops, various hand gardening tools have been used for a long time: hoes, diggers, pololniki, rippers, shovels, rakes, pitchforks, ploughs, scrapers and many other similar tools. The beginning of their creation was laid by primitive man. From the same moment, the improvement (improvement of operational properties) of these tools began, which continues to the present, because, despite their apparent primitiveness, they will always be in demand. In this regard, the task of this study is to determine the features of improv-

ing manual gardening tools. To date, many inventions and scientific research have been devoted to the improvement of agricultural machines, tractors and their engines. Textbooks, monographs and scientific articles have been published in even greater numbers. At the same time, extremely insufficient research has been done in the field of improving manual gardening tools, and they are used in human life no less widely than machines. The paper shows that the effectiveness of physical work, in particular, when using manual gardening tools, is determined by their efficiency coefficient. However, it is not possible to estimate it accurately enough. The user evaluates the effectiveness of the tool in practice according to such operational properties. Together, all these properties directly or indirectly determine the effectiveness of the use of gardening tools. Since this is the case, these same properties are taken as the main directions – the features of their improvement. At the same time, another feature is noted – the low intensity of improvement of tools, which is mainly due to their simplicity of design. In conclusion, examples of inventions for gardening tools created at the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky are presented and analyzed.

Key words: Manual gardening tools, improvement, process, physical work, efficiency.

При возделывании садовых и овощных культур с давних пор применяют различные ручные садово-огородные инструменты: мотыги, копатели, полольники, рыхлители, лопаты, грабли, вилы, стругачи, скребки [11] и многие другие аналогичные орудия труда. Начало их создания было положено ещё первобытным человеком. С того же момента началось и совершенствование (улучшение эксплуатационных свойств) этих инструментов, которое продолжается по настоящее время, поскольку, несмотря на их кажущуюся примитивность, они будут востребованы всегда. К настоящему времени совершенствованию сельскохозяйственных машин, тракторов и их двигателей посвящено множество изобретений, научных исследований. В ещё большем количестве изданы учебники, монографии и научные статьи [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9]. При этом крайне, недостаточно выполнено исследований в области совершенствования ручных садово-огородных инструментов, а они применяются в жизнедеятельности человека не менее широко, чем машины.

Задача исследования – определить особенности совершенствования ручных садово-огородных инструментов.

Объект исследования – процесс совершенствования ручных садово-огородных инструментов.

Методика исследования. В основу методики исследования положены методы синтеза и анализа информации, а также эвристический метод. Кроме того, в завершение представлены и проанализированы примеры изобретений на садово-огородные инструменты, созданные в ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского [4, 5].

Обсуждение результатов исследования.

Общей принципиальной особенностью современных садово-огородных инструментов, как и в те далекие времена, является «ручной привод». Пользователь инструмента выполняет физическую работу, испытывая динамическую нагрузку, которая связана с перемещением инструмента. Физический труд основан на использовании энергии мышц, расходовать которую нужно ещё более эффективно, чем энергию машин.

Эффективность физической работы γ или, что одно и то же, эффективность применения ручного инструмента, может быть выражена формулой

$$\gamma = \frac{Q}{E - E_H}, \quad (1)$$

где Q – выполненная механическая работа, Дж;

E – вся израсходованная энергия, Дж;

E_H – энергия, расходуемая организмом в состоянии покоя, Дж.

Приняв Q за полезную работу, а $(E - E_H)$ – за затраченную, получим известный коэффициент полезного действия.

Таким образом, можно считать, что эффективность физической работы, в частности – при применении ручных садово-огородных инструментов, определяется их коэффициентом полезного действия. Однако оценить его достаточно точно не представляется возможным. Да это, пожалуй, и не требуется, так как оценку эффективности инструмента пользователь производит на практике по таким эксплуатационным свойствам, как лёгкость применения, удобство, универсальность, надёжность и, конечно, эстетические качества. В совокупности все эти свойства напрямую или косвенно и определяют эффективность применения садово-огородных инструментов. Поскольку это так, то эти же свойства вполне можно принять за основные направления – особенности их совершенствования.

Другая особенность совершенствования садово-огородных инструментов – низкая интенсивность этого процесса. Так, проведённый нами в сети Интернет патентный поиск российских изобретений по этим объектам показал, что за последние 25 лет в России было создано 12 изобретений (интенсивность их создания – примерно одно изобретение за два года), относящихся к наиболее востребованным садово-огородным инструментам. Для сравнения: по сельскохозяйственным машинам в России создают более 100 изобретений в год. Основная причина низкой интенсивности совершенствования ручных инструментов: простота их конструкции.

Тем не менее, процесс совершенствования идёт. Он, являясь процессом познания, с точки зрения философии (диалектики) бесконечен. Для примера далее приведём два российских изобретения по садово-огородным инструментам, которые выполнены в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Кстати, следует отметить, что в нашем университете за последние 25 лет создано около 250 изобретений в различных областях техники и только 2 (0,8 %) – на садово-огородные инструменты.

Пример первый. Картофелекопатель ручной мотыжный – патент РФ 2178965 [4]. На его основе созданы тяпки, сепарирующие ТС-1 и ТС-2 (рисунок 1, таблица 1), которые предназначены для рыхления почвы и уничтожения сорняков; обработки картофеля, капусты, ягодных плантаций и кустарниковых насаждений; а также для выкапывания картофеля.

Они состоят из подковообразного полотна с сепарирующим просветом, конической трубки и черенка (на ТС-1 черенок не показан).



Рисунок 1 – Тяпки-картофелекопатели сепарирующие:
а – ТС-1; б – ТС-2.

Технология уборки картофеля ручным способом сводится к извлечению гнезда клубней за ботву или другим способом с последующей зачисткой образовавшейся лунки при помощи тяпки-картофелекопателя. Операции рыхления почвы и уничтожения сорняков, обработки картофеля, капусты, ягодных плантаций выполняют таким же образом, как и при использовании обычной тяпки. При обработке кустарниковых насаждений инструмент используют как тяпку (концы зубьев взаимодействуют с почвой) и как мини-грабли (один зуб своей боковой поверхностью соприкасается с поверхностью почвы) – при движении тяпки-картофелекопателя от центра куста к периферии.

Таблица – Технические характеристики тяпок

Параметры и характеристики	ТС-1	ТС-2
Профиль полотна	Вогнутый (к трубке)	Прямой
Зуб (по ширине)	Прямой	Скошенный
Ширина полотна в основании, мм	100	100
Ширина просвета, мм	53	63
Глубина хода зубьев, мм	105	145
Толщина полотна, мм	4,0	5,5
Масса (без черенка), кг	0,35	0,50

Сепарация почвы через просвет между зубьями улучшает качество рыхления почвы и уничтожения сорняков, сокращает затраты труда и энергии пользователя. При выкапывании картофеля эффект сепарации также позволяет извлекать клубни из почвы с наименьшими затратами труда и энергии. При обработке кустарниковых насаждений (рабочий ход от центра куста к пользователю) сепарирующий просвет сохраняет корни от повреждений. Имеют простую и надёжную конструкцию, удобны в эксплуатации – названные работы, в том числе и выкапывание картофеля, выполняют в удобной позе – стоя.

Пример второй. Лопата на опорах – патент РФ 2737113 (рисунок 2) [5]. Она содержит П-образный черенок 1, продольный элемент 2 черенка 1,

трубу 3, лезвие 4 и две дугообразные опоры 5. При этом П-образный черенок 1 выполнен заодно с его продольными элементами 2. К свободным концам черенка 1, к его продольным элементам 2, жёстко присоединена труба 3, причём параллельно поперечине черенка 1. Дугообразные опоры 5 одним концом жёстко соединены с трубой 3, а другим – с продольными элементами 2 черенка 1. Лезвие 4 лопаты может быть выполнено плоским (не показано) или зубчатым, как показано на рисунке 2. Лезвие 4 жёстко присоединено к трубе 3 таким образом, что его торцевая часть, расположенная со стороны, противоположной острию лопаты, пропущена через трубу 3 так, что рабочая плоскость лезвия 4 лопаты находится в горизонтальном положении. Свободная часть черенка 1 выполнена с образованием угла в пределах от 25 до 35 градусов к горизонтали. При этом вершина угла находится вблизи точек присоединения дугообразных опор 5 к продольным элементам 2 черенка 1.

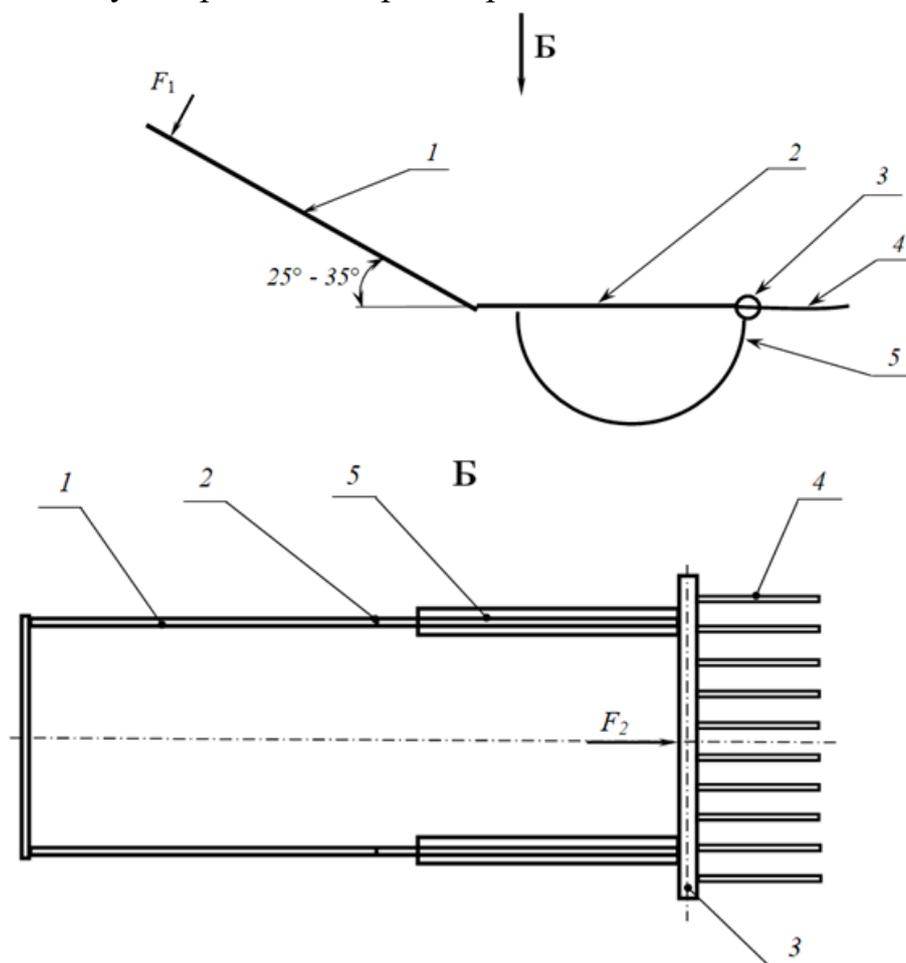


Рисунок 2 – Лопата на опорах:

1 – черенок П-образный; 2 – продольный элемент черенка; 3 – труба; 4 – лезвие; 5 – опоры дугообразные.

Лопату применяют следующим образом. Поперечину П-образного черенка 1 руками наклоняют от себя. Лезвие 4 углубляют в землю (не показано) нажатием ногой на трубу 3 силой F_2 . После чего лопату усилием рук F_1 наклоняют на себя на такой угол, при котором произойдёт поднятие и рыхление почвы. В процессе применения лопаты физическое усилие рук и спи-

ны для подъёма и сбрасывания, или рыхления почвы, заменяется использованием силы тяжести человека, что облегчает вскапывание почвы, снижает усталость и повышает производительность труда. Кроме того, за один приём копания ширина вскапывания может составлять до 650 мм, что превышает в три раза ширину захвата обычной лопаты.

Снижение усилия рук F_1 при поднятии лезвием 4 почвы с поверхности земли обусловлено тем, что свободная часть П-образного черенка 1 выполнена с образованием угла в пределах от 25 до 35 градусов к горизонтали. При этом вершина угла находится вблизи точек присоединения дугообразных опор 5 к продольным элементам черенка 2.

Анализ представленных примеров изобретений показывает, что результатом совершенствования садово-огородных инструментов является повышение эффективности физического труда: формула (1). В первом примере это достигается за счёт просвета в полотне тяпки, а во втором – посредством рычага.

Выводы. Простота конструкции садово-огородных инструментов и их современное устройство затрудняют совершенствование этих инструментов. В связи с этим интенсивность совершенствования садово-огородных инструментов в 100 и более раз ниже, чем сельскохозяйственных машин.

Список литературы

1. Кушнарёв, Л.И. О создании инженерно - технической системы АПК Российской Федерации // Техника и оборудование для села. – № 8 (194). – 2013. – С. 30 -34.
2. Кушнарёв, Л.И. Ресурсосбережение – основа повышения эффективности машиноиспользования в сельском хозяйстве / Л.И. Кушнарёв, В.Б. Дзуганов // Механизация и электрификация сел. хоз - ва. - 2011. - № 7. - С. 2 - 5.
3. Никитченко, С.Л. Причинные факторы снижения эксплуатационной надёжности сельскохозяйственной техники / С.Л. Никитченко, Е.В. Воронов // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 2 (105). – С. 56 - 66.
4. Пат. 2178965 Рос. Федерация, МПК⁷ А 01 D 11/02, А 01 В 1/14. Картофелекопатель ручной мотыжный / В.Н. Хабардин, А.В. Хабардина; заявители и патентообладатели Хабардин В.Н., Хабардина А.В. - № 2000128247/13 ; заявл. 13.11.00; опубл. 10.02.02, Бюл. № 4.
5. Пат. 2737113 Рос. Федерация, А01В 1/02 (2006.01). Лопата на опорах / Вулых Н.В., Вулых А.Н., Хабардин В.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего образования Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. - № 2020107817 ; заявл. 20.02.2020; опубл. 24.11.2020, Бюл. № 33.
6. Поляков, Г.Н. Состав и изменение структуры сельскохозяйственных машин для почвообработки в Иркутской области / Г.Н. Поляков, В.И. Солодун, С.Н. Шуханов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – вып. 47. - С. 28 - 32.
7. Поляков, Г.Н. Состояние и тенденции технического обеспечения АПК Иркутской области / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. - № 45. - С. 52 - 57.
8. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. – М. : ГОСНИТИ ; Челябинск : ЧГАУ, 2003. - 992 с.
9. Хабардин, В.Н. Ресурсосберегающие технологии, методы и средства технико-

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

го обслуживания тракторов: монография / В.Н. Хабардин. – Иркутск : Изд - во ИрГСХА, 2009. - 384 с.

10. Шуханов, С.Н. Совершенствование работы двигателей тракторов сельскохозяйственного назначения путем автоматического регулирования / С.Н. Шуханов // Вестник Алтайского ГАУ. – 2019. - № 7. - С. 168 - 172.

11. Энциклопедия сибирского садовода и огородника; под ред. И.П. Калининой. – Барнаул: Алт. кН. изд - во, 1994. – 464 с.

Reference

1. Kushnarev, L.I. On the creation of an engineering and technical system of the agro-industrial complex of the Russian Federation // Machinery and equipment for the village. – № 8 (194). – 2013. – Pp. 30 - 34.

2. Kushnarev L.I. Resource conservation – the basis for increasing the efficiency of machine use in agriculture / L.I. Kushnarev, V.B. Dzuganov // Mechanization and electrification of rural households. - 2011. - No. 7. - pp. 2 - 5.

3. Nikitchenko, S.L. Causal factors of reducing the operational reliability of agricultural machinery / S.L. Nikitchenko, E.V. Voronov // Vestnik NGIEI. – 2020. – № 2 (105). – Pp. 56 - 66.

4. Pat. 2178965 Grew. Federation, IPK7 A 01 D 11/02, A 01 B 1/14. Potato digger manual hoeing / V.N. Khabardin, A.V. Khabardina; applicants and patent holders V.N. Khabardin, A.V. Khabardina - No. 2000128247/13 ; application 13.11.00; publ. 10.02.02, Bul. No. 4.

5. Pat. 2737113 Grew. Federation, A01B 1/02 (2006.01). Shovel on supports / Vulykh N.V., Vulykh A.N., Khabardin V.N.; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky. - No. 2020107817; application No. 20.02.2020; publ. 24.11.2020, Bul. No. 33.

6. Polyakov, G.N. Composition and change of structure of agricultural machines for tillage in the Irkutsk region / G.N. Polyakov, V.I. Solodun, S.N. Shukhanov // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. – 2019. – issue 47. - pp. 28 - 32.

7. Polyakov, G.N. The state and trends of technical support of the agroindustrial complex of the Irkutsk region / G.N. Polyakov, S.N. Shukhanov // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. – 2019. - No. 45. - pp. 52 - 57.

8. Maintenance and repair of machinery in agriculture : studies. handbook for universities / V.I. Chernov Ivanov [et al.]; edited by V.I. Chernov Ivanov. – М. : GOSNITI ; Chelyabinsk : CHGAU, 2003. - 992 p.

9. Khabardin, V.N. Resource - saving technologies, methods and means of tractor maintenance: monograph / V.N. Khabardin. – Иркутск : Publishing House of IrGSHA, 2009. - 384 p.

10. Shukhanov, S.N. Improving the work of agricultural tractor engines by automatic regulation / S.N. Shukhanov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2019. - No. 7. - pp. 168 - 172.

11. Encyclopedia of the Siberian gardener and gardener; edited by I.P. Kalinina. – Barnaul: Alt. kN. publishing house, 1994. – 464 p.

Сведения об авторе

Хабардин Василий Николаевич – 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

Habardin Vasilij N. – sc.d. in technical science, doctor of technical sciences, professor, of chair of operation of machine and tractor park and health and safety of engineering faculty. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhniy settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89500809286, e-mail: habardinv@mail.ru.

УДК 631.372:629.114.2

**БУКСИРНО-СЦЕПНОЕ УСТРОЙСТВО
С ВЕРТИКАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ
ДЛЯ КОЛЁСНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА**

А.А. Шуравин, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
Благовещенск, Россия

При выполнении тракторными поездами сельскохозяйственных работ в крестьянко-фермерских хозяйствах (КФК) необходимость всепогодного и безопасного использования в различных почвенных условиях является одним из наиболее важных факторов при планировании и проведении транспортных операций.

Также необходимо отметить, что транспортные работы в Амурской области приходится проводить при различных углах и состоянии поверхности движения, что определяет поиск методов и технических решений для стабилизации продольной, поперечной и траекторной устойчивости тракторно-транспортного агрегата (ТТА).

В предлагаемой статье предлагается современная конструкция буксирно-цепного устройства с вертикальным регулированием, предназначенная для стабилизации ходовой системы трактора и приводятся его перспективные технологические параметры.

Ключевые слова: Колёсный трактор, прицеп, угол наклона, поверхность движения, стабилизация, эффективность.

**TOW HITCH WITH VERTICAL ADJUSTMENT
FOR WHEELED POWER VEHICLE**

A.A. Shuravin, E.E. Kuznetsov, S.V. Shitov

FSBEI HE Far Eastern SAU
Blagoveshchensk, Russia

When tractor trains carry out agricultural work in peasant farms (KFK), the need for all-weather and safe use in various soil conditions is one of the most important factors in the planning and conduct of transport operations. It should also be noted that transport work in the Amur Region has to be carried out at different angles and conditions of the traffic surface, which determines the search for methods and technical solutions to stabilize the longitudinal, transverse and trajectory stability of the tractor-transport unit (TTA). The proposed article proposes a modern design of a towing and coupling device with vertical regulation, designed to stabilize the tractor running system and presents its promising technological parameters.

Key words: Wheeled tractor, trailer, tilt angle, driving surface, stabilization, efficiency.

В ходе производственной эксплуатации тракторно-транспортных агрегатов в Амурской области установлено, что транспортные работы для нужд агропромышленного комплекса приходится проводить в различных погодноклиматических условиях, состоянии и углах поверхностях движения [4], что значительно влияет на стабилизацию и продольную устойчивость тракторно-транспортного агрегата (ТТА) [2, 3], вызывая увеличение буксования, эффект галопирования и снижая безопасность управления агрегатом [1, 5].

Таким образом, технической задачей патентного поиска и проведения теоретических исследований является снижение буксования, увеличение тягового усилия и агротехнической проходимости, повышение производительности и безопасности при эксплуатации агрегатированных колёсных тракторов, уменьшение галопирования при трогании и движении, улучшение стабилизации курсовой и тракторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях при использовании достаточно несложной конструкции вспомогательного устройства, простоте его изготовления, высокой надёжности, удобстве в обслуживании и эксплуатации.

Решением поставленной задачей является предложенная перспективная конструкция буксирно-цепного устройства с вертикальным регулированием, принципиальная схема которого представлена на рисунках 1 и 2.

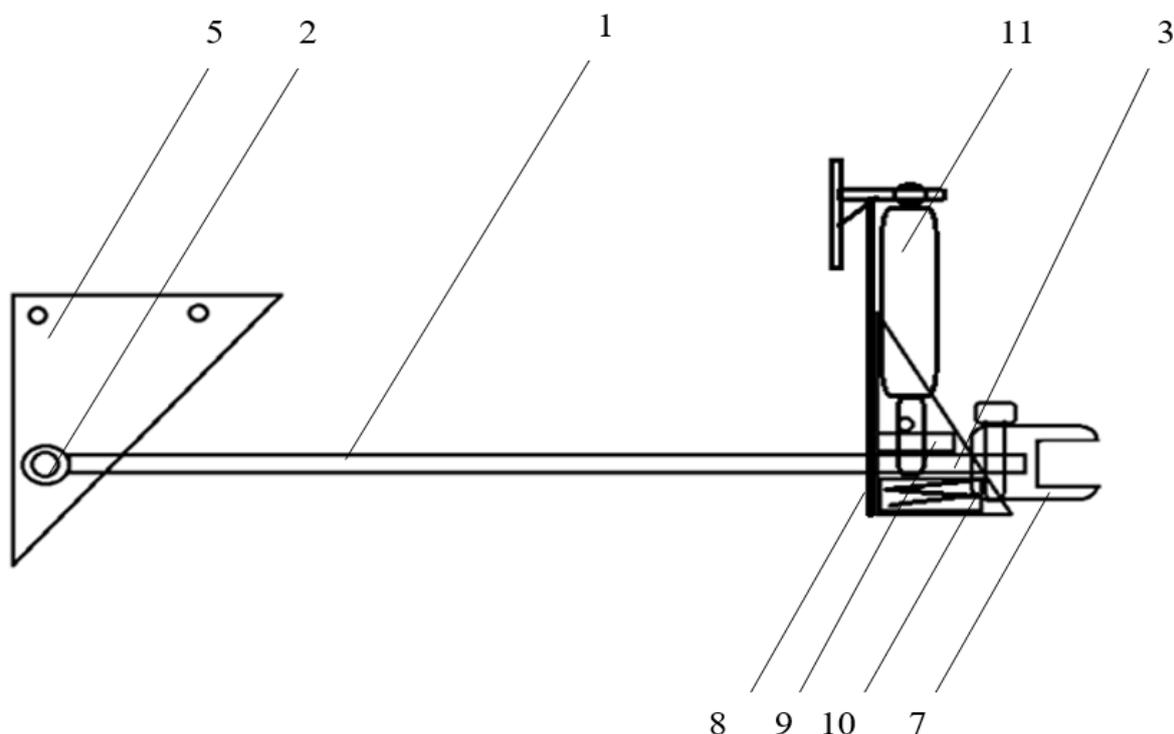


Рисунок 1 – Принципиальная схема буксирно - цепного устройства с вертикальным регулированием

Буксирно-цепное устройство с вертикальным регулированием выполнено в виде конструкции, состоящей из тяги 1, изготовленной из толстостенной металлической трубы с окончаниями 2 и 3, зафиксированной одним окончанием 2 в срединной части поперечной балки 4, проходящей через уголкового подвесные кронштейны 5, закреплённые побортно на раме трак-

тора 6, а в последующем окончании 3 тяги 1 шарнирно установлено тягово-сцепное устройство 7 типа «Тяговая вилка» и рамочного установочного кронштейна 8 с верхним резинометаллическим демпфером 9, опорной пружиной 10 и нагружающим гидроцилиндром 11, фиксированного болтовым соединением в кормовой части остова трактора 6, при этом тяга 1 проходит через проушину рабочего штока нагружающего гидроцилиндра 11 между демпфером 9 и опорной пружиной 10 рамочного установочного кронштейна 8.

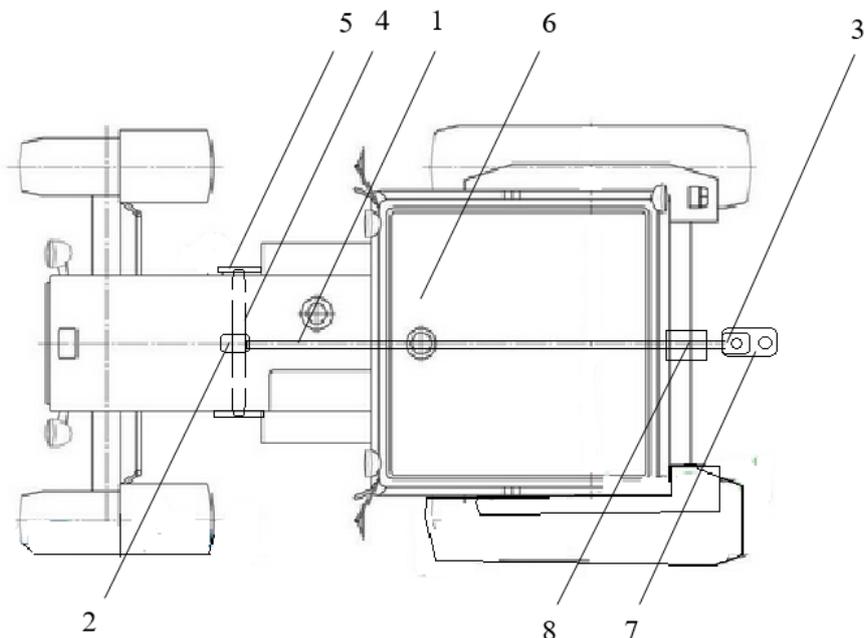


Рисунок 2 – **Принципиальная схема буксирно - сцепного устройства с вертикальным регулированием, установленного на колёсный трактор (вид сверху)**

Устройство работает следующим образом:

При передвижении тракторно-транспортного агрегата (ТТА), состоящего из буксирующего колёсного трактора и прицепа, равномерно и прямолинейно по горизонтальным участкам местности, за счёт силового воздействия массы прицепа на тягово-сцепное устройство 7 происходит перераспределение силовой нагрузки через тягу 1 не только на кормовую часть трактора и задние движители, но и на поперечную балку 4 и подвесные кронштейны 5, что позволяет рационально загрузить как задние, так и передние колёса трактора, и ведёт к снижению буксования, увеличению тягового усилия, повышению агротехнической проходимости, уменьшению галопирования при трогании и движении, улучшает стабилизацию курсовой и траекторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях.

При работе ТТА на склоновых поверхностях:

- в движении под уклон, за счёт силового воздействия массы прицепа на тягово-сцепное устройство 7 и тягу 1 происходит перераспределение силовой нагрузки не только на кормовую часть трактора 6 и задние движители, но и на поперечную балку 4 и подвесные кронштейны 5, что загружает пе-

редний управляемый мост трактора 6, увеличивая управляемость ТТА, стабилизируя безопасность его движения и позволяет повысить скоростные характеристик и производительность транспортного агрегата, уменьшить галопирование при трогании и движении МТА, улучшает стабилизацию курсовой и траекторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях;

- в движении на подъём, за счёт силового воздействия массы прицепа на тягово-сцепное устройство 7 и тягу 1 происходит перераспределение силовой нагрузки не только с кормовой части трактора 6, но и с его переднего управляемого моста, при этом наблюдается прижатие управляемого моста к поверхности движения, что снижает момент опрокидывания трактора, позволяет уменьшить галопирование при трогании и движении МТА, улучшает стабилизацию курсовой и траекторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях.

При необходимости дополнительной стабилизации курсовой и траекторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях оператор трактора 6 методом включения нагружающего гидроцилиндра 11 при выходе рабочего штока прижимает опорную пружину 10, что позволяет опустить тягу 1 к поверхности движения, провести вертикальную регулировку положения тягово-сцепного устройство 7, снизить положение центра тяжести трактора, тем самым дополнительно улучшить стабилизацию курсовой и траекторной устойчивости трактора.

Использование данного изобретения, обладающего высокой надёжностью, низкой себестоимостью, удобством в обслуживании и эксплуатации, при достаточно несложной конструкции и простоте изготовления буксирно-сцепного устройства с вертикальным регулированием при работе МТА на склоновых поверхностях, передвижении по скользкой дороге, в условиях бездорожья, при глубоком снежном покрове, малой несущей способности почв, наличии подстилающего мерзлотного слоя позволит снизить буксование, увеличить тяговое усилие и агротехническую проходимость, повысить производительность и безопасность при эксплуатации агрегатированных колёсных тракторов, уменьшить галопирование при трогании и движении МТА, улучшить стабилизацию курсовой и траекторной устойчивости трактора при работе на склоновых поверхностях, что приведёт к экономии энергозатрат и увеличит экономический эффект от его применения в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Алдошин, Н.В. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов / Н.В. Алдошин, А.С. Пехутов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. - № 4. - С. 26 - 27.

2. Кушнарёв, А.Н. Буксирно - распределяющее устройство / А.Н. Кушнарёв, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов // Пат. на изобретение № 2753047 Рос. Федерация заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет. Заявка № 2020132941, заявл. 06.10.2020, зарегистрирована 06.10.2020, опубл. 11.08.2021 Бюл. № 23. 10 с.

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

3. Кушнарев, А.Н. К вопросу оптимизации ширины транспортного коридора многозвенных тракторно - транспортных поездов при движении по дорогам сельскохозяйственного назначения грузов / А.Н. Кушнарев, С.В. Щитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2021. - № 1 (87). - С. 129 - 133.

4. Кушнарев, А.Н. Совершенствование использования многозвенных тракторно - транспортных поездов / А.Н. Кушнарев // Техника и оборудования для села. - 2020. - № 6 (276). – С. 14 - 17.

5. Кузнецов, Е.Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов / Дальневост. гос. аграр. ун - т. – Благовещенск : Изд - во Дальневост. гос. аграр. ун - та, 2017. – 272 с.

6. Шуравин, А.А. Повышение тягово - сцепных свойств колёсного трактора в условиях продольного уклона поверхности движения / А.А. Шуравин, Е.С. Поликутина, Е.Е. Кузнецов // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно - практической конференции Часть. 1. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. – 459 с.

7. Шуравин, А.А. Способ корректирования тягово - сцепных свойств колёсного энергетического средства в повороте / А.А. Шуравин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2021. - № 2 (88). – С. 164 - 167.

8. Щитов, С.В. Повышение продольно - поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колёсных мобильных энергетических средств: монография / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, Е.С. Поликутина, О.А. Кузнецова; Дальневост. гос. аграр. ун - т. – Благовещенск: Изд - во Дальневост. гос. аграр. ун - та, 2020. – 148 с.

9. Belyaev, V.I. Ecological consequences of conversion of steppe to arable Land in western siberia / V.I. Belyaev, M. Fruhauf, T. Mainel // Europa Regional. - 2004. – Vol. 1, № 4. – P. 13 - 21.

10. Shchitov, S.V. Increasing The Shallowness Of The Wheeled Tractors / S.V. Shchitov, P.V. Tikhonchuk, I.V. Bumbar, Z.F. Krivuca, V.V. Samuilo, A.V. Yakimenko, O.P. Mitrokhina // Journal of mechanical engineering. 1752. 41 (2) (2018). p. 31 - 34. Website: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31–34.pdfnull>.

References

1. Aldoshin, N.V. Increasing productivity in the transportation of agricultural goods / N.V. Aldoshin, A.S. Pekhutov // Mechanization and electrification of agriculture. - 2012. - No. 4. - pp. 26 - 27.

2. Kushnarev, A.N. Tow - distributing device / A.N. Kushnarev, S.V. Shields, E.E. Kuznetsov // Patent for invention No. 2753047 Ros. Federation applicant and patent holder Far Eastern State agr. university. Application no. 2020132941, application no. 06.10.20, registered 06.10.20, publ. 11.08.2021 Byul. no. 23. 10 p.

3. Kushnarev, A.N. On the issue of optimizing the width of the transport corridor of multi-link tractor - transport trains when moving on agricultural roads of goods / A.N. Kushnarev, S.V. Shields // Izvestiya Orenburg state agrarian university. - 2021. - № 1 (87). - Pp. 129 - 133.

4. Kushnarev, A.N. Improving the use of multi - link tractor - transport trains / A.N. Kushnarev // Machinery and equipment for the village. - 2020. - № 6 (276). - Pp. 14 - 17.

5. Kuznetsov, E.E. Increasing the efficiency of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph / E.E. Kuznetsov, S.V. Shields / Far Eastern state agrarian. un - т. – Blagoveshchensk : Publishing House of the Far Eastern state agrarian university. un - та, 2017. - 272 p.

6. Shuravin, A.A. Improvement of traction properties of a wheeled tractor in conditions of longitudinal slope of the movement surface / A.A. Shuravin, E.S. Polikutina, E.E. Kuznetsov // Agro - industrial complex: problems and prospects of development: materials of the All - Rus-

Секция 1. **Производственно-техническая эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов**

sian Scientific and practical conference Part. 1. - Blagoveshchensk : Far Eastern state university, 2021. - 459 p.

7. Shuravin, A.A. A method for correcting traction - coupling properties of a wheeled power vehicle in a turn / A.A. Shuravin // Izvestiya Orenburg state agrarian university. - 2021. - № 2 (88). - Pp. 164 - 167.

8. Shitov, S.V. Increasing longitudinal and transverse stability and reducing the anthropogenic impact on the soil of wheeled mobile energy means / S.V. Shitov, E.E. Kuznetsov, E.S. Polikutina, O.A. Kuznetsova / monograph; Far Eastern state agrarian. un - t. – Blagoveshchensk : Publishing house of the Far Eastern state agrarian university. un - ta, 2020 – 148 p.

9. Belyaev, V.I. Ecological consequences of conversion of steppe to arable land in western Siberia / V.I. Belyaev, M. Fruhauf, T. Mainel // Europa Regional. - 2004. – Vol. 1, № 4. - P.13 - 21.

10. Shchitov, S.V. Increasing The Shallowness Of The Wheeled Tractors / S.V. Shchitov, P.V. Tikhonchuk, I.V. Bumbar, Z.F. Krivuca, V.V. Samuilo, A.V. Yakimenko, O.P. Mitrokhina // Journal of mechanical engineering. 1752. 41 (2) (2018). p. 31 - 34. Website: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31-34.pdfnull>.

Сведения об авторах

Шуравин Александр Александрович – аспирант, ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет : Россия, 675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, Российская Федерация, тел. +79247460374, E-mail: Sh.aleksandr.2019@mail.ru.

Кузнецов Евгений Евгеньевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт транспортно-технологических машин и комплексов», ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет : Россия, 675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, Российская Федерация, тел. +79619523270, E-mail: ji.tor@mail.ru.

Щитов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортно-энергетические средства и механизация агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет : Россия, 675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, Российская Федерация, тел. +79145571730, E-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

Information about the authors

Shuravin Alexander A. – PhD student, Far Eastern state agrarian university: Russia, 675000, Amur region, Blagoveshchensk, Politechnicheskaya str., 86, Russian Federation, tel. +79247460374, E-mail: Sh.aleksandr.2019@mail.ru.

Kuznetsov Evgenyi E. – doctor technical sciences, associate professor, professor of the department "Operation and repair of transport and technological machines and complexes», Russia, 675000, Amur region, Blagoveshchensk, Politechnicheskaya str., 86, Russian Federation, tel. +79619523270, E-mail: ji.tor@mail.ru.

Shchitov Sergey V. – doctor technical sciences, professor of the department "Transport - energy facilities and mechanization of the agro-industrial complex», Russia, 675000, Amur region, Blagoveshchensk, Politechnicheskaya str., 86, Russian Federation, tel. +79145571730, E-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

УДК 621.785.532

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА МНОГОМЕРНОЙ
НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ
АЗОТИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

С.В. Агафонов, В.А. Беломестных, Т.В. Бодякина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье рассмотрен подход, лежащий в основе процедуры оптимальной нелинейной аппроксимации, при математическом моделировании процесса азотирования обрабатываемой поверхности механической детали в условиях инверсивного электростатического поля в виде уравнений регрессии. Создание математической модели сложного физико-химического процесса требует некоторой идеализации, описывая одни соотношения между величинами, объявляют другие несущественными, ограничиваясь той или иной областью значений входящих в уравнения измеряемых величин. В электростатическом поле процесс азотирования является длительным и многофакторным процессом. Как следствие для его оптимизации необходимы активные математические методы. На этапе идентификации, коррекция заключается в изменении параметров линейно-квадратичной формы с тем, чтобы измеренные результаты, и прогнозируемые максимально совпали. Методологическая парадигма апостериорно-оптимального параметрического синтеза линейно-квадратичной формы должна обеспечить *min* на семействе репрезентативной выборки.

Ключевые слова: Математическая модель, аппроксимация, оптимизация, процесс азотирования, регрессия.

**STATEMENT OF THE PROBLEM OF MULTIDIMENSIONAL
SYNTHESIS NONLINEAR REGRESSION IN DEVELOPMENT
MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL MODES
NITRIDING IN AN ELECTROSTATIC FIELD**

S.V. Agafonov, V.A. Belomestnykh, T.V. Bodyakina

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article considers the approach underlying the procedure of optimal non-linear approximation in mathematical modeling of the process of nitriding of the treated surface of a mechanical part under conditions of an inverse electrostatic field in the form of regression equations. The creation of a mathematical model of a complex physic-chemical process requires some idealization, describing some relations between quantities, declaring others insignificant, limiting themselves to one or another area of values included in the equations of the measured quantities. In an electrostatic field, the nitriding process is a long and multifactorial process. As a consequence, active mathematical methods are needed to optimize it. At the identification stage, the correction consists in changing the parameters of the linear-quadratic form so that the measured results and the predicted ones coincide as much as possible. The methodological paradigm of a posteriori-optimal parametric synthesis of a linear-quadratic form should provide min on a family of representative samples.

Key words: Mathematical model, approximation, optimization, coding process, regression.

Создание математической модели сложного физико-химического процесса требует некоторой идеализации, описывая одни соотношения между величинами, объявляют другие несущественными, осознанно делают приближения, заранее ограничиваясь той или иной областью значений входящих в уравнения измеряемых величин. Поэтому в реальном физическом опыте главная задача, которую приходится решать экспериментатору, состоит в том, чтобы устранить, исключить все возможные явления и воздействия, которые «Не имеют отношения к делу». В данном методологическом контексте процесс азотирования в электростатическом поле является длительным и многофакторным процессом. Как следствие для его оптимизации необходимы активные математические методы, например, методы математического планирования эксперимента [1, 3, 4, 5, 6, 7, 9].

Классический взгляд на математическое моделирование – это дескриптивный подход физика: функции, связанные с природными явлениями, устойчиво подчинены некоторым универсальным законам, и задача заключается в том, чтобы их открыть.

Однако не такова на самом деле практика дескриптивных наук, центральным будет скорее представление, что математическое моделирование заключается в следовании принципу: искомая оптимальная модель является просто самой точной моделью в пределах заданного допустимого уровня сложности или наименее сложной моделью, которая аппроксимирует наблюдаемые (экспериментальные) данные с точностью до заданного допустимого несогласования.

В теории идентификации систем идея формализации рассмотрений сложности модели исследовалась в работах [8, 12].

Соображение, что алгоритмы идентификации (обязательно) имеют интерпретацию на языке оптимальной аппроксимации, является основным с точки зрения, выдвинутой Льюнгом [10, 11]. В данной работе по существу использованы оба означенных подхода, а именно – намечена комбинированная методология, лежащая в основе процедуры оптимальной нелинейной аппроксимации, при математическом моделировании процесса азотирования обрабатываемой поверхности механической (силовой) детали в условиях инверсивного электростатического поля (с нестационарным потенциалом) в рамках линейно-квадратичного представления уравнений векторной регрессии.

В принципе статические модели типа «Вход-выход» можно получить из динамических, путём использования экспериментальных стационарных конечных значений (или, что эквивалентно, при нулевой частоте). К сожалению, динамическая модель обычно линеаризуется, что недопустимо для статической модели, если её предполагается использовать для оптимизации в значительном диапазоне.

Кроме того, статическая модель должна быть гораздо более подробной, нежели динамическая (оптимизация, улучшающая производительность примерно на 1 %, уже может представлять значительный прикладной интерес), поэтому структурно-параметрическая идентификация многомерной статиче-

ской нелинейной системы «Вход-выход» в отсутствии полного априорного знания физико-математических законов её функционирования, так называемая математическая модель «Чёрного ящика», заслуживает углублённого внимательного рассмотрения, особенно если речь идёт об обосновании допустимого уровня сложности исследуемого процесса.

Везде далее R – поле вещественных чисел, R^n – n -мерное векторное пространство над R (с евклидовой нормой, обозначаемой через $\|\cdot\|_R^n$), $M_{n,m}(R)$ – пространство всех $n \times m$ -матриц (т.е. матриц размера $n \times m$) с элементами из R и фробениусовой матричной нормой $\|D\|_F := (\sum d_{ij}^2)^{1/2}$, $D = [d_{ij}]$ (эквивалентно, $D \in M_{n,m}(R) \Rightarrow \|D\|_F = (\text{tr } D^T D)^{1/2}$); как обычно, символ $:=$ означает равенство по определению, \det – определитель матрицы, $\text{tr } G := \sum g_{ii}$ – след квадратной матрицы G (сумма диагональных элементов), « T » – операция транспонирования матрицы, E_n – единичная $n \times n$ -матрица, $\text{col}(a_1, \dots, a_n)$ – вектор - столбец с вещественными элементами a_1, \dots, a_n .

Обычный подход в теории идентификации сложных систем «Вход-выход» методологически состоит в том [3], чтобы *a priori* фиксировать некоторый частично параметризованный класс стационарных моделей и затем на основе фиксированных апостериорных данных подобрать параметры уравнений модели, минимизирующие некоторый формальный критерий.

По существу данный подход можно рассматривать как применение метода, в котором производится «Подгонка параметров модели» при фиксированном числе свободных коэффициентов её уравнений, при этом критерий определяется априори выбранной сложностью модели. Поэтому выделим к дальнейшему рассмотрению класс стационарных статических многосвязных нелинейных систем типа «Вход-выход», описываемых векторно-матричным уравнением регрессии вида:

$$y = c + Au + \text{diag} [u^T B_1 u, \dots, u^T B_n u] \text{col}(1, \dots, 1) + \varepsilon(u); \quad (1)$$

где $y \in R^n$ – вектор выходных сигналов системы;

$u \in R^m$ – вектор задающих воздействий системы;

$c \in R^n$, $A \in M_{n,m}(R)$, $B_i \in M_{m,m}(R)$, $B_i^T = B_i$ ($i=1, \dots, n$) и $\text{diag} [\dots]$ – диагональная $n \times n$ -матрица соответствующих билинейных управляющих воздействий $u^T B_i u$.

Относительно вектор-функции $\varepsilon(u)$ предполагаем, что структура её аналитического представления *a priori* неизвестна, но в целом неявно зависит от выбора линейной

$$c + Au$$

и билинейной

$$\text{diag} [u^T B_1 u, \dots, u^T B_n u] \text{col}(1, \dots, 1)$$

составляющих входного сигнала; поскольку нелинейная компонента $\varepsilon(u)$ уравнения (1) всегда может рассматриваться как остаточный («Недомоделированный») член разложения его правой части.

Ясно, что результат y , прогнозируемый *линейно-квадратичной формой* (ЛКФ):

$$c + Au + \text{diag} [u^T B_1 u, \dots, u^T B_n u] \text{col}(1, \dots, 1)$$

правой части уравнения (1), будет отличаться от реального сигнала, поскольку нелинейный закон $\varepsilon(u)$ вносит некоторое влияние.

С другой стороны, как отмечено выше, аналитическое представление члена $\varepsilon(u)$ зависит от выбора (фиксации) коэффициентов ЛКФ. Как следствие, на этапе идентификации, коррекция заключается в изменении параметров ЛКФ с тем, чтобы измеренные результаты, и прогнозируемые на базе ЛКФ, максимально совпали.

Очевидно, что новые прогнозы и параметрическая коррекция могут затем осуществляться по существу оперативно (при этом дополнительная информация используется в основном для осуществления частичного или полного анализа адекватности модели по последним текущим измерениям).

Иными словами, говоря более формально, методологическая парадигма апостериорно-оптимального параметрического синтеза ЛКФ должна обеспечить $\min \|\varepsilon(u)\|_R^n$ на семействе репрезентативной выборки проведённых натуральных экспериментов.

Переходя на «Язык формул», данная парадигма **имеет вид следующей оптимизационной задачи.**

Постановка задачи апостериорно-оптимального параметрического синтеза ЛКФ для уравнения нелинейной регрессии – найти векторно-матричное решение $c, A, B_i, i = 1, \dots, n$ двухкритериальной задачи:

$$\begin{cases} \min(\sum_{l=1, \dots, k} (\|y(l) - c - Au(l) - \text{diag}[u^T(l)B_1u(l), \dots, u^T(l) \cdot \\ \cdot B_nu(l)] \text{col}(1, \dots, 1)\|_{Rn})^2)^{1/2}, \\ \min(\|c\|_{Rn}^2 + \|A\|_{F2}^2 + \sum_{i=1, \dots, n} \|B_i\|_{F2}^2)^{1/2} \end{cases} \quad (2)$$

где $y(l) \in R^n, u(l) \in R^m$ – векторы экспериментальных данных (здесь $y(l)$ – «реакция» на входное воздействие $u(l)$);

k – число выполненных экспериментов; необходимо отметить, что методологических ограничений на величину k не накладываем.

Заключение. Первое условие – $\min \sum \dots$ в математической постановке (2) гарантирует посредством генеральной выборки k натуральных экспериментов оптимальную линейно-квадратичную аппроксимацию исследуемого физического процесса в терминах нелинейной регрессионной модели (1), второе – обеспечивает (в случае *не единственности* решения по первому $\min \sum \dots$) параметрическую конкретизацию подобной модели со свойством минимальной матричной нормы.

Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
2. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – М. : Наука, 1991. – 432 с.
3. Математическая теория планирования эксперимента / С.М. Ермаков [и др.] – М. : Наука, 1983. – 391 с.
4. Налимов, В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов. – М. : Наука, 1971. – 208 с.

5. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М. : Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
6. Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни. – М. : Наука, 1970. – 288 с.
7. Box, G.E.P., Wilson K.B. J. Roy. Stat. Soc., ser. B., 1951,13,1.
8. Caines, P.E. On the scientific method and the foundation of system identification. – In: Modelling, Identification and Robust Control (Byrnes C.I., Lindquist A., eds.). – North Holland, Amsterdam, 1986, pp. 563 - 580.
9. Harrington, E.C. Industr. Quality Control, 1965, 21, 10.
10. Ljung, L. A non - probabilistic framework for signal spectra. – In : Proc. 24th Conf. Decis. Control, Ft Lauderdale, Florida, December, 1985, pp. 1056 - 1060.
11. Ljung, L., Söderström T. Theory and Practice of Recursive Identification. – MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1983.
12. Rissanne, J. Stochastic complexity and statistical inference. – Unpublished manuscript, I.B.M. Research K54/282, San Jose, California, 1985.

References

1. Adler, Yu.P. Planirovanie e`ksperimenta pri poiske optimal`ny`x uslovij / Yu. P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovskij. – М. : Nauka, 1976. – 279 s.
2. L`yung, L. Identifikaciya sistem. Teoriya dlya pol`zovatelya / L. L`yung. - М. : Nauka, 1991. - 432 s.
3. Matematicheskaya teoriya planirovaniya e`ksperimenta / S.M. Ermakov [i dr.] – М. : Nauka, 1983. – 391 s.
4. Nalimov, V.V. Teoriya e`ksperimenta / V.V. Nalimov. – М. : Nauka, 1971. – 208 s.
5. Novik, F.S. Optimizaciya processov texnologii metallov metodami planirovaniya e`ksperimentov / F.S. Novik, Ya.B. Arsov. – М. : Mashinostroenie; Sofiya: Texnika, 1980. – 304 s.
6. Finni, D. Vvedenie v teoriyu planirovaniya e`ksperimentov / D. Finni. – М. : Nauka, 1970. – 288 s.
7. Box, G.E.P., Wilson K.B. J. Roy. Stat. Soc., ser. B., 1951,13,1.
8. Caines, P.E. On the scientific method and the foundation of system identification. In: Modelling, Identification and Robust Control (Byrnes C.I., Lindquist A., eds.). North Holland, Amsterdam, 1986, pp. 563 - 580.
9. Harrington, E.C. Industr. Quality Control, 1965, 21, 10.
10. Ljung, L. A non - probabilistic framework for signal spectra. In: Proc. 24th Conf. Decis. Control, Ft Lauderdale, Florida, December, 1985, pp. 1056 - 1060.
11. Ljung, L., Söderström T. Theory and Practice of Recursive Identification. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1983.
12. Rissanne, J. Stochastic complexity and statistical inference. Unpublished manuscript, I.B.M. Research K54/282, San Jose, California, 1985.

Сведения об авторах

Агафонов Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общинженерные дисциплины инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89149024358, e-mail: agafonov38@rambler.ru).

Беломестных Владимир Афанасьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Технический сервис и общинженерные дисциплины инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89086413239, e-mail: belomestnyhv@mail.ru).

Бодякина Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры математики инженерного факультета. 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 authors

Agafonov Sergey V. – candidate of technical sciences, ass. prof. of the department of technical services and engineering disciplines of faculty engineer. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel 89149024358, e-mail: agafonov38@rambler.ru).

Belomestnyh Vladimir A. – candidate of technical sciences, ass. prof. of the department of technical services and engineering disciplines of faculty engineer. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086413239, e-mail: belomestnyhv@mail.ru).

Bodyakina Tatyana V. – senior lecturer of the department of mathematics of faculty engineer. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru).

УДК 631.3.02-044.382

К ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИНЫ ЗАМЕНОЙ ОТКАЗАВШЕГО ЭЛЕМЕНТА

И.В. Белоусов, А.С. Тронц, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

По потребности в замене изношенных и вышедших из строя составных частей машины являются несовершенными изделиями. Необходимость замены элементов может возникнуть в результате отказа в период использования машин по назначению. В этом случае восстановление работоспособности проводится заменой отказавших элементов при ремонте или техническом обслуживании. Работы эти проводятся сразу при появлении отказа или предупредительно (превентивно) в зависимости от состояния элемента. С позиции оценки приспособленности машины к операциям замены и ремонта сборочных единиц операции имеют планово-предупредительный характер. Такие параметры ремонтпригодности как продолжительность, трудоёмкость и стоимость выполнения работ зависят от конструктивных факторов машин, технологических факторов системы ТОР, влияния факторов среды и человека. Приведены сведения о способах определения остаточного ресурса деталей машин. Освещены разные методы определения остаточного ресурса деталей машин по статистической информации об отказах и по расчётным моделям накопления повреждений. Динамика изнашивания деталей машин вследствие нестабильного процесса машиноиспользования зависит в большой степени от показателя уровня технической эксплуатации машин. При планировании замены элементов принятие обоснованного решения связано с необходимостью выявления резервов долговечности составных частей и определения издержек на ремонт в случае отказов. Целесообразность замены составной части обуславливается сопровождающим её убытком вследствие недоиспользования ресурса элемента из-за преждевременного изъятия и простоя машины. Поэтому целесообразность совместной замены необходимо определять с учётом затрат труда, средств и времени на её проведение.

Ключевые слова: Надёжность, восстановление, ремонтпригодность, ресурс, обслуживание, модель, стратегия.

TWO APPROACHES TO RESTORING THE FUNCTIONAL STATE OF THE MACHINE

I.V. Belousov, A.S. Tronts, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

According to the need to replace worn-out and out-of-order components, the tires are imperfect products. The need to replace the elements may arise as a result of failure during the period of use of the machines for their intended purpose. In this case, the restoration of operability is carried out by replacing the failed elements during repair or maintenance. These works are carried out immediately upon the occurrence of a failure or cautiously (preemptively), depending on the condition of the element. From the point of view of assessing the machine's fitness for replacement and repair operations of assembly units, operations have a planned preventive nature. Such maintainability parameters as duration, labor intensity and cost of work depend on the design factors of machines, technological factors of the TOR system, the influence of environmental and human factors. The information about the methods of determining the residual life of machine parts is given. Various methods of determining the residual life of machine parts based on statistical information about failures and calculated models of damage accumulation are highlighted. The dynamics of wear of machine parts due to the unstable process of machine use depends to a large extent on the indicator of the level of technical operation of machines. When planning the replacement of elements, an informed decision is made due to the need to identify reserves of durability of components and determine repair costs in case of failures. The expediency of replacing the component part is due to the accompanying loss due to underutilization of the resource of the element due to premature withdrawal and downtime of the machine due to disassembly and assembly work. Therefore, the expediency of joint replacement should be determined taking into account the labor costs, funds and time for its implementation.

Key words: Reliability, restoration, maintainability, resource, maintenance, model, strategy.

Владельцы сложных машин на современном этапе стараются не проводить ремонтно-сервисные работы по жёсткому регламенту, основанному на учёте наработки, считая данную стратегию обслуживания неэффективной и затратной [1]. Наиболее приемлемой стратегией восстановления работоспособного состояния машин считается ремонт на основе замены отказавшего элемента новым или заранее отремонтированным (восстановленным) [2]. Данная замена может быть произведена непосредственно после случившегося отказа с использованием специальных расчётных нормативов расхода запасных частей и материалов. В другом случае обслуживание и замена элемента проводится по результатам превентивного диагностирования. Оба подхода реализуются в рамках планово-предупредительной системы ТО и ремонта [3, 4].

При ремонте с использованием нормативов расхода запасных частей суммарная случайная продолжительность выполнения работ равна [5]:

$$t_n^{сум} = \sum_{i=1}^n t_i^{сум} \quad (1)$$

где n – число обслуживаемых элементов машины;

$t_{\Sigma,i}$ – суммарная продолжительность выполнения ремонтных работ по i -й си-

стеме.

Обслуживание «По состоянию» выполняются по результатам превентивного контроля с вероятностью P_i . Следовательно, суммарная продолжительность работы при N ремонтах равна:

$$t_c^{cym} = \sum_{j=1}^N t_j = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i^{cym} \quad (2)$$

В этой формуле N есть величина случайная и для определения вероятностей появления N событий можно воспользоваться распределением Пуассона. Математические ожидания случайных величин $t_{\Sigma,n}$ и $t_{\Sigma,N}$:

$$M[t_n^{cym}] = n \cdot \bar{t}_i^{cym} \quad (3)$$

$$M[t_c^{cym}] = M[N]n \cdot P_i \cdot \bar{t}_i^{cym} \quad (4)$$

Для первого и второго методов обслуживания машины в точках t_1 и t_2 их значения равны [5]

$$t_1 = M[t_n^{cym}] \text{ и } t_2 = M[t_c^{cym}]; \quad (5)$$

При нормативном обслуживании $F[t_n]$ с наибольшей достоверностью имеет нормальное распределение, где $F_1(t_1) = 0,5$ [6].

При втором методе случайная величина $t_{\Sigma N}$ распределена по показательному закону и, следовательно, $F_2(t_2) = 0,63$ [6].

Если $t_1 = t_2$, то и в этом случае $F_1(t_1) < F_2(t_2)$.

Таким образом, при обслуживании «По состоянию» гарантируется более высокое значение ремонтпригодности $F_{\Sigma}(t)$ машины.

Большинство эксплуатационных отказов машин, узлов и агрегатов связано с постепенным процессом старения, результат которого проявляется в виде интенсивного изнашивания поверхностей элементов и потерь потребительских качеств. Часто при этом ресурсы некоторых деталей далеки от их предельных значений и такие детали пригодны для повторного безремонтного использования.

Таблица – Значения ресурсов деталей трансмиссии тракторов МТЗ

№ п/п	Наименование детали	Поз. по черт.	$\frac{u_{изм}}{u_{np}}$	Значения ресурсов, м-ч		
				t	t_{np}	$t_{ост}$
1.	Шестерня 1-й передачи	1	0,47	5690	12100	6700
2.	Шестерня 2-й передачи	3	0,44	5270	10800	4980
3.	Вал вторичный	2	0,59	6100	10000	3200
4.	Шестерня конечной передачи	1	0,38	4650	10100	5220
5.	Шестерня коническая	1	0,40	4200	9900	5111
6.	Шестерня ведомая конечной передачи	2	0,52	5600	10110	4000

Из данных таблицы следует, что нормированный (в долях предельного) износ некоторых определяющих параметров деталей тракторов по величине менее 0,5. Это значит, что в единицах наработки данный параметр удалён от предельного значения на величину больше межремонтного ресурса и деталь пригодна для повторного использования. На практике такие детали нередко

уходят в разряд утиля. Мониторинг динамики состояния деталей и периодическая оценка фактического технического состояния машины на основе прогнозирования параметров технического состояния позволяет предотвратить необоснованную разборку агрегата, а в тех случаях, когда прогноз показывает отказ элемента на межремонтном интервале, произвести превентивную замену элемента [3]. В результате такого подхода определяется фактическая потребность в профилактической замене и ремонте того или иного агрегата, а также экономия материальных и трудовых ресурсов при его реализации. Решения принимаются по результатам оценки удалённости ресурса объекта от его выбраковочного предела. Таким критерием обычно служит остаточный ресурс – наработка машины от момента контроля её технического состояния до перехода в предельное состояние [7].

Определение остаточного ресурса можно осуществить в зависимости от начальных (исходных) условий разными методами

При известной наработке t_i от начала эксплуатации до момента диагностирования остаточный ресурс определяется по формуле

$$t_{ocm} = t_i \left(\alpha \sqrt{\frac{|u_n - u_H|}{|u_i - u_H|}} - 1 \right), \quad (6)$$

где u_n – предельное значение износа или другого определяющего параметра;
 u_H – номинальное значение износа;
 u_i – измеренное значение износа.

При неизвестной наработке t_i , определение остаточного ресурса осуществляют по результатам двух измерений по формуле

$$t_{ocm} = t_i \left(\frac{1}{\alpha \sqrt{\frac{|u_2 - u_H|}{|u_1 - u_H|}} - 1} + 1 \right) t_2 \alpha \sqrt{\frac{|u_n - u_H|}{|u_2 - u_H|}} - 1, \quad (7)$$

где u_1 – значение параметра при первом ТО (измерении);
 u_2 – значение параметра при втором ТО (измерении);
 t_2 – наработка между двумя измерениями.

Интерпретация первого варианта (6) со стохастической моделью скорости изнашивания в реальных условиях технической эксплуатации [4]

$$t_{ocm} = \alpha \sqrt{\frac{u_n}{a_0 + a_1 Y_3}} \left(1 - \frac{u_i}{u_n} \right), \quad (8)$$

где a_0, a_1 – коэффициенты, определяемые экспериментально;
 Y_3 – показатель уровня технической эксплуатации.

Знание величин и законов распределения остаточных ресурсов деталей позволяет принять обоснованное решение замены или повторного безремонтного их использования. Так если в период ТО выявилась необходимость замены детали в агрегате, определяются остаточные ресурсы смежных элементов. Например, распределение остаточных ресурсов двух деталей: отказавшей (t_{1ocm}) и работоспособной (t_{2ocm}) описываются ЗНР (закон нормаль-

ного распределения). Область перекрытия t^* этих распределений характеризует вероятность достижения работоспособной деталью предельного состояния [2].

$$P(t^* > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_{t^*} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{t^* - t^*}{2\sigma_{t^*}} \right] dt^* \quad (9)$$

Нормированием и центрированием t^* введением переменной

$$k = \frac{t^* - t^*}{\sigma_{t^*}}; \quad dk = \frac{dt^*}{\sigma_{t^*}} \quad (10)$$

получим формулу, представляющую собой табличную функцию Лапласа $\Phi(k)$

$$P(t^* > 0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{k}{2}} dk \quad (11)$$

Следовательно, вероятность замены элемента будет равна [6]:

$$Q(t^*) = 1 - P(t^*) = \Phi(k) \quad (12)$$

где k – аргумент функции Лапласа.

Тогда условие целесообразности замены детали при ремонте машины примет вид:

$$c [\Phi(k)] < d [1 - \Phi(k)] \quad (13)$$

Решая полученное неравенство относительно $\Phi(k)$ и издержек, связанных с заменой элемента при ремонте (c) и на межремонтном интервале (d), получим:

$$\Phi(k) = \frac{d}{c+d} \quad (14)$$

При $k > 0$ и $d > c$ – целесообразна совместная замена деталей при ремонте машины.

При $k < 0$, и $d < c$ – деталь может быть использована без ремонтных воздействий в предстоящем межремонтном периоде до выработки остаточного ресурса.

В случае, когда $k = 0$ и $c = d$ с одинаковой вероятностью может приниматься решение о совместной замене или дальнейшем использовании детали до выработки её остаточного ресурса.

Вывод. Конструктивная приспособленность машины к операциям технического и ремонтного обслуживания по фактическому техническому состоянию, которые сводятся к простой замене отказавшего элемента на новый или отремонтированный, значительно сокращает затраты времени и труда [8]. Выбор способа замены может определяться величиной остаточного ресурса заменяемых элементов и издержек, связанных с ремонтно-обслуживающими работами. При этом стратегия обслуживания по состоянию предпочтительнее обслуживания по случившемуся факту отказа или регламенту.

Список литературы

1. Бураев, М.К. Повышение уровня производственно - технической эксплуатации

Секция 2. Технический сервис и модернизация машин в АПК

машинно - тракторного парка : моногр. / М.К. Бураев // Иркутск : Изд - во ИрГСХА, 2008. – 187 с.

2. Бураев, М.К. Выбор стратегии замены деталей при ремонте машины (агрегата) / М.К. Бураев, С.Б. Раднагуруев, С.Ю. Луговнин, С.В. Агафонов // Механики XXI века. XII Всероссийская научно - техническая конференция с международным участием: сборник докладов. – Братск: Изд - во ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – С. 207 - 210.

3. Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: Учебник. – М. : Логос, 2001. – 208 с.

4. Луговнин С.Ю. Целесообразность попутной замены составных частей при агрегатно-узловом методе ремонта тракторов / С.Ю. Луговнин, М.К. Бураев // Вестник ИрГСХА. – 2014. – Вып. 60. – С. 111 - 115.

5. Волков П.Н. Ремонтпригодность машин. – М. : Машиностроение, 1975. – 368 с.

6. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / Н.Ш. Кремер. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 543 с.

7. ГОСТ 21571 - 76. Система технического обслуживания и ремонта техники. Методы определения допустимого отклонения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин.

8. 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. – С. 66 - 75.

References

1. Buraev, M.K. Povyshenie urovnya proizvodstvenno - tekhnicheskoy ehkspluatatsii mashinno - traktornogo parka : monogr. / M.K. Buraev // Irkutsk : Izd - vo IRGSKHA, 2008. – 187 s.

2. Buraev, M.K. Vybora strategii zameny detalej pri remonte mashiny (agregata) / M.K. Buraev, S.B. Radnaguruev, S.Yu. Lugovnin, S.V. Agafonov // Mekhaniki XXI veku. XII Vserossiyskaya nauchno - tekhnicheskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem: sbornik dokladov. – Bratsk : Izd - vo FGBOU VPO «BRGU», 2013. – S. 207 - 210.

3. Aleksandrovskaya, L.N. Sovremennyye metody obespecheniya bezotkaznosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem : Uchebnik. – M. : Logos, 2001. – 208 s.

4. Lugovnin S.Yu. Celesoobraznost' poputnoj zameny sostavnykh chastej pri agre-gatno-uzlovom metode remonta traktorov / S.Yu. Lugovnin, M.K. Buraev // Vestnik IRGSKHA. – 2014. – Vyp. 60. – S. 111 - 115.

5. Volkov P.N. Remontoprigodnost' mashin. – M. : Mashinostroenie, 1975. – 368 s.

6. Kremer, N.Sh. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika : uchebnik dlya vuzov / N.Sh. Kremer. – M. : YUNITI-DANA, 2001. – 543 s.

7. GOST 21571 - 76. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Metody opredeleniya dopuskaemogo otkloneniya parametra tekhnicheskogo sostoyaniya i prognozirovaniya ostatochnogo resursa sostavnykh chastej agregatov mashin.

8. Buraev, M.K. Tekhnicheskij servis mashin na osnove logistiki processa zameny uzlov i agregatov / M.K. Buraev, G.M. Buraeva, A.S. Tronc // Vestnik VSGUTU. – 2020. – № 4. – S. 66 - 75.

Сведения об авторах

Белоусов Игорь Витальевич – инженер, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89246216656, e-mail: asp@igsha.ru.

Тронц Алёна Сергеевна – аспирант кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины». ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89086489692, e-mail: alena.tronts@mail.ru.

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий ка-

федрой «Технический сервис и общеинженерные дисциплины» ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

Information about authors

Belousov Igor V. – engineer, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89246216656 e-mail: asp@igsha.ru).

Tronts Alena S. – post graduate student of engineering faculty, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89086489692, e-mail: alena.tronts@mail.ru).

Buraev Mihail K. – doctor of technical sciences, 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. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

УДК 631

ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ВИДА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ТОПЛИВА

¹П.А. Болоев, ¹Т.П. Гергенова, ¹А.Б. Захарова, ²Т.В. Бодякина, ²Е.В. Елтошкина

¹ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова
Улан-Удэ, Россия

²ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В условиях эксплуатации детали автотракторных двигателей изнашиваются. При использовании различных альтернативных видов топлива появляются в процессе сгорания различные разъедающие компоненты, вызывающие износ цилиндров и других деталей. Продукты реакций окисления образуют радикалы, молекулы, которые дают промежуточные продукты реакции и химически активные продукты окисления топлива. В процессе сгорания рабочей смеси в двигателе, получающиеся промежуточные соединения будут пропорциональны химической коррозии. Образование конечных продуктов сгорания будет зависеть и от времени работы двигателя на разных режимах при эксплуатации. Использование альтернативных видов топлива приводит к изменению процесса сгорания, существенно снижая нагрузки на детали двигателя и к снижению токсичных выбросов продуктов сгорания в автотракторных двигателях.

Ключевые слова: Двигатель, износ, водотопливные эмульсии, биодизельное топливо, метан.

WEAR OF PARTS OF AUTOMOTIVE ENGINES DEPENDING ON THE TYPE OF FUEL USED

¹P.A. Boloev, ¹T.P. Gergenova, ¹A.B. Zakharova, ²T.V. Bodyakina, ²E.V. Eltoshkina

¹FSBEI HE Buryat state university named after V.I. Dorji Banzarova
Ulan-Ude, Russia

²FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Under operating conditions, parts of automotive engines wear out. When using various alternative fuels, various corrosive components appear in the combustion process, causing wear of

cylinders and other parts. The products of oxidation reactions form radicals, molecules that give intermediate reaction products and chemically active fuel oxidation products. During the combustion of the working mixture in the engine, the resulting intermediates will be proportional to chemical corrosion. The formation of the final combustion products will also depend on the operating time of the engine in different operating modes. The use of alternative fuels leads to a change in the combustion process, significantly reducing the load on engine parts and reducing toxic emissions of combustion products in automotive engines.

Key words: Engine, wear, water-fuel emulsions, biodiesel, methane.

В условиях эксплуатации детали автотракторных двигателей изнашиваются, в основном, во время запусков и разогрева холодного двигателя в осенний, зимний и весенний периоды [1, 2].

При использовании различных альтернативных видов топлива, таких, как биодизельное (дизельное топливо и растительное масло), водотопливные эмульсии (ВТЭ), пропан-бутан, метан и т.д., появляются в процессе сгорания различные разъедающие компоненты, вызывающие износ цилиндров и других деталей. Сложность проблемы исследования износов заключается в том, что на него влияют температурное состояние двигателя, состав рабочей смеси, свойства различных топлив, регулировочные и конструктивные особенности двигателей.

Явление коррозии, с точки зрения теории процессов, заключается в следующем: первичные продукты реакций окисления образуют радикалы $СН$, $ОН$, молекулы $С$, $Н$, $О$, которые, реагируя с молекулой топлива, дают промежуточные продукты реакции, весьма нестойкие и химически активные продукты окисления топлива.

Возникающие в процессе сгорания продукты, легко разлагаются с выделением тепла, что представляет активный окислитель, вызывающий химическую коррозию стенок гильзы цилиндров и других деталей. Химическая коррозия будет пропорциональна количеству промежуточных соединений, получающихся в процессе сгорания рабочей смеси в двигателе [3, 4].

Обозначим через C относительную концентрацию промежуточных продуктов, а через x – конечных. Тогда, согласно закону действующих масс, будем иметь:

$$\frac{dx}{dt} = K_S \cdot C \cdot (1 - x)^e, \quad (1)$$

где e – величина вообще меньшая или равная 1, так как возможен случай, когда не все молекулы участвуют в реакции.

Сравнивая это уравнение с уравнением академика Н.О. Акулова, выделенным им для скорости химических реакций

$$\frac{dx}{dt} = K \cdot \left(x^e + \frac{dx^e}{dt} \cdot t \right) \cdot (1 - x)^e, \quad (2)$$

получим, что

$$C = \frac{K}{K_S} \cdot \left(x^e + \frac{dx^e}{dt} \cdot t \right). \quad (3)$$

Приняв далее во внимание, что

$$\left(x^e + \frac{dx^e}{dt} \cdot t \right) = \frac{d}{dt} \cdot (x^e \cdot t), \quad (4)$$

на основании уравнения сгорания гомогенных реакций

$$(1-x)^{-e} dx = k \cdot \frac{d}{dt} \cdot (x^e \cdot t) dt, \quad (5)$$

получим

$$\frac{d}{dt} \cdot (x^e \cdot t) \cdot \frac{1}{K \cdot (1-x)^e} \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (6)$$

для количества промежуточных соединений получим уравнение:

$$C = \frac{K}{K_S} \cdot \frac{d}{dt} \cdot (x^e \cdot t) = \frac{1}{K_S} \cdot \frac{1}{(1-x)^e} \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (7)$$

В зависимости от того, какой тип сгорания имеет место, величина показателя e будет различная: для гетерогенных $e = \frac{2}{3}$ гомогенных $e = 1$.

Таким образом, для нормального сгорания относительная концентрация промежуточных продуктов определится из уравнения

$$C = \frac{1}{K_S} \cdot \frac{1}{(1-x)^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (8)$$

Для случая рабочей смеси, расположенного возле стенки, температура может быть с достаточной степенью точности принята равной температуре сжатия в конце сгорания:

$$\frac{dx}{dt} = K \cdot \left(x^e + \frac{dx^e}{dt} \cdot t \right) \cdot (1-x)^e, \quad (9)$$

будет равна

$$K \cdot t = \frac{1-(1-x)^{t-e}}{x^e \cdot (1-x)}. \quad (10)$$

Дифференцируя уравнение (10), найдем скорость реакции

$$\frac{dx}{dt} = \frac{K \cdot (1-x) \cdot (1-x)^e \cdot x^{e+1}}{e \cdot (1-x) \cdot [1-(1-x)^{e-1} + x \cdot (1-x)]}. \quad (11)$$

или, подставив $e = \frac{2}{3}$,

$$\frac{dx}{dt} = \frac{K \cdot (1-x)^{\frac{5}{3}} \cdot x^{\frac{5}{3}}}{2 \cdot (1-x) \cdot [1-(1-x)]^{-\frac{1}{3}} + x}. \quad (12)$$

Таким образом, образование конечных продуктов сгорания будет зависеть и от времени работы на разных режимах двигателя при эксплуатации.

При использовании альтернативного вида топлива, состоящего из смеси водотопливной эмульсии (ВТЭ), растительного масла и дизельного топлива в процессе сгорания образуются более сложные промежуточные соединения. При приготовлении ВТЭ, вода капсулируется в сольватной оболочке, состоящей из смолистых соединений дизельного топлива [5], а растительные масла, состоящие из эфирных кислот, при работе ДВС могут вызвать коррозию деталей цилиндра-поршневой группы, топливного насоса высокого давления, засорение фильтров, снижение ресурса и так далее [6]. Вместе с тем, смесевое водобидизельное топливо, обладающее эффектом поверхностно-активных веществ, уменьшает износ ТНВД [5] и улучшает экологические показатели дизеля путём более полного сгорания, так как угол опережения впрыска увеличен по сравнению с работой дизеля на базовом топливе.

В исследованиях Т.В. Бодякиной и др. [7], предложена противозадирная присадка к летнему дизельному топливу на базе этанола, триглицерина и гидроксида водорода, повышающая ресурс плунжерных пар с 1230 до 2214 мото-часов.

Использование пропан-бутановой смеси вместо бензина и метана вместо дизельного топлива по данным многочисленных исследований также повышает ресурс деталей двигателей и существенно снижает токсичные выбросы автотракторных двигателей.

Выводы. Процесс изнашивания деталей автотракторных двигателей зависит не только от режимов работы в условиях эксплуатации.

Использование альтернативных видов топлива приводит к изменению процесса сгорания, существенно снижая нагрузки на детали двигателя.

Положительной стороной использования альтернативных видов топлива является снижение токсичных выбросов продуктов сгорания в автотракторных двигателях.

Список литературы

1. Попов, В.В. Эксплуатация тракторных дизелей в зимний период / В.В. Попов, П.А. Болоев // Иркутск, изд. ИрГСХА, 2013. – 116 с.
2. Болоев, П.А. Прогрев дизельного двигателя при эксплуатации в условиях низких температур окружающего воздуха / П.А. Болоев, В.В. Попов // Хабаровск, изд. ТОГУ, 2005. – С. 34 - 37.
3. Сороко - Новицкий, В.И. Динамика процесса сгорания и влияние его на мощность и экономичность двигателя / В.И. Сороко - Новицкий // М. , Машниз, 1996. – 176 с.
4. Петриченко, Р.М. Рабочие процессы поршневых машин / Р.М. Петриченко, В.В. Оносовский // Л. , «Машиностроение», 1972. – 168 с.
5. Горелик, Г.Б. Водотопливная эмульсия – альтернативное топливо XXI века. Монография. Хабаровск, изд. ТОГУ, 2019. – 202 с.
6. Плотников С.А. Расчётно - теоретическое исследования работы дизеля на альтернативных топливах / С.А. Плотников // Киров, изд. «Авангард», 2009. – 174 с.
7. Бодякина, Т.В. Теоретическое определение износа прецизионных деталей топливной аппаратуры высокого давления тракторных дизелей / Т.В. Бодякина, М.К. Бураев, П.А. Болоев // Новосибирск, междунар. науч. - техн. конф. СФНЦА РАН, 2019. – С. 195 - 201.

References

1. Popov, V.V. E`kspluatatsiya traktorny`x dizelej v zimnij period / V.V. Popov, P.A. Boloev // Irkutsk, izd. IrGSXA, 2013. – 116 s.
2. Boloev, P.A. Progreiv dizel`nogo dvigatelya pri e`kspluatatsii v usloviyax nizkix temperatur okruzhayushhego vozduxa / P.A. Boloev, V.V. Popov // Xabarovsk, izd. TOGU, 2005. – S. 34 - 37.
3. Soroko - Noviczkiy, V.I. Dinamika processa sgoraniya i vliyanie ego na moshhnost` i e`konomichnost` dvigatelya / V.I. Soroko - Noviczkiy // M. , Mashniz, 1996. – 176 s.
4. Petrichenko, R.M. Rabochie processy` porshnevy`x mashin / R.M. Petrichenko, V.V. Onosovskij // L. , «Mashinostroenie», 1972. – 168 s.
5. Gorelik, G.B. Vodotoplivnaya e`mul`siya – al`ternativnoe toplivo XXI veka. Monografiya. Xabarovsk, izd. TOGU, 2019. – 202 s.
6. Plotnikov, S.A. Raschetno- teoreticheskoe issledovaniya raboty` dizelya na al`ternativny`x toplivax / S.A. Plotnikov // Kirov, izd. «Avangard», 2009. – 174 s.
7. Bodyakina, T.V. Teoreticheskoe opredelenie iznosa precizionny`x detalej toplivnoj apparatury` vy`sokogo davleniya traktorny`x dizelej / T.V. Bodyakina, M.K. Buraev, P.A. Boloev // Novosibirsk, mezhdunar. nauch. - texn. konf. SFNCzA RAN, 2019. – S. 195 - 201.

Сведения об авторах

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: boloev/pioter.irgsh@yandex.ru).

Захарова Аюна Баировна – аспирант кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: zaharova@mail.ru).

Гергенова Татьяна Петровна – старший преподаватель кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: lemex74@mail.ru).

Бодякина Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры математики инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru).

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89041292430, e-mail: eev_baikal2005@mail.ru).

Information about authors

Boloev Pyotr A. – doctor of technical sciences, professor of the department of mechanical engineering. Dorzhi Banzarov Buryat state university (670000, Ulan-Ude, republic of Buryatia, Russia, tel. 89500801880, e-mail: boloev/pioter.irgsh@yandex.ru).

Gergenova Tatiana P. – senior lecturer of the department of mechanical engineering. Dorzhi Banzarov Buryat state university (670000, Ulan-Ude, republic of Buryatia, Russia, tel. 89500801880, e-mail: lemex74@mail.ru).

Zakharova Ayuna B. – postgraduate student of the department of mechanical engineering. Dorzhi Banzarov Buryat state university (670000, Ulan-Ude, republic of Buryatia, Russia, tel. 89500801880, e-mail: zaharova@mail.ru).

Bodyakina Tatyana V. – senior lecturer of the department of mathematics of faculty engineer. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru).

Eltoshkina Evgeniya V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of mathematics of the faculty of engineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel. 89041292430, e-mail: eev_baikal2005@mail.ru).

УДК 631.3.02.004.67:621.795.4

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НАПЫЛЕНИЕМ**

М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Холодное напыление (CS) – это относительно недавняя технология восстановления изношенных поверхностей деталей машин, которая относится к более широкой группе восстановительных процессов, включая термическое напыление, плазменное напыление и т.д. Существуют различные подходы ремонта деталей, реализующих напыляющие про-

цессы, среди них можно назвать холодное газодинамическое напыление, кинетическое напыление, высокоскоростная консолидация частиц (*HVPC*), высокоскоростное порошковое осаждение и сверхзвуковое осаждение частиц/порошков (*SPD*). Основной принцип процесса холодного газодинамического напыления (ХГДН) прост: высокоскоростная (от 300 до 1200 м/с) газовая струя, образованная с помощью сопла де Лавалья (кстати, такой же тип сопла устанавливается на космических аппаратах) или аналогичного сходящегося/расходящегося сопла, используется для ускорения частиц порошка (от 1 до 50 мкм) и осаждения их на подложку, расположенную примерно в 25 мм от выхода сопла, где они ударяются и образуют покрытие. Кинетическая энергия частиц и не высокая температура, способствует этим частицам пластически деформироваться при ударе и при этом свести к минимуму многие вредные недостатки традиционных методов термического распыления, такие как высокотемпературное окисление, термическая деформация точных деталей, испарение, плавление, кристаллизация, остаточные напряжения, выделение вредных газов. В этом процессе частицы порошка ускоряются сверхзвуковой газовой струей при температуре, которая всегда ниже температуры плавления распыляемого порошка, что приводит к образованию покрытия из частиц в твердом состоянии, дающего эффект микросваривания, и поэтому порошки не испытывают процесса плавления и затвердевания, как в традиционном процессе термического напыления. Процесс холодного газодинамического напыления используется для заполнения царапин, трещин и кратеров, а также для защиты от коррозии металлических деталей и других неприятностей, возникающих на сельскохозяйственной технике в период её использования по назначению.

Ключевые слова: Ремонт, восстановление, технология, газодинамическое напыление, экономия, работоспособность, детали машин, сельское хозяйство.

USAGE OF THE COLD SPRAY TECHNOLOGY FOR REPAIRING REFURBISHMENT OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

M.K. Buraev, A.V. Shisteev, G.M. Buraeva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Cold Spray (*CS*) is a relatively recent spray technology that belongs to the larger group of spray processes including thermal spray, plasma spray, etc., there are different approaches that can be named as: cold gas dynamic spraying, kinetic spraying, high velocity particle consolidation (*HVPC*), high velocity powder deposition and supersonic particle/powder deposition (*SPD*). But the generally known term for that is cold spray or *CS*. The basic principle of the cold spray process is very simple: A high velocity (300 to 1200 m/s) gas jet, formed using a de Laval nozzle (BTW, the same type of nozzle is installed on spacecrafts) or similar converging/diverging nozzle, is used to accelerate powder particles (1 to 50 μm) and deposit them onto a substrate, located approximately 25 mm from the exit of the nozzle where they impact and form a coating. The kinetic energy of the particles rather than high temperature helps these particles to plastically deform on impact and form splats, which bond together producing layers and thereby avoids or minimizes many deleterious shortcomings of traditional thermal spray methods such as high-temperature oxidation, thermic deformation of precise details, evaporation, melting, crystallization, residual stresses, harmful gas release. In this process, powder particles are accelerated by the supersonic gas jet at a temperature that is always lower than the melting point of the sprayed powder, resulting in coating formation from particles in the solid state giving the effect of micro-welding, and therefore no melting and solidification process is experienced by the powders like in traditional thermal spray process. Further this technique is used for filling scratches, cracks and craters as well as corrosion protection of metal parts and other troubles that occur on machinery in agriculture.

Key words: Repair, refurbishment, technology, cold spray, economic impact, performance, machine parts, agriculture.

Введение. Одним из ведущих направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства является его переоснащение современной техникой, внедрение передовых технологических процессов и достижений современной науки. Модернизация производства подразумевает не только приобретение и поэтапный переход к новому машинно-тракторному парку и средствам производства, но и освоение современных технологий ремонта и обслуживания этой техники для поддержания её в исправном состоянии. В данной работе частично рассматриваются требования к характеристикам материалов для восстановления изношенной поверхности детали напылением.

Цель исследования. Выявить преимущества и недостатки использования технологии холодного газодинамического напыления для восстановления и ремонта деталей сельскохозяйственных машин.

Задачи исследования. Провести анализ применяемых технологий восстановления прецизионных деталей сельскохозяйственных машин и оборудования. Обосновать выбор технологии, предложить пути усовершенствования данной технологии путём применения композита в качестве дисперсного материала и его рекуперации, а также доработки напылителя.

Объект исследования. Объектом исследования является процесс устранения повреждений и ремонта изношенных деталей сельскохозяйственной техники путём использования технологии холодного газодинамического напыления.

Методы исследования. При проведении исследований были использованы анализ априорной информации, метод металлографии, а также микрометрические измерения геометрических параметров штоков гидроцилиндров тракторов.

Результаты и обсуждение. При эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования неизбежно возникают проблемы механического и химического (коррозионного) износа деталей. Особенно актуально это для прецизионных деталей [2]. В сельском хозяйстве повсеместно используется техника с гидравлическим приводом навесного оборудования, от исправности которого зависит и работоспособность всей машины. Широкое внедрение машин с гидроприводом поставило перед механизаторами сельского хозяйства задачу обеспечения их эффективного использования и качественного технического обслуживания и ремонта. В качестве примера рассмотрим шток гидравлического цилиндра. Одной из основных причин выхода из строя гидроцилиндра является износ на так называемом зеркале штока, который может быть вызван наработкой (количеством возвратно-поступательных циклов), царапинами от попадания инородных абразивных частиц под манжету гидроцилиндра, раковин от коррозионного воздействия агрессивной среды [3].

В целом намечается два основных пути решения: 1) замена; 2) ремонт.

Бесспорно, замена является способом гарантированного восстановления работоспособности гидропривода, но здесь встречается ряд недостатков:

- не всегда все детали есть в наличии у регионального представителя фирмы-производителя сельхозтехники, т.е., сроки вынужденного простоя техники могут растянуться от нескольких недель до нескольких месяцев, особенно, если речь идёт о поставке импортных комплектующих из зарубежных стран, что недопустимо в условиях сельского хозяйства, когда большинство работ регламентированы агротехническими сроками возделывания сельхозкультур;

- маркетинговая политика многих производителей техники вынуждает приобретать не отдельно вышедшую из строя деталь, а узел в сборе, что экономически нецелесообразно для заказчика;

- цена новой детали, как правило, выше полной стоимости ремонта изношенной детали.

Принимая во внимание перечисленные недостатки, более предпочтительным путём восстановления работоспособности гидроцилиндра является его ремонт.

Анализ априорной информации по ремонтным мастерским хозяйств Иркутской области, показал, что традиционные технологии восстановления деталей включают в себя множество трудоёмких, дорогостоящих операций, требующих наличия специального оборудования, квалифицированного персонала. Продолжительность такого ремонта может составлять от нескольких дней до нескольких недель с учётом доставки изношенных деталей к месту проведения ремонта и обратно. Необходимость совершенствования технологий ремонта деталей является очевидной.

К основным способам восстановления поверхности штока для устранения царапин и каверн, без учёта изменения пространственной геометрии детали – прогиба, относятся:

Электролитическое металлопокрытие – осаждение металла с образованием покрытия на поверхности штока гидроцилиндра при пропускании тока между анодом, которым является металл, наносимый на изделие, и катодом, которым при данном процессе является сам шток. Обычно таким способом наносят хромовое покрытие, повышающее твёрдость поверхности до *HV* 800 - 1000, а также никелевое покрытие (никелирование), которое служит защитой от коррозии, твёрдость такого покрытия обычно находится в пределах *HV* 140 - 240 [4]. Указанный способ восстановления штоков гидроцилиндров применяется после глубокой проточки на токарном станке, что подразумевает высокую трудо- и материалоемкость и, как следствие, высокую стоимость ремонта, которая делает процесс восстановления нецелесообразным.

Наплавка – нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность изделия путём плавления присадочного материала теплотой кислородно-ацетиленового пламени, электрической дуги (сварка), плазменной дуги и т.д. При ремонте штоков гидроцилиндров этот способ применяется для первичной грубой заделки больших выбоин, глубоких царапин, сколов, трещин. После него обязательно требуется обточка и шли-

фовка, а также заделка микрополостей и мелких царапин, неизбежно остающихся на поверхности штока и нарушающих его герметичность. Другим существенным недостатком является локальный перегрев части штока, что может привести к деформации и/или негативно отразиться на ресурсе детали при дальнейшей эксплуатации [5].

Нанесение в специальных формах слоя расплавленного полимера на поверхность штока, которое можно назвать подвидом наплавки. В качестве наплавляемого материала используют акриловые пластмассы и эпоксидные смолы, а для улучшения антифрикционных свойств покрытий используют графит. Благодаря применению отливочных гильз и вставок, после нанесения полимера в щелевой зазор между штоком и гильзой изделие не нуждается в дальнейшей обработке, что позволяет значительно сократить время восстановления штока в сравнении с вышеперечисленными способами. Себестоимость восстановления деталей полимерами получается низкой. Однако невысокая твёрдость и износостойкость полимерных покрытий ограничивают повсеместное применение данной технологии, которая, несомненно, остаётся одной из самых перспективных, т.к. год от года качество полимеров возрастает, а с ним и качество восстанавливаемой поверхности гидроцилиндров. Другими существенными недостатками этой технологии являются невозможность локального ремонта повреждённого участка – необходимо заливать полимером весь шток, а для лучшей адгезии на поверхности изделия необходимо создавать шероховатость. Хотя полимеры обладают достаточно высокой адгезией к поверхности металлов, и малой усадкой, устойчивостью к коррозии и имеют высокие прочностные характеристики, но для работы в полевых условиях сельского хозяйства с высокой запыленностью воздуха эти характеристики оказываются недостаточными. Помимо стоимости оборудования и материалов, к недостаткам также следует отнести необходимость приобретения отливочных форм-гильз – под каждый типоразмер штока, что ставит под сомнение экономический эффект от восстановления гидроцилиндра [4, 5].

Вакуумное осаждение – нанесения слоя путём осаждения на подложку атомов или молекул металла при их возгонке в высоком вакууме. Для ремонта штоков гидроцилиндров применяется при незначительных по глубине повреждениях. Наиболее целесообразным является применение данной технологии ещё при производстве гидроцилиндров на заводе, в условиях ремонтных мастерских сельхозпредприятий это сложно осуществить.

Газотермическое напыление – образование на поверхности из нагретых до температуры плавления или близкой к ней частиц распыляемого металла (цветные металлы, полимеры, углеводородные композиты, реже сталь) с использованием теплоты сжигания горючей смеси (плазменное напыление) или теплоты дугового разряда в газовой среде. При этом для ускорения частиц используются горючие вещества. В результате этого плазменное напыление является менее экологически чистым и безопасным в эксплуатации, чем схожее с ним газодинамическое напыление. Основным недостатком газотермических методов нанесения покрытий является высокая температура

переносимых частиц, как правило, существенно превышающая температуру плавления наносимого материала. В этом случае в наносимом покрытии происходит необратимая деградация исходной наноструктуры напыляемого материала [6]. Кроме того, происходит локальный перегрев части штока.

Газодинамическое напыление – технология, основанная на эффекте закрепления твердых частиц при соударении с поверхностью и образовании покрытия при разгоне частиц до сверхзвуковых скоростей, составляющих 600 - 1200 м/с на выходе сопла [3]. При этом температурные режимы значительно снижены, благодаря чему сохраняется исходная наноструктура дисперсного материала.

При соударении о поверхность разогретые до высокой температуры частицы деформируются и проникают в поверхностный слой металла. К теплоте предварительно прогретого воздуха добавляется теплота, возникающая при переходе кинетической энергии частиц в тепловую от столкновения последних с подложкой, таким образом, создаётся локальный эффект наваривания слоя металла. Однако в отличие, например, от аргонно-дуговой сварки или наплавки металла практически не происходит критического нагрева детали, что является ключевым фактором, т.к. не происходит окисление и термическое воздействие на материал подложки, приводящие к деформациям металла. Это особенно важно при восстановлении поверхностей деталей из высоколегированных сталей, где от перегрева происходит выгорание легирующих компонентов.

Технология нанесения металлических покрытий включает в себя (рисунок 1) нагрев сжатого газа, обычно азота или воздуха, подачу его в сверхзвуковое сопло и формирование в этом сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в определенный участок этого потока порошкового материала, ускорение этого материала в сопле сверхзвуковым потоком воздуха и направление его на поверхность обрабатываемого изделия [2, 5].

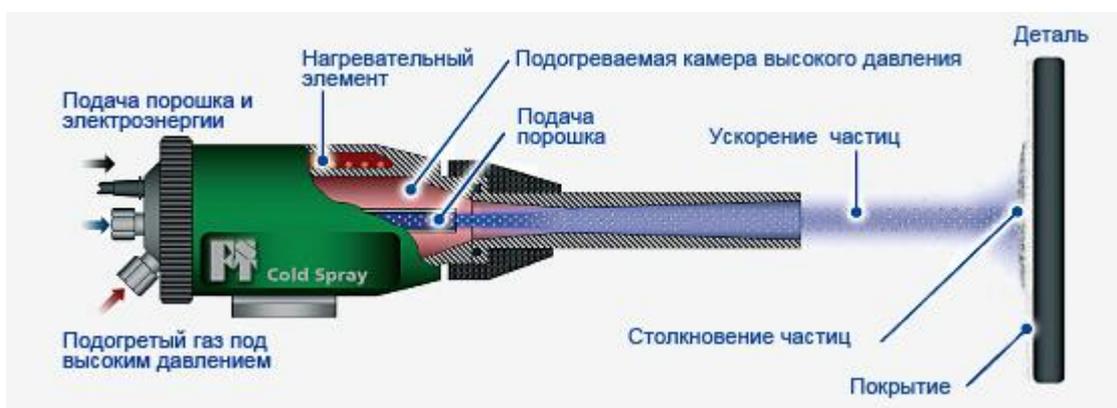


Рисунок 1 – Принцип газодинамического напыления

Другим очевидным преимуществом данной технологии является возможность ремонта детали в некоторых случаях без её демонтажа с узла или механизма, т.е. при этом существенно снижаются трудозатраты и время выполнения процедур по восстановлению [2]. Оборудование позволяет нано-

ситель покрытия на изделия сложной геометрической формы, в т.ч. шток гидроцилиндра.

Есть целый ряд моментов, требующих доработки и усовершенствования [6]. Так, если говорить о практической стороне использования технологии, то одним из производителей данного оборудования в России является «Обнинский центр порошкового напыления», запатентовавший в 2003 году и наладивший в дальнейшем выпуск аппаратов под торговой маркой «ДИ-МЕТ» [7].

Изучению и последующей доработке подлежит, например, форма эжектора напылителя. На серийно выпускаемом напылителе подача порошка к соплу осуществляется под прямым углом, что является не совсем рациональным, поскольку при такой подаче происходит завихрение частиц порошка на входе сопла, что приводит к снижению их скорости на выходе. Таким образом, усовершенствовав форму эжектора, можно повысить скорость частиц порошка на выходе и, как следствие, повысить удельные характеристики напылённого слоя.

Самым распространенным материалом для напыления в настоящее время является алюминиевая пудра [8]. Однако покрытие, полученное напылением алюминиевой пудры в чистом виде, имеет низкую микротвёрдость, в связи с этим применение становится практически не возможным, особенно для ремонта штока гидроцилиндра. Для получения покрытия с необходимой микротвёрдостью требуется применение композитного порошка. Композитный порошок – это однородная объёмная система, состоящая из различных по свойствам, взаимно нерастворимых компонентов, при которой используются уникальные свойства каждого из этих компонентов.

Исследования показывают, что создание напыляемых покрытий с высоким уровнем микротвёрдости (до $HV90$) возможно путём введения армирующей составляющей в состав напыляемого порошка. В пластичную матрицу, образуемую алюминиевой пудрой, добавляют твёрдую составляющую (корунд), чем обеспечивается высокая прочность покрытия [8, 9].

Ещё одним важным моментом в технологии ХГДН является улавливание и повторное применение порошка, не осаждённого на обрабатываемой поверхности изделия. Важность вопроса обусловлена тем, что себестоимость напыляемых порошков может быть очень высокой, а коэффициент осаждения частиц составляет в среднем 60 - 70 %, таким образом, одна третья часть дорогостоящего порошка расходуется впустую [4].

Выводы. 1. Внедрение современных технологий восстановления деталей сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК, в частности, холодного газодинамического напыления, позволит повысить оперативность ремонта агрегатов и узлов, и тем самым обеспечить восстановление работоспособности техники в наиболее короткие сроки.

2. Применение технологии газодинамического напыления на предприятиях отрасли сельского хозяйства будет наиболее эффективным как с технологической, так и с экономической точки зрения при подборе оптимального

состава дисперсного материала, внесении изменений в конструкцию эжектора напылителя и организации системы рекуперации дисперсного порошка.

Список литературы

1. Перспективы применения нанотехнологий как прорывного фактора повышения качества обслуживания и ремонта машин / В. Черноиванов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2011. № 2. С. 3 - 10.
2. Ерохин, М.Н. Диффузионные покрытия в ремонтном производстве. - М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. - 124 с.
3. Балданов, К.П. К расчёту параметров холодного газодинамического напыления деталей машин с использованием установки ДИМЕТ - 405 / К.П. Балданов, М.К. Бураев, П.В. Рязанов // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 1 (72). – С. 69 - 73.
4. Басов, А.А. О возможности использования технологии «холодного» газодинамического напыления теплопроводного порошкового материала для обеспечения теплового контакта между элементами конструкции / А.А. Басов, М.А. Клочкова, И.Д. Махин // Космическая техника и технологии, 2014, № 3 (6). С. 64 - 70.
5. Ключев, О.Ф. Технология газодинамического нанесения покрытий. Ч. 2. Применение покрытий / О.Ф. Ключев, А.И. Каширин, А.В. Шкодкин, Т.В. Буздыгар // Сварщик, 2003, № 5. С. 24 - 27.
6. Орыщенко, А.С. Производство изделий из современных композиционных материалов, модифицированных наноразмерными компонентами / А.С. Орыщенко, Ю.В. Загашвили, В.И. Кулик // Инновации. 2007. № 12. С. 94 – 98.
7. Руководство по эксплуатации «ДИМЕТ Модель 405» Д405 РЭ. Обнинский центр порошкового напыления. - 32 с.
8. Любин, Д. Справочник по композиционным материалам. М. : Машиностроение, 1988. 581 с.
9. Орыщенко, А.С. Исследование триботехнических и физико-механических характеристик антифрикционных материалов на основе бронзофторопласта, модифицированных фуллероидными наночастицами / А.С. Орыщенко, В.В. Рубин, В.Н. Слепнев, В.И. Шекалов, А.А. Черниговский // Вопросы материаловедения. 2003. № 3. С. 65 - 70.

References

1. Perspektivy primeneniya nanotekhnologii kak proryvnogo faktora povysheniya kachestva obsluzhivaniya i remonta mashin / V. Chernoiivanov // Selskohozyaistvennaya tehnika : obsluzhivanie i remont. 2011. Vol. 2. Pp. 3 - 10.
2. Erohin, M.N., Kazantsev S.P. Diffuzionnye pokrytiya v remontnom proizvodstve. – Moscow : FGOU VPO MGAI, 2006. - 124 p.
- 4 Basov, A.A. O vozmozhnosti ispolzovaniya tehnologii holodnogo gazodinamicheskogo napyleniya teploprovodnogo poroshkovogo materiala dlya obespecheniya teplovogo kontakta mezhdru elementami konstrukcii / A.A. Basov, M.A. Klochkova, I.D. Mahin // Kosmicheskaya tehnika i tehnologii, 2014, № 3 (6). Pp. 64 - 70.
5. Klyuyev, O.F. Tehnologiya gazodinamicheskogo naneseniya pokrytiy. Chast 2. Prime-nenie pokrytiy / O.F. Klyuyev, A.I. Kashirin, A.V. Shkodkin, T.V. Buzdygar // Svartschik, 2003, Vol. 5. Pp. 24 - 27.
6. Oryshchenko A.S. Proizvodstvo izdeliy iz sovremennykh compozitsionnykh materialov, modifitsirovannykh nanorazmernymi componentami / A.S. Oryshchenko, Yu.V. Zagashvili, V.I. Kulik // Innovatsii. 2007. № 12. Pp. 94 - 98.
7. Rukovodstvo po ekspluatacii «DIMET Model 405» D405RE. Obninskii centr poroshkovogo napyleniya. - 32 p.
8. Lyubin, D. Spravochnik po compositsionnym materialam. M. : Machinostroenie, 1988. 581 p.

9. Oryshenko, A.S. Issledovanie tribotekhnicheskikh i physicomatematicheskikh characteristic antifriksionnykh materialov na osnove bronzoforoplasta, modifitsirovannykh fullero-idnymi nanochastitsami / A.S. Oryshenko, V.V. Rybin, V.N. Slepnev, V.I. Shekalov, A.A. Chernigov // Voprosy materialovedenia. 2003. № 3. Pp. 65 - 70.

Сведения об авторах

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

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и общепромышленные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, 8(3952)237431, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Бураева Галина Михайловна – аспирант Инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Information about the authors

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

Shisteev Alexey V. – candidate of technical sciences, ass. prof. 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. 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Buraeva Galina M. – post graduate student 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. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

УДК 631.3-77

К ОРГАНИЗАЦИИ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТА МАШИН

Г.М. Бураева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Изложены результаты исследования процессов ремонта ТТМ заменой составной части машины. Выполнение такого вида ремонтно-обслуживающих воздействий при техническом сервисе связано с созданием и содержанием обменного фонда (ОФ) агрегатов. Обменный фонд предназначается только для обмена сдаваемых агрегатов, подлежащих капитальному ремонту, на отремонтированные или новые агрегаты тех же марок. ОФ создаётся за счёт приобретения новых и капитально отремонтированных агрегатов. Увеличение фонда может осуществляться также путём сборки агрегатов из новых частей и уже бывших в употреблении, переборки агрегатов, снятых со списанных машин, получения

ранее использованных агрегатов и другими способами. При выполнении расчётов объёма ОФ учитывалось, что его увеличение снижает время ожидания агрегатом замены и уменьшает тем самым потери от простоя машин. Кроме того увеличивает затраты на создание фонда (капитальные вложения в обменный фонд), затраты (капитальные вложения) на строительство складов или технических обменных пунктов для его хранения, затраты на его транспортирование и (в ряде случаев) хранение, а также потери, связанные с недоиспользованием ресурса отдельных деталей сменяемых агрегатов.

Ключевые слова: Технический сервис, логистика, обменный фонд, ремонт, агрегат, теория массового обслуживания.

TO THE ORGANIZATION OF UNITS REPAIR OF MACHINES

G.M. Buraeva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The results of the study of TTM repair processes by replacing the component part of the machine are presented. The implementation of this type of repair and maintenance actions during technical service is associated with the creation and maintenance of the exchange fund (EF) of the units. The exchange fund is intended only for the exchange of delivered units subject to overhaul for repaired or new units of the same brands. The OF is created by acquiring new and overhauled units. An increase in the fund can also be carried out by assembling units from new parts and those already in use, reassembling units removed from decommissioned machines, obtaining previously used units, and in other ways. When performing calculations of the volume of OF, it was taken into account that its increase reduces the waiting time for the replacement unit and thereby reduces losses from machine downtime. In addition, it increases the costs of creating a fund (capital investments in the exchange fund), the costs (capital investments) for the construction of warehouses or technical exchange offices for its storage, the costs of its transportation and (in some cases) storage, as well as losses associated with underutilization resource of individual parts of replaceable units.

Key words: Technical service, logistics, exchange fund, repair, unit, queuing theory.

Для своевременной замены неисправных узлов и агрегатов при текущем ремонте тракторов, комбайнов и других машин создают обменный фонд агрегатов, который сосредотачивается на ремонтных предприятиях, технических обменных пунктах, а также в мастерских хозяйств. Расчёт количества агрегатов, находящихся в обменных фондах, основывается на положениях теории массового обслуживания (ТМО) [1, 4].

Теория массового обслуживания изучает процессы, в которых возникают требования на выполнение каких-либо видов услуг, и происходит обслуживание этих требований. Объектами (ТМО) могут быть производственные процессы, процессы снабжения, транспорт, торговля, военные операции. Основными понятиями теории массового обслуживания являются поток требований на обслуживание, система обслуживания и время обслуживания [4].

Поток требований на обслуживание достаточно точно характеризуется законом распределения Пуассона [3]:

$$P_R(t) = \frac{(\Lambda t)^R}{R!} e^{-\Lambda t} \quad (1)$$

где $P_R(t)$ – вероятность поступления R требований за время t ;

Λ – плотность потока требований (среднее число требований, поступающих в единицу времени);

t – время;

R – число требований за время t .

При выполнении расчётов может быть использован следующий критерий оптимизации

$$P_1 = C_{II} + EC_{оф} + EC_{ск} + C_{соф} + C_{тр} + C_{нр} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где P_1 – приведённые затраты, связанные с агрегатным ремонтом сельскохозяйственной техники при разном числе агрегатов в обменном фонде, руб.;

C_n – стоимость потерь от простоя машин в ожидании замены неисправных агрегатов, руб.;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$C_{оф}$ – капитальные вложения в обменный фонд, т.е. затраты на его образование, руб.;

$C_{ск}$ – затраты на строительство складов обменного фонда, руб.;

$C_{соф}$ – затраты на содержание, переработку и хранение обменного фонда, руб.;

$C_{тр}$ – затраты на транспортирование обменного фонда, руб.;

$C_{нр}$ – потери от недоиспользования ресурса некоторых деталей сменяемых агрегатов, руб.

Ниже приведены расчётные формулы для определения значений слагаемых сформированного критерия оптимизации. Стоимость потерь от простоя машин в ожидании замены агрегатов

$$C_{II} = n_{ij} t_{ож} C_{чп}, \quad (3)$$

где C_n – годовое число замен агрегатов;

$t_{ож}$ – среднее время ожидания замены неисправного агрегата на исправный из обменного фонда, ч;

где C_n – годовое число замен агрегатов;

$C_{чп}$ – стоимость потерь, связанных с простоем машины за 1 ч, руб.

Как показано в работах по теории массового обслуживания [3, 4], для массового обслуживания с ожиданием

$$t_{ож} = \frac{P_{отк} t_{обсл}}{n - \alpha} \quad \text{при} \quad \frac{\alpha}{n} < 1, \quad (4)$$

где $P_{отк}$ – вероятность отказа в замене агрегата;

$n = N_{оа}$ – число агрегатов в обменном фонде;

$\alpha = \frac{\lambda}{\nu}$ – приведённая плотность требований на замену агрегатов.

$$P_{отк} = \frac{\alpha^n P_0}{(n-1)! (n-\alpha)} \quad \text{при} \quad \frac{\alpha}{n} < 1, \quad (5)$$

где P_0 – вероятность того, что все каналы обслуживания свободны (т.е. вероятность наличия обменного фонда всех обменных агрегатов)

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)}} \text{ при } \frac{\alpha}{n} < 1, \quad (6)$$

где k – варианты наличия исправных агрегатов в обменном фонде, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Затраты на образование обменного фонда агрегатов

$$C_{оф} = N_{оа} C_{оа} K_{об} \quad (7)$$

где $C_{оа}$ – стоимость обменного агрегата, руб.;

$K_{об} = \frac{n_{ij}}{N_{оа}}$ – коэффициент оборачиваемости обменного фонда (в качестве n_{ij} в

данном случае следует принимать не планируемое число замен агрегатов, а фактическое).

Затраты на строительство склада обменного фонда

$$C_{ск} = f_{yd} C_{yd} (N_{оа} + N_{ож}), \quad (8)$$

где f_{yd} – средняя площадь склада для хранения одного агрегата, м²;

C_{yd} – удельная стоимость строительства склада, руб. на 1 м²;

$N_{ож}$ – среднее число неисправных агрегатов, хранимых на техническом обменном пункте в ожидании замены.

$$N_{ож} = \frac{\alpha P_{омк}}{n \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)^2} \quad (9)$$

Затраты на содержание, переработку и хранение обменного фонда

$$C_{соф} = N_{оа} C_{оа} K_{об} K_{эс}, \quad (10)$$

где $K_{эс}$ – коэффициент, учитывающий эксплуатационные расходы на содержание, переработку и хранение обменного фонда.

Затраты на транспортирование обменного фонда могут определяться либо с учётом времени использования транспортного средства, либо с учётом расстояния транспортирования.

В первом случае расчёт ведётся по формуле

$$C_{тр} = 2 \frac{N_{оа} K_{об} t_T}{n_T} C_{чтр} \quad (10)$$

где t_T – время использования транспортного средства при перевозке агрегата в одном направлении;

$C_{чтр}$ – стоимость одного часа использования транспортного средства, руб.;

n_T – количество одновременно транспортируемых агрегатов.

Во втором случае

$$C_{тр} = 2a \frac{N_{оа} K_{об} t_T}{n_T} LQ \quad (11)$$

где a – тарифная плата за перевозку 1 т груза на расстояние 1 км;

L – расстояние транспортирования в одном направлении, км;

Q – масса перевозимого агрегата, т.

Потерями от недоиспользования ресурса некоторых деталей сменяемых агрегатов во многих случаях можно пренебречь в связи с их относительно

небольшой величиной, что определяется использованием многих из этих деталей при последующем ремонте агрегатов.

При определении необходимого числа технических обменных пунктов в зоне обслуживания, их ёмкости (мощности), а также при их размещении должны минимизироваться совокупные народнохозяйственные затраты, включающие стоимость потерь от простоя машин в ожидании замены неисправных агрегатов, затраты на строительство, затраты на содержание, переработку и хранение обменного фонда и затраты на транспортирование.

Таким образом, критерий оптимизации записывается следующим образом:

$$П_2 = C_n + EC_{ск} + C_{соф} + C_{тр} \rightarrow \min \quad (12)$$

где $П_2$ – годовые приведённые затраты, связанные с агрегатным ремонтом сельскохозяйственной техники при разном числе технических обменных пунктов в зоне обслуживания.

Важными показателями функционирования технических обменных пунктов являются время оборота агрегата, т.е. время обслуживания $t_{обсл}$, коэффициент оборачиваемости обменного фонда $K_{об}$, вероятность отказа в замене агрегата $P_{отк}$, очередь на замену агрегата $N_{от}$, стоимость обменного фонда $C_{оф}$, затраты на содержание, переработку и хранение обменного фонда, коэффициент одновременности обмена K_o , общий грузооборот технического обменного пункта $Q^{ТОП}$ и др. Коэффициент одновременности обмена оценивает обмен агрегатов в день сдачи их на технический обменный пункт [6]

$$K_o = \frac{O}{N_{оа}} \quad (13)$$

где O – количество агрегатов, выданных в день сдачи. Общий грузооборот технического обменного пункта представляет сумму объёмов поступления и выдачи грузов в расчётный период

$$Q^{ТОП} = 2 \sum_{j=1}^m q_j \quad (14)$$

где q_j – объём реализации агрегатов (узлов) j -го наименования за расчётный период (например, год), т;

m – количество наименований агрегатов (узлов).

Объём работ технического обменного пункта планируют в соответствии с числом замен агрегатов и узлов в расчётном периоде по зоне обслуживания.

Технический обменный пункт должен быть оснащён необходимыми подъёмно-транспортными средствами, оборудованием для приёмки и контрольного осмотра агрегатов (узлов), складским оборудованием (стеллажами, подставками и т.п.) для хранения обменного фонда и агрегатов (узлов), ожидающих обмена и отправки в ремонт, а также средствами связи с эксплуатирующими организациями и ремонтными предприятиями [2].

При выборе технологической планировки и оснащения технических обменных пунктов следует обеспечивать сохранность грузов, безопасность ра-

Секция 2. Технический сервис и модернизация машин в АПК

бот, механизацию тяжелых работ, а также (с учётом объёма грузооборота) исключение встречных и пересекающихся грузопотоков, сокращение перевалочных операций, возможность приёма и размещения неисправных агрегатов с одновременной выдачей исправных. На технических обменных пунктах наряду с планированием замен агрегатов должен быть организован точный и своевременный учёт их наличия и движения [5, 6].

На предприятии ЮНИК АГРО (г. Иркутск), занимающегося продажей и техническим сервисом сельскохозяйственной техники, складские операции по подбору и поставке элементов обменного фонда являются частью общего производственного технологического процесса и синхронизированы с планом выпуска готовой продукции. Это достигается за счёт своевременной поставки в цеха необходимого количества комплектующих и материалов нужного ассортимента.

Отказавший агрегат сдаётся на ТОП владельцем техники взамен на новый или отремонтированный с оформлением соответствующих документов (акта приёмки-сдачи, карточки складского учёта и т.д). Если требуемый агрегат на ТОП отсутствует и его мгновенная замена невозможна, то выполняется запрос в отдел снабжения фирмы и открывается внутрипроизводственный заказ-наряд на приобретение необходимого агрегата. Поступивший на склад ремонтный фонд отправляется в ремонтную зону для восстановления работоспособности. В отдельных случаях узлы и агрегаты доставляются транспортом обменного пункта на ремонтный завод.

Таблица 1 – Годовой грузооборот агрегатов тракторов на складе ТОП (ЮНИК АГРО) (фрагмент)

Марка трактора	Наименование агрегата	Кол-во замен агрегатов в течение года, шт	Вес агрегата, т	Годовой грузооборот, т
1	2	3	4	5
1	2	9	10	
MT3-80	Двигатель	5	0,51	2,55
	КПП	13	0,19	2,47
	Форсунки (комплект)	40	0,005	0,005
	ТНВД	5	0,008	0,03
MT3-82	Двигатель	6	0,69	4,14
	КПП	4	0,25	1,0
	Форсунки (комплект)	9	0,005	0,045
	ТНВД	4	0,01	0,04
	Мост передний	23	0,11	2,53
MT3-1221	Двигатель	3	0,87	2,61
	КПП	3	0,30	0,9
	Форсунки (комплект)	8	0,008	0,064
	ТНВД	3	0,01	0,03
MT3-1523	Двигатель	2	0,94	1,88
	КПП	4	0,60	2,4
	Форсунки (комплект)	7	0,005	0,35

1	2	3	4	5
	ТНВД	5	0,01	0,05
	Мост ведущий	2	0,55	1,1
Т-150К	Двигатель	5	1,24	6,2
	КПП	5	1,1	5,5
	Форсунки (комплект)	13	0,07	0,91
	ТНВД	8	0,03	0,24
	Мост ведущий	3	0,65	1,95
				36,99

Вывод. Разработаны и обоснованы основные принципы формирования обменного фонда узлов и агрегатов при организации агрегатного ремонта машин. Развитие системы ремонтно-технического сервиса на уровне агрегатов как производственно-логистической позволит оценить простои её элементов и задержки в пропуске ресурсных потоков из-за отсутствия согласованности в работе производственных участков.

Список литературы

1. Бураева Г.М., Беломестных В.А. Расчёт обменного фонда агрегатов при техническом сервисе машин [Электронный ресурс] : электрон. учеб. - метод. пособие / – Электрон. текстовые и граф. данные (0,39 Мб). – Иркутск : Изд - во ИрГАУ, 2022.
2. Варнаков, В.В. Организация и технология технического сервиса машин: учебное пособие для ВУЗов / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков / М. : Колос, 2007. – 277 с.
3. Солоницын, Е.В. Сокращение продолжительности технологических процессов в растениеводстве на основе агрегатного метода восстановления работоспособности тракторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Солоницын Евгений Владимирович // Челябинск : Изд - во ЧИМЭСХ, 2003. – 19 с.
4. Тахтамышев Х.М. Вероятностные модели формирования обменного фонда узлов и агрегатов автомобилей на автотранспортных предприятиях // Интернет - журнал «Наукоеведение». - 2014. - Вып. 6 (25). - URL: <http://naukovedenie.ru>.
5. Шистеев А.В., Бураев М.К. Логистическая оценка использования фонда сменно-обменных элементов при техническом сервисе импортной сельскохозяйственной техники // Климат, экология, с. - х. Евразии: материалы III Междунар. науч. - практ. конф., посвященной 80 - летию образования ИрГСХА. – 2014. – С. 133 - 137.
6. Юдин М.И., Кузнецов М.Н., Кузовлев А.Т. и др. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий. – Краснодар: Совет. Кубань, 2007. – 968 с.

References

1. Buraeva G.M., Belomestnykh V.A. Calculation of the exchange fund of aggregates for the technical service of machines [Electronic resource]: electron. textbook - method. allowance / – Elektron. text and graphics. data (0.39 Mb). – Irkutsk : Publishing house of IRGAU, 2022.
2. Varnakov, V.V. Organization and technology of technical service of machines: a textbook for universities / V.V. Varnakov, V.V. Streltsov, V.N. Popov, V.F. Karpenkov / M. : Kolos, 2007. - 277 p.
3. Solonitsyn, E.V. Reducing the duration of technological processes in crop production on the basis of the aggregate method of restoring the working capacity of tractors: Ph.D. dis. ... cand. tech. Sciences: 05.20.03 / Solonitsyn Evgeny Vladimirovich // Chelyabinsk: Publishing House of CHIMESH, 2003. - 19 p.

4. Takhtamyshv Kh.M. Probabilistic models for the formation of the exchange fund of units and assemblies of vehicles at motor transport enterprises // Internet - journal "Naukovedenie". - 2014. - Issue. 6 (25). - URL: <http://naukovedenie.ru>.

5. Shisteev A.V., Buraev M.K. Logistic assessment of the use of the fund of replaceable-exchange elements in the technical service of imported agricultural machinery // Climate, ecology, p. - X. Eurasia: Materials of the III Intern. scientific - pract. conf., dedicated to the 80 th anniversary of the IrGSHA. - 2014. - S. 133 - 137.

6. Yudin M.I., Kuznetsov M.N., Kuzovlev A.T. etc. Technical service of machines and the basis of designing enterprises. – Krasnodar : Council. Kuban, 2007. - 968 p.

Сведения об авторе

Бураева Галина Михайловна – аспирант кафедры «Технический сервис и инженерные дисциплины» ФГБОУ ВО «Иркутский ГАУ имени А.А. Ежовского», (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, 1/1), т. 83952237431.

Information about author

Buraeva Galina M. – post graduate student of the department of technical service and general engineering disciplines, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, 1/1), tel. 83952237431.

УДК 631.256-192

К ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Г.М. Бураева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Приведено математическое описание функционирования предприятия технического сервиса при минимальном и полном восстановлении режима работы с использованием теории надёжности. Из-за внезапных или постепенных изменений работоспособности предприятия в результате аварийного отказа оборудования, прерывания или запаздывания поставок ремонтных ресурсов и т.п. снижается его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях. Любое отклонение от запланированного оптимального состояния деятельности предприятия должно сочетаться с принятием мер по выявлению и устранению причин и быстрейшему восстановлению режима работы.

Цель работы является исследовать модель восстановления работы предприятия при устранении аварийных ситуаций и обеспечении его работоспособности до планового обновления, сохраняя эффективность функционирования на установленном уровне. Используются положения теории надёжности технических систем при восстановлении работоспособности системы со стационарным потоком требований на обслуживание и известным априори законом распределения до и после профилактического обновления. В качестве критерия оптимальности приняты средние затраты на восстановление в единицу времени. Результаты и обсуждение. Уровень надёжности и работоспособности предприятия технического сервиса определяется оптимальным ресурсообеспечением в сфере их использования, в том числе за счёт сокращения стоимости полного и минимального восстановления режима работы. Отслеживание и контроль процессов происходящих на траекториях деятельности ремонтного предприятия позитивно влияет на развитие технического сервиса машин. Установлено, что при минимальном восстановлении издержки мо-

гут большими из-за недостаточной логистической поддержки процесса устранения аварийных (внезапных) отказов.

Ключевые слова: Технический сервис, обновление, надёжность, отказ, интенсивность, восстановление, деятельность, развитие, работоспособность.

TO ASSESS THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF TECHNICAL SERVICE ENTERPRISES

G.M. Buraeva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The mathematical description of the functioning of the technical service enterprise with minimal and complete restoration of the operating mode using the theory of reliability is given. Due to sudden or gradual changes in the efficiency of the enterprise as a result of an emergency equipment failure, interruption or delay in the supply of repair resources, etc., its ability to perform the required functions in the specified modes and conditions decreases. Any deviation from the planned optimal state of the enterprise's activity should be combined with the adoption of measures to identify and eliminate the causes and restore the operating mode as quickly as possible. The purpose of the work: to investigate the model of restoring the operation of the enterprise when eliminating emergency situations and ensuring its operability before the planned update, while maintaining the efficiency of functioning at the established level. Materials and methods: the provisions of the theory of reliability of technical systems were used to restore the operability of a system with a stationary flow of maintenance requirements and a priori known distribution law before and after preventive updating. The average cost of restoration per unit of time is taken as an optimality criterion. Results and discussion. The level of reliability and operability of the technical service enterprise is determined by the optimal resource supply in the field of their use, including by reducing the cost of full and minimal restoration of the operating mode. Tracking and control of processes occurring on the trajectories of the repair company's activities has a positive effect on the development of technical service of machines. It has been established that with minimal recovery, costs can be high due to insufficient logistical support for the process of eliminating emergency (sudden) failures.

Key words: Technical service, upgrade, reliability, failure, intensity, recovery, activity, development, efficiency.

Требования к характеристикам отдельных элементов деятельности предприятия технического сервиса по критерию надёжности вырабатываются на основе общих требований, предъявляемых к рабочим характеристикам предприятия в целом [1]. Производственный процесс обеспечения работоспособного состояния ТТМ на предприятии технического сервиса представляет собой последовательный переход объекта в результате определённых технологических процессов от начального состояния в точке t_0 в новые состояния в точках t_1, t_2, \dots, T [2, 3].

Если в момент t_i произошло отклонение от запланированного состояния, то у предприятия возникает задача восстановления оптимального режима работы за возможно короткое время. В точках t_1, t_2, \dots, t_i происходит обновление технологических процессов ремонта объектов. На практике такие обновления предпринимаются только в определённые моменты времени. Если произойдёт отказ режима работы на интервале между двумя последователь-

ными обновлениями, то производится минимальное (аварийное) восстановление. Оптимальное время восстановления обеспечивается наличием резервных ресурсов и других элементов в логистической поддержке ремонтно-обслуживающих процессов на предприятии технического сервиса [4, 5].

Цель работы: исследовать модель восстановления работы предприятия при устранении аварийных ситуаций и обеспечении его работоспособности до планового обновления, сохраняя эффективность функционирования на установленном уровне.

Материалы и методы: использованы положения теории надежности технических систем при восстановлении работоспособности системы со стационарным потоком требований на обслуживание и известным априори законом распределения до и после профилактического обновления. В качестве критерия оптимальности приняты средние затраты на восстановление в единицу времени [1, 6].

Результаты и обсуждение. Пусть в точках $t_1, t_2, \dots, t_i = T$ происходит обновление оптимального режима работы предприятия. В интервалах между обновлениями происходит минимальное восстановление режима работы предприятия, нарушившегося, например, в результате аварийного отказа оборудования, прерывания или запаздывания поставок ремонтных ресурсов и т.п. При этом общий характер интенсивности отказов $\lambda(t)$ соответствующий определённому закону распределения, остаётся неизменным [6, 7].



Рисунок 1 – Схема траектории деятельности предприятия технического сервиса

На каждом цикле полного обновления t_i накопленная интенсивность отказов $\Lambda(t_i)$ т.е. число минимальных восстановлений, будет равна:

$$\Lambda(t_i) = \int_0^{t_i} \lambda(t) dt. \quad (1)$$

Обозначим через C_1 и C_2 соответственно стоимость минимального и полного восстановлений, причём C_2 не обязательно меньше, чем C_1 . Тогда удельные затраты будут равны:

$$C_{y\partial} = \frac{C_1 \cdot \Lambda(t_i) + C_2}{t_i} \quad (2)$$

Оптимальный интервал полного восстановления t_i^{onm} является решением

уравнения:

$$t_i^{onm} \cdot \lambda(t^{onm}) - \Lambda(t_i^{onm}) = C_2 / C_1 \quad (3)$$

Если $\lambda(t)$ – возрастающая функция, то имеется только единственное решение этого уравнения [1, 8].

Минимальные удельные затраты при t^{onm} находятся из выражения

$$C_{уд.min} = C_1 \lambda(t^{onm}). \quad (4)$$

Выполним расчёт оптимальных восстановлений при условии, что продолжительность нахождения объекта в ремонте описывается ЗРВ. В этом случае интенсивность отказов производства равна

$$\lambda(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} \quad (5)$$

где a – параметр масштаба;

b – параметр формы.

Тогда

$$\Lambda(t_i) = \int_0^t \lambda(t) dt = \left(\frac{t}{a} \right)^b. \quad (6)$$

Расчётное уравнение (3) примет вид:

$$t^{onm} \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} - \left(\frac{t^{onm}}{a} \right)^b = C_2 / C_1 \quad (7)$$

откуда

$$t^{onm} = a \left[\frac{C_2}{C_1(b-1)} \right]^{1/b} \quad (8)$$

Минимальные удельные затраты при t^{onm} составляют:

$$C_{уд.min} = \frac{C_1 \cdot b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} \quad (9)$$

Если продолжительность нахождения объекта в ремонте описывается НР, то для приближённого определения можно использовать формулу (8). Для этого НР следует преобразовать к эквивалентному РВ с параметрами a и b [1, 9].

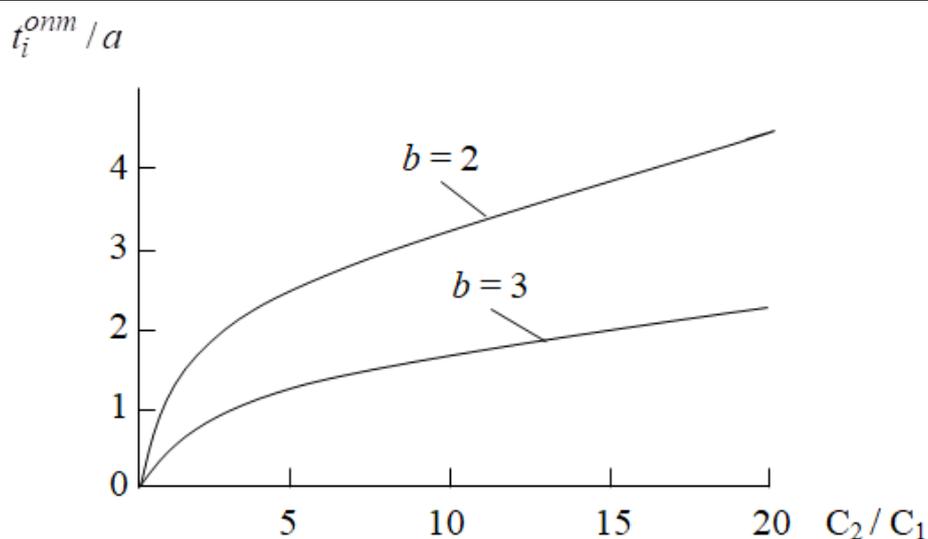


Рисунок 2 – Оптимальные интервалы минимального восстановления производства с периодическими полными обновлениями

Например среднее значение полного восстановления предприятия составил 15 часов, среднеквадратическое отклонение 5,3 часа, при минимальном восстановлении соответственно 14 и 7,3 при средних значениях коэффициента затрат $C_1 / C_2 = 3 \dots 18$. Пользуясь положениями [1], преобразуем исходное НР в эквивалентное РВ с параметрами $b = 2$ ($V = 0,35$) и $b = 3$ ($V = 0,52$), где V – коэффициент вариации. График изменения t^{opt} в зависимости от коэффициента затрат приведён на рисунке 2.

Из графика видно, что оптимальные значения интервалов восстановления увеличиваются при повышении коэффициента затрат. При этом его значения для РВ с параметром $m = 3$ (полное восстановление) примерно на 13 % ниже значения с параметром $m = 2$ (минимальное восстановление).

Вывод. Деятельность предприятия технического сервиса можно оценить с помощью РВ и НР распределений времени и затрат на восстановление режима его работы. Превышение оптимального значения времени восстановления объясняется большими издержками минимального восстановления из-за недостаточной логистической поддержки процесса устранения аварийных (внезапных) отказов.

Список литературы

1. Сухарев, Э.А. Расчётные модели ремонтных ситуаций и их потоков в машинных парках: учеб. пособие / Э.А. Сухарев // Ровно : РГТУ, 2002. – 90 с.
2. 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. – С. 66 - 75.
3. Бураева, Г.М. К методике оценки надёжности логистических систем на предприятиях технического сервиса / Г.М. Бураева, А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 4. – С. 66 - 75.
4. Данилов, Н.Н. Математическая модель динамического SWOT - анализа и методика её применения в экономике / Н.Н. Данилов, Л.П. Иноземцева // Экономический анализ: теория и практика. 2016 № 9 (456). С. 185 - 196.
5. Рахманина, И.А. Специфика оценки и управления надёжностью логистических

систем / И.А. Рахманина // Известия Саратов. Ун - та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2013. Т. 15 вып. 4 (2).

6. Бураева, Г.М. К формированию структуры ремонтного цикла на предприятии технического сервиса / Г.М. Бураева, А.В. Шистеев // Актуальные вопросы инженерно - технического и технологического обеспечения АПК: Материалы IX Национальной научно - практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских». – Иркутск. – ИрГАУ, 2021. – С. 45 - 50.

7. Корнилов, С.Н. Управление параметрами потоков материальных и финансовых ресурсов в подразделениях по ремонту железнодорожного подвижного состава горнодобывающих предприятий / С.Н. Корнилов, С.В. Трофимов // Научные проблемы развития горно - транспортных комплексов и технологий. Вып. № 1. / Горный информационно - аналитический бюллетень. - М. , 2003. № 9. С. 44 - 59.

8. Артемьев, Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве / Ю.Н. Артемьев. – М. : Колос, 1981. – 239 с.

9. Лукинский, В.С. Проблемы оценки надёжности цепей поставок / В.С. Лукинский, Р.Л. Чурилов // Логистика и управление цепями поставок. – № 2. – 2012. – С.15 - 26.

References

1. Sukharev, E.A. Computational models of repair situations and their flows in machine parks: textbook. manual / E.A. Sukharev. – Rivne : RSTU, 2002. – 90 p

2. Buraev, M.K. Technical service of machines based on the logistics of the process of replacing nodes and aggregates / M.K. Buraev, G.M. Buraeva, A.S. Tronts // Bulletin of VSGUT. - 2020. – No. 4. – pp. 66 - 75.

3. Buraeva, G.M. On the methodology for assessing the reliability of logistics systems at technical service enterprises / G.M. Buraeva, A.V. Shisteev, M.K. Buraev // Bulletin of VSGUT. - 2021. – No. 4. – pp. 66 - 75.

4. Danilov, N.N. Mathematical model of dynamic SWOT analysis and methods of its application in economics / N.N. Danilov, L.P. Inozemtseva // Economic analysis: theory and practice. 2016 No. 9 (456). pp. 185 - 196.

5. Rakhmanina, I.A. Specifics of evaluation and management of reliability of logistics systems / I.A. Rakhmanina, // Izvestia Sarat. un - ta. Nov. ser. Ser. Economy. Management. Right. 2013. Vol. 15 issue 4 (2).

6. Buraeva, G.M. Towards the formation of the structure of the repair cycle at the technical service enterprise / G.M. Buraeva, A.V. Shisteev // Actual issues of engineering and technological support of the agro - industrial complex: Materials of the IX National scientific and practical conference with international participation "Readings of I.P. Terskikh". – Irkutsk. – IrGAU, 2021. – pp. 45 - 50.

7. Kornilov, S.N. Managing the parameters of material and financial resources flows in the units for the repair of railway rolling stock of mining enterprises / S.N. Kornilov, S.V. Trofimov // Scientific problems of development of mining and transport complexes and technologies. Issue No. 1./ Mining information and analytical bulletin. - М. , 2003. No. 9. pp. 44 - 59.

8. Artemyev, Yu.N. Quality of repair and reliability of machines in agriculture / Yu.N. Artemyev // – М. : Kolos, 1981. – 239 p.

9. Lukinsky, V.S. Problems of assessing the reliability of supply chains / V.S. Lukinsky, R.L. Churilov // Logistics and supply chain management. – No. 2. – 2012. – pp.15-26.

Сведения об авторе

Бураева Галина Михайловна – аспирант кафедры «Технический сервис и инженерные дисциплины» ФГБОУ ВО «Иркутский ГАУ имени А.А. Ежовского», (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный, 1/1), т. 83952237431.

Information about author

Buraeva Galina M. – post graduate student of the department of technical service and general engineering disciplines, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, 1/1), tel. 83952237431.

УДК 621.866.14

**К РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
В ЗОНАХ ТО И РЕМОНТА**

И.Б. Егоров, П.И. Ильин, О.Н. Хороших, Ц.В. Цэдашиев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Среди всего оборудования для автосервисов можно выделить немало приспособлений, устройств и установок, без которых профессиональный ремонт невозможен в принципе. Также встречается и так называемое вспомогательное оборудование [1, 3, 7, 8]. Его применение позволяет с лёгкостью решать некоторые локальные задачи, которые могут возникать лишь периодически, однако его эффективность в конкретной ситуации может быть очень высокой.

Одной из причин простоя в ремонте машин в хозяйствах, является нехватка зон технического обслуживания и ремонта, занятых другими транспортными средствами. Переместить машину, находящуюся в процессе ремонта – крайне трудозатратная задача, в связи с этим, в данной статье предложено устройство облегчающее процесс перемещения машины.

Ключевые слова: Техническое обслуживание, технический ремонт, перемещение автомобиля, расчёт, вывешивание колеса, экономический эффект, автомобиль.

**TO THE DEVICE DEVELOPMENT FOR MOVING VEHICLES
IN MAINTENANCE AND REPAIR ZONES**

I.B. Egorov, P.I. Ilyin, O.N. Khoroshikh, Ts.V. Tsedashiev

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Among all the equipment for car services, one can single out a lot of devices, devices and installations, without which professional repairs are impossible in principle. There is also the so-called auxiliary equipment [1, 3, 7, 8]. Its use makes it easy to solve some local problems that may arise only periodically, but its effectiveness in a particular situation can be very high.

One of the reasons for downtime in the repair of machines on farms is the lack of maintenance and repair areas occupied by other vehicles. Moving a car that is in the process of being repaired is an extremely labor-intensive task, in connection with this, this article proposes a device that facilitates the process of moving a car.

Key words: Maintenance, technical repair, moving the car, calculation, wheel hanging, economic effect, car.

Ведение. К вспомогательному оборудованию, предназначенному для перемещения автомобилей, относятся специальные подкатные тележки с гидравлическим подъёмным механизмом. Устройства используются для транспортировки на небольшие расстояния аварийных машин, лишённых возможности передвигаться своим ходом, а так же для поворота и перемещения в условиях малой площади пункта ТО или ремонта.

Материалы и методы исследования. В статье рассмотрены существующие устройства для перемещения транспортных средств. Предложено собственное приспособление, созданное на основе аналогов за счёт уменьшения количества деталей, упрощения конструкции отдельных узлов, повышения технологичности при изготовлении. Проведён расчёт на прочность устройства.

Основные результаты. Конструктивно тележки для перемещения автомобилей состоят, как правило, из следующих элементов:

- гидравлический цилиндр;
- привод гидроцилиндра, приводящий его в действие, исполнен в виде педали;
- пара роликов, для подхвата и блокировки колеса машины, его фиксации и подъёма;
- механические стопоры;
- поворотные колёса тележки.

Использование тележки для перемещения автомобилей не представляет особой сложности. Ролики приспособления разводятся на расстояние необходимое для подхвата и поднятия колеса, после чего тележка подкатывается под колесо машины. Далее, при помощи педали гидроцилиндра ролики сводятся до отрыва колеса от поверхности. Как только подхват колеса осуществлён, соединения конструкции надёжно фиксируются стопорами, после чего, автомобиль может легко и безопасно передвигать (рисунок 1).

При эксплуатации устройства следует учитывать:

- при помощи тележек автомобиль перемещать на незначительные расстояния, и не использовать для буксировки или эвакуации;
- тележки применять в помещениях с ровной и гладкой поверхностью. Использование на неровных поверхностях не допускается и может привести к их поломке.



Рисунок 1 – Тележка для перемещения автомобилей *Trommelberg SD 12680* [12]

При выборе тележки, прежде всего, необходимо обращать внимание на следующие характеристики и особенности:

- максимальная грузоподъёмность;
- диапазон захвата колёс – максимальное расстояние между роликами приспособления;
- долговечность и износостойкость.

Существенный минус аналогов приспособления такого рода, использование в качестве рабочего органа гидроцилиндра, с отсутствием фиксации после подъёма, что требует добавления различных стопорных приспособлений.

Максимальная грузоподъёмность представленных на рынке аналогов варьируется в пределах 650 - 700 кг, к примеру, у *Trommelberg SD 12680* это значение равняется 680 кг [11].

Основным автомобильным транспортом в сельском хозяйстве являются малотоннажные грузовики и фургоны, но даже для них грузоподъёмность тележек для перемещения в 700 кг недостаточна, поэтому предлагаем устройство, удовлетворяющее данному параметру (рисунок 2, 3).

Перед началом работы оператор разводит ролики 7, раздвигая половины тележки вращением винта 1 против часовой стрелки при помощи гаечного ключа или гайковёрта. Подкатывает тележку к колесу автомобиля, заводит ролики 7 по бокам шины и проталкивает под автомобиль, до момента, когда шина не окажется по своей ширине напротив поверхности роликов. Далее сводит части устройства винтом 1 вращением по часовой стрелке, ролики при этом подкатываются под шину, приподнимая её над полом. Вывесив шину на высоту примерно 30 - 50 мм, оператор прекращает подъём колеса. Далее автомобиль можно передвигать, уже на колёсах приспособления.

Поворотное колесо тележки 5 предназначается для обеспечения возможности перемещения всей конструкции по цеху, а также возможности поворота тележки.

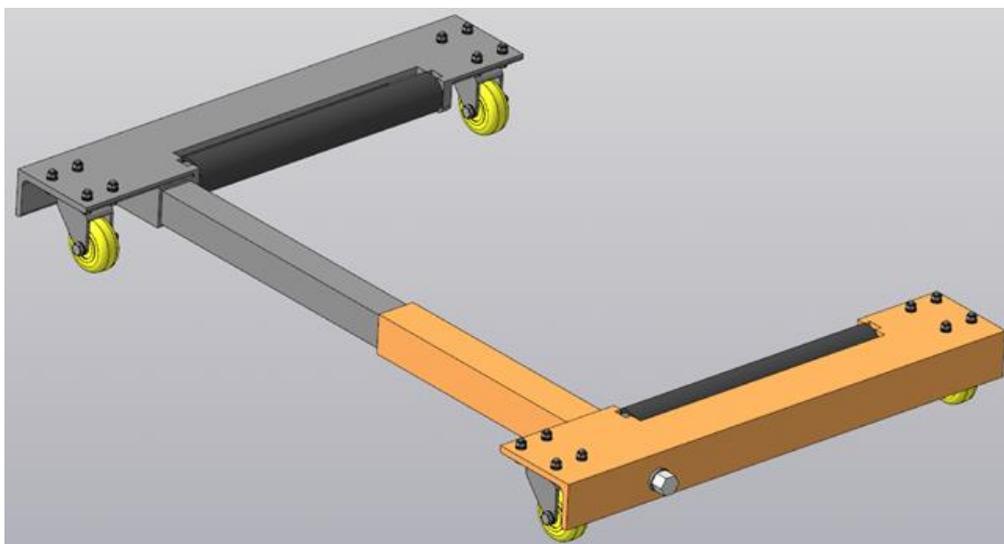


Рисунок 2 – Разрабатываемое устройство для перемещения ТС

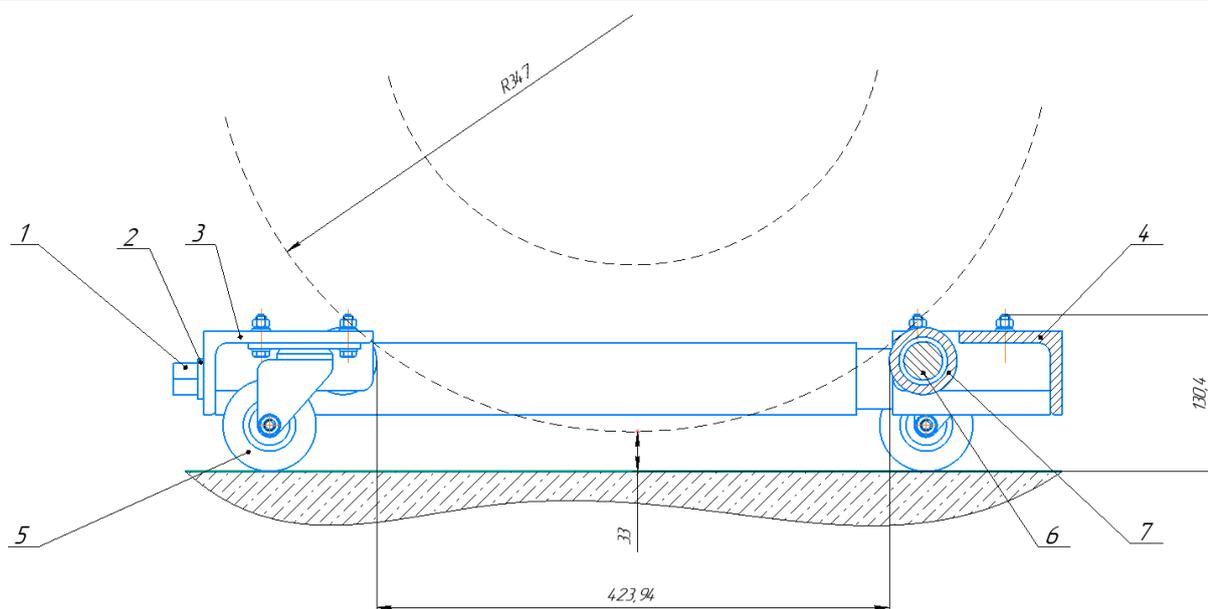


Рисунок 3 – Схема компоновки установки
для перемещения автомобилей с установленным колесом:

1 – трапецидальный винт; 2 – стопорная шайба; 3 – правый угол; 4 – левый угол; 5 – поворотное колесо; 6 – вал; 7 – ролик.

Два из четырёх колёс комплекта оснащены тормозами. Тормозной механизм стопорит вращение колеса при нажатии на педаль, установленную заводом-изготовителем. Фиксация происходит сильным нажатием на обод колеса. Отключение тормоза – подачей педали снизу-вверх.

Согласно информации завода-изготовителя каждое колесо рассчитано на нагрузку 300 кг. Распределение нагрузки на четыре колеса будет равной, а значит, комплект колёс выдержит вес 1200 кг.

Соединение винт-гайка имеет трапецидальную резьбу. Резьба с профилем трапециевидной формы является самотормозящей, благодаря этому свойству резьба не деформируется при сильных нагрузках.

Винт 1 упирается в стопорную шайбу 2, что препятствует ходу винта в горизонтальном положении. Гайка заварена внутри квадратного профиля левой половины приспособления.

Усилие, необходимое по горизонтали колёсной безрельсовой тележки с грузом после перемещения, определяется по формуле [9]:

$$W_c = f_k \cdot G \cdot \cos \beta + G \cdot \sin \beta \quad (1)$$

где W_c – сила статического сопротивления передвижению тележки;

$f_k = 0,0185$ – коэффициент сопротивления качению для цементно-бетонного покрытия;

$f_k = 0,0115$ – для асфальтного покрытия;

$f_k = 0,026$ – для булыжного покрытия;

$f_k = 0,07$ – для грунтового покрытия;

$G = 1095$ кг – вес тележки, в качестве примера, берём с установленным на неё колесом ГАЗ-А23R22;

$\beta = 0$ – продольный угол дорожного полотна.

Расчёт усилия для цементобетонного, грунтового и булыжного покрытия не выполняется.

$$W_c = 0,012 \cdot 1095 \cdot \cos 0^0 + 1095 \cdot \sin 0^0 = 13,14 \text{ кг}$$

Для перемещения автомобиля должно выполняться равенство:

$$F_c \geq W_c$$

где $F_c = 15$ кг – принятое усилие толкания человека.

По результатам расчёта видно, что использование устройства рекомендуется для асфальтного покрытия.

Усилие, необходимое для перемещения по горизонтали, колёсной безрельсовой тележки с грузом, определяется по формуле:

$$W_c = 1,2 \cdot F_c = 1,2 \cdot 13,14 = 15,77 \text{ кг} \quad (2)$$

При проектировании приспособления выполнены расчёты на прочность.

На резьбовую пару винтовых механизмов нагрузка прикладывается центрально, поперечные нагрузки отсутствуют, осевая расчётная нагрузка F_B равна полезной нагрузке F .

Максимально возможная осевая нагрузка для приспособления $F_B = 12000$ Н (исходя из нагрузки которую может выдержать приспособление).

Стандарт для определения допускаемых напряжений ГОСТ Р 52857.4-2007.

Марка стали болта и гайки: СТ35.

Допускаемое напряжение на срез: $\tau = 65$ МПа.

Номинальный диаметр резьбы болта: $D = 24$ мм.

Шаг резьбы болта: $P = 5$ мм.

Коэффициент полноты резьбы для болта: $K_{1б} = 0,75$;

Коэффициент полноты резьбы для гайки: $K_{1г} = 0,875$;

Коэффициент деформации витков: $K_m = 0,6$;

Коэффициенты наличия смазки: $\zeta = 0,13$; $\zeta_1 = 0,26$;

Площадь сечения болта: $A_w = 324,1 \text{ мм}^2$.

Площадь сечения тела болта: $A_D = 452,2 \text{ мм}^2$.

Крутящий момент при затяжке [4]:

$$M_K = \frac{\zeta \cdot F_B \cdot D}{Z} = \frac{0,13 \cdot 12000 \cdot 24}{1} = 37440 \text{ Н}\cdot\text{мм}. \quad (3)$$

где $Z = 1$.

Момент на ключе для обеспечения усилия $M_{кл}$:

$$M_{кл} = \frac{\zeta_1 \cdot F_B \cdot D}{Z} = \frac{0,26 \cdot 12000 \cdot 24}{1} = 74880 \text{ Н}\cdot\text{мм} \quad (4)$$

$$M_{кл} = 74880 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 7,6 \text{ кгс} \cdot \text{м (со смазкой)}.$$

Напряжение среза по резьбовой части отсутствуют.

Напряжение растяжения в болте:

$$\sigma_w = \frac{F_B}{A_w \cdot Z} = \frac{12000}{324,1 \cdot 1} = 37 \text{ Мпа}. \quad (5)$$

$\sigma_w = 37 \text{ Мпа} < 130 \text{ МПа}$ – условие выполнено [6].

Напряжение среза резьбы в болте:

$$\tau_p = \frac{F_B}{\pi \cdot d_3 \cdot K_{1б} \cdot K_m \cdot Z \cdot h} = \frac{12000}{\pi \cdot 20,32 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,6} = 13,9 \text{ Мпа}. \quad (6)$$

где h – высота гайки.

$\tau_p = 13,9 \text{ МПа} < 65 \text{ МПа}$ – условие выполнено [6].

Результаты расчёта гаек.

Напряжение среза резьбы в гайке:

$$\tau_p = \frac{F_B}{\pi \cdot d_3 \cdot K1r \cdot Km \cdot Z \cdot h} \quad (7)$$

$$\tau_p = \frac{12000}{\pi \cdot 24 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 0,875 \cdot 0,6} = 10,1 \text{ МПа.}$$

$\tau_p = 10,1 \text{ МПа} < 65 \text{ МПа}$ – условие выполнено [6].

Исходя из расчётов, можно сделать вывод, что соединение винт-гайка выдержит нагрузку и не выйдет из строя.

В спроектированном приспособлении в качестве опор ролика применены закрытые подшипники 105 на валах роликов. Статическая грузоподъёмность подшипника 105 - 6550 Н, что равняется 655 кг. 4 подшипника запрессовываются в ролики устройства для перемещения автомобилей по 2 в каждый. При условии равному распределению нагрузки данная конструкция способна выдержать 2620 кг [5].

Так же проведён расчёт рамы на прочность.

Для расчёта возьмём участок рамы, на который приходится самая большая нагрузка – два квадратных профиля 50 х 50 х 5 и 60 х 60 х 5 движущихся друг в друге. В расчёте представим участок как единое целое, так как профили всё же соединены между собой парой винт-гайка.

Конструкция рассчитана с применением математического аппарата метода конечных элементов. Изгибающая жёсткость балки на всех участках принята одинаковой [10].

1) Проверим прочность выбранного сечения (Квадратная труба 50 х 50 х 5) по нормальным напряжениям:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x^{таб}} = \frac{2291,615}{10,82 \cdot 10^{-6}} = 211,794 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа} \quad (8)$$

2) Определим, удовлетворяет ли принятое сечение балки (Квадратная труба 50 х 50 х 5) условию прочности по касательным напряжениям [10]:

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} \cdot S_x}{b(y) \cdot I_x} = \frac{2027,978 \cdot 6,892 \cdot 10^{-6}}{0,5 \times 10^{-2} \cdot 27,04 \cdot 10^{-8}} = 10,338 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа} \quad (9)$$

3) По теории наибольших касательных напряжений (третья теория прочности) вычислим эквивалентные напряжения в рассматриваемых 4 точках выбранного поперечного сечения, по формуле третьей теории прочности:

$$\sigma_i^{эКВ} = \sqrt{\sigma_i^2 + 4 \cdot \tau_i^2} \leq [\sigma] \quad (10)$$

$$\sigma_1^{эКВ} = \sqrt{\sigma_1^2 + 4 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{211,873^2 + 4 \cdot 0^2} = 211,9 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2^{эКВ} = \sqrt{\sigma_2^2 + 4 \cdot \tau_2^2} = \sqrt{169,498^2 + 4 \cdot 0,8^2} = 169,5 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3^{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_3^2 + 4 \cdot \tau_3^2} = \sqrt{169,498^2 + 4 \cdot 4,2^2} = 169,7 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа};$$

$$\sigma_4^{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_4^2 + 4 \cdot \tau_4^2} = \sqrt{0^2 + 4 \cdot 5,2^2} = 10,3 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа}.$$

Проверка прочности сечения по нормальным и касательным напряжениям выполнена успешно [6]. Участок рамы выдержит максимальную нагрузку на приспособление в 1200 кг.

Так же, были проведены расчёты вала и сварных швов на прочность, для их разрушения нужно приложить усилия намного больше 12000 Н.

Выводы. Комплект из 4 разработанных устройств (по 1 на каждое колесо) позволяет перемещать автомобили даже с заблокированными колёсами или повреждёнными элементами подвески усилиями двух человек, автомобиль можно поворачивать практически на месте на 360°.

Список литературы

1. Бураев, М.К. Влияние уровня производственно - технической эксплуатации на техническое состояние машин и периодичность их обслуживания / М.К. Бураев, И.В. Оловников, П.И. Ильин // Вестник ИргСХА. 2009. № 35. С. 64 - 74.

2. Виноградов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Основные и вспомогательные технологические процессы: Лабораторный практикум : Учебное пособие / В.М. Виноградов. – М. : Academia, 2018. – 463 с.

3. Виноградов, В.М. Технологические процессы ремонта автомобилей: Учебное пособие / В.М. Виноградов. – М. : Academia, 2018. – 140 с.

4. Винтовые передачи / Детали, теория механизмов приборов и основы конструирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://de.donstu.ru/CDOCourses/structure/Prib_i_Tech_Reg/Pribor/yeh_av/Files/1.14.html – 14.08.2022.

5. Голубев, И.Г. Технологические процессы ремонтного производства: Учебник / И.Г. Голубев. – М. : Academia, 2017. – 384 с.

6. Допускаемые напряжения и механические свойства материалов / Металл [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stal-kom.ru/kakoy-metall-reagiruet-s-vodoy-pri-komnatnoy-temperature> – 11.08.2022.

7. Каграманова, И.Н. Технологические процессы в сервисе: Учебное пособие / И.Н. Каграманова, Н.М. Конопальцева. – М. : Форум, 2015. – 158 с.

8. Кристалинский, Р.Е. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум : Учебное пособие КПТ / Р.Е. Кристалинский, Н.Н. Шапошников. – СПб. : Лань КПТ, 2016. – 160 с.

9. Кудряшов, Е.А. Материалы и технологические процессы машиностроительных производств / Е.А. Кудряшов, С.Г. Емельянов, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов. – Вологда : Инфра - Инженерия, 2016. – 256 с.

10. Кузнецов В.А. Технологические процессы машиностроительного производства: Учебное пособие / В.А. Кузнецов, А.А. Черепяхин, В.В. Пыжов // Колтуно . – М. : Форум, 2018. – 240 с.

11. Мамченко, В.О. Расчёт балок на прочность и жёсткость при прямом плоском изгибе: Учебно – методическое пособие СПб. : НИУ ИТМО; ИхиБТ, 2014. 48 с.

12. Тележка колесная для перемещения автомобиля / Trommelberg [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.trommelberg.ru/Product.aspx/Details/53792> – 16.08.2022.

References

1. Buraev, M.K. Influence of the level of production and technical operation on the technical condition of machines and the frequency of their maintenance / M.K. Buraev, I.V. Olovnikov, P.I. Ilyin // Vestnik IrGSHA. 2009. No. 35. S. 64 - 74.
2. Vinogradov, V.M. Car maintenance and repair : Basic and auxiliary technological processes: Laboratory workshop: Textbook / V.M. Vinogradov. – М. : Academia, 2018. – 463 p.
3. Vinogradov, V.M. Technological processes of car repair: Textbook / V.M. Vinogradov. – М. : Academia, 2018. – 140 p.
4. Screw gears / Parts, theory of mechanisms of devices and fundamentals of design [Electronic resource]. – Access mode: https://de.donstu.ru/CDOCourses/structure/Prib_i_Tech_Reg/Pribor/yeh_av/Files/1.14.html – 08/14/2022.
5. Golubev, I.G. Technological processes of repair production: Textbook / I.G. Golubev. – М. : Academia, 2017. – 384 p.
6. Permissible stresses and mechanical properties of materials / Metal [Electronic resource]. – Access mode: <https://stal-kom.ru/kakoy-metall-reagiruet-s-vodoy-pri-komnatnoy-temperature> – 08/11/2022.
7. Kagramanova, I.N. Technological processes in the service: A textbook / I.N. Kagramanova, N.M. Konopaltseva. – М. : Forum, 2015. – 158 с.
8. Kristalinsky, R.E. Technological processes in mechanical engineering. Laboratory workshop: Textbook of KPT / R.E. Kristalinsky, N.N. Shaposhnikov. – St. Petersburg: Lan KPT, 2016. – 160 p.
9. Kudryashov, E.A. Materials and technological processes of machine-building productions / E.A. Kudryashov, S.G. Emelyanov, E.I. Yatsun, E.V. Pavlov. – Vologda: Infra-Engineering, 2016. – 256 p.
10. Kuznetsov, V.A. Technological processes of machine-building production: Textbook / V.A. Kuznetsov, A.A. Cherepakhin, V.V. Pyzhov, Koltuno . – М.: Forum, 2018. – 240 p.
11. Mamchenko, V.O. Calculation of beams for strength and stiffness in direct flat bending: Educational and methodical manual St. Petersburg: ITMO Research Institute; IhiBT, 2014. 48 p.
12. Wheeled trolley for moving a car / Trommelberg [Electronic resource]. – Access mode <https://www.trommelberg.ru/Product.aspx/Details/53792> – 08/16/2022.

Сведения об авторах

Егоров Игорь Борисович – магистрант 1 курса инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный тел. 89041209854, e-mail: Igoresha.98@mail.ru).

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. 89836938151 e-mail: ipi.academy@mail.ru).

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).

Цэдэшиев 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, пос. Молодёжный, тел. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Information about the authors

Igor Borisovich E. – 1 st year master's student of the faculty of engineering of Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village tel. 89041209854, e-mail: Igoresha.98@mail.ru).

Iyin Peter I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training" of the faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel. 89836938151, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

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).

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. Yezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

УДК 631.173

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ
УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН
НА ПРИМЕРЕ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН**

О.В. Репецкий, В.М. Нгуен

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Существует много факторов, которые могут вызвать возникновения дефектов на лопатках компрессора турбомашин: повреждение посторонними предметами в виде попадания мелких твёрдых частиц, коррозионное разрушение или технологические отклонения при изготовлении. Под действием сложных термомеханических и аэродинамических нагрузок во время эксплуатации турбомашин, эти дефекты увеличиваются и, в конце концов, могут привести к разрушению лопаток. Для точной оценки долговечности и прогноза ресурса лопаток при расчётах предполагается учитывать не только стадию зарождения трещины, но и стадию развития трещины, учитывать дифференциацию конкретных видов трещин и их закономерности роста. Для оценки оставшегося срока службы отдельных лопаток с известной конфигурацией трещины наиболее надёжный прогноз основан на расчётах в рамках трёхмерного анализа, включающего кинетику роста трещины и учитывающую изменения формы трещины и направления её роста. В статье была построена модель лопатки академического рабочего колеса с дефектом типа трещины на входной кромке и расчёт её долговечности под действием циклических центробежных нагрузок. Также была исследована зависимость роста трещины от величины нагрузки и характеристики материалов лопатки.

Ключевые слова: Дефект, турбомашина, лопатки осевого компрессора, рост трещины.

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MODELING
OF FATIGUE CRACKS
ON THE EXAMPLE OF TURBOMACHINE BLADE**

O.V. Repetckii, V.M. Nguyen

There are many factors that can cause defects on the blades of the compressor turbomachines: damage by foreign objects in the form of ingress of small solid particles, corrosion destruction or technological deviations during manufacture. Under the influence of complex thermo-mechanical and aerodynamic loads during the operation of turbomachines, these defects increase and eventually lead to the destruction of the blades. In order to accurately assess the durability and forecast the resource of the blades, calculations are supposed to take into account not only the stage of crack initiation, but also the stage of crack propagation, take into account the differentiation of specific types of cracks and their growth patterns. To estimate the remaining service life of individual blades with a known crack configuration, the most reliable forecast is based on calculations within the framework of a three-dimensional analysis that includes the kinetics of crack growth and takes into account changes in the shape of the crack front and the direction of its growth. In the article, a model of the blade of the academic impeller was constructed with a crack-type defect on the input edge, and the calculation of its durability under the action of cyclic centrifugal loads. The dependence of crack growth on the magnitude of the load and the characteristics of the blade materials were also investigated.

Key words: Defect, turbomachines, axial compressor blades, crack growth.

Введение. Анализ роста усталостной трещины очень важен для обеспечения надёжности конструкций турбомашин в условиях циклического нагружения. Усталостная долговечность компонентов в основном прогнозируется традиционными теориями прочности [3]. Эти теории не учитывают наличие дефектов, неровностей и несплошностей, которые образуются либо на стадии изготовления, либо в процессе эксплуатации. Следовательно, численное моделирование развития дефектов имеет широкое применение для количественной оценки и прогнозирования усталостной долговечности компонента при наличии таких дефектов и несплошностей. Точная оценка параметров разрушения, таких как коэффициенты интенсивности напряжения (КИН), становится весьма важной для анализа проектирования долговечности деталей турбомашин на основе моделирования. Для моделирования структур с трещинами доступен ряд методов, таких как метод граничных элементов (МГЕ), бессеточные методы, метод конечных элементов (МКЭ) и метод конечных разностей (МКР) [6 - 8]. МКЭ является самым распространённым численным методом, используемым для моделирования задач усталостного разрушения. Ряд подходов были разработаны в МКЭ на протяжении многих лет, что делает его наиболее подходящим методом анализа асимптотических полей напряжений при наличии трещины. На сегодняшний день МКЭ широко используется для решения задач механики разрушения, включая рост трещин с фрикционным контактом, когезионное распространение трещин, квазистатический рост трещин, произвольные разветвлённые и пересекающиеся трещины, трещины в оболочках, распространение усталостных трещин, стационарные и растущие трещины, трёхмерное распространение трещин [9].

Основная цель этой статьи состоит в том, чтобы точно оценить усталостную долговечность лопатки компрессора, имеющего трещину на передней кромке. Распространение усталостной трещины было смоделировано пу-

тём рассмотрения роста трещины как линейной комбинации отрезков [11]. Далее моделирование трещины может войти в один из предлагаемых видов преднамеренной расстройки параметров [4].

Вычислительная методика для прогноза роста трещины.

Эта методика используется для определения кинетики распространения трещины, оценки количества циклов (или времени) достижения критической длины трещины (или для определения её длины при заданном числе циклов нагрузки или продолжительности эксплуатации). Исходное распределение дефектов принимается как поверхностные трещины заданной длины, и расчёты производятся по фактическим и (или) прогнозным моделям эксплуатации (режимы нагружения, уровни нагрузки).

Предполагаемый подход основан на непосредственном ступенчатом моделировании распространения трещины методом конечных элементов (МКЭ) и экспериментальных данных о зависимости скорости роста трещины от амплитуды коэффициента интенсивности напряжений K и величины C^* -интеграл, полученной для материала лопатки. Основные этапы методов практической реализации обсуждаются ниже [2, 5]:

- определение размера и местоположения трещины в лопасти по результатам осмотра (или анализа статистических данных об отказах) и установление характера выявленных дефектов фрактографическими методами;
- выявление предполагаемых режимов работы ГТД, приведших к образованию трещин;
- решение задач теплопроводности и аэродинамики для определения распределения полей температуры в объёме лопатки и распределения давления газа на поверхности лопатки, а также их зависимости от времени;
- решение задач термоупругости, термоупругопластичности и ползучести для определения напряжённо-деформированного состояния лопаток при наличии растущих трещин;
- расчётно-экспериментальное определение скорости роста трещин на разных режимах (по диаграммам $K - dl / dN$, $C^* - dl / dt$ при различных температурах эксплуатации);
- определение критического состояния лопасти, приводящего к её разрушению (или максимальных значений допустимых напряжений, которые могут быть достигнуты в соответствии с нормами прочности и характеристиками материала);
- формулировка требований к минимальному сроку до очередной проверки.

Для оценки динамики роста трещины в лопатке компрессора использовалось уравнение Пэриса-Эрдогана [10]:

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (1)$$

где l – длина трещины;

N – число циклов нагружения (расширение трещины за один цикл нагружения);

C, m – константы Пэриса.

Значения ΔK рассчитываем по уравнению:

$$\Delta K = K_{max} - K_{min} \quad (2)$$

где K_{max} – максимальное значение коэффициент интенсивности напряжения K_i за один цикл нагружения;

K_{min} – минимальное значение K_i в нагрузочном цикле.

В представленных расчётах K_{min} имеет значение 0, потому что при моделировании усталости лопатки колеблются между нейтральным положением (где $K_{min} = 0$) и максимальным правым отклонением. Нулевое значение K_{min} связано с ненагруженной конструкцией.

Расчёт КИН основан на анализе распределения полей смещений трещины в окрестности её вершины. За исключением крайних точек фронта трещины, асимптотика напряжений в области вершины трещины предполагается плоско деформируемой. При использовании программы МКЭ ANSYS версии 12 и выше КИН может рассчитываться автоматически.

Результаты и обсуждение.

Объектом исследования в данной статье является академическая рабочая лопатка компрессора высокого давления, изготовленная и впервые исследованная в Бранденбургском техническом университете. Основные механические характеристики имеют вид: материал рабочего колеса – сталь, модуль Юнга – $2,1 \cdot 10^5$ МПа, плотность – 7850 кг/м³, коэффициент Пуассона – $0,3$.

Лопатка имеет начальную трещину длиной 2 мм. За цикл нагружения лопатка подвергается влиянию центробежной силы от 0 до 1100 Н (рисунок 1) из-за увеличения скорости вращения ротора с 0 (от старта) до 3000 об/мин (в нормальном варианте эксплуатации).

В представленном анализе были выбраны следующие константы Пэриса для материала лопатки: $C = 2,48 \cdot 10^{-13}$ мм/цикл и $m = 3,2$ (для dl / dN в мм / цикл и ΔK в Мпа·мм^{0,5}).

В качестве конечно-элементной модели применяется конечный элемент тетраэдр из программы ANSYS WORKBENCH с общим количеством конечных элементов – 445419 . Порядок элементов квадратичный и сетка вокруг трещины сгущается, чтобы была возможность моделировать изменение размера трещины (рисунок 2).

Основной результат этой работы (график зависимости длины трещины от числа циклов нагрузки) представлен на рисунке 3. Результат моделирования роста трещины на основе предложенной гибридной методики показал, что в лопатке, подвергаемой влиянию центробежной силы, трещине требуется 23181 циклов нагружения, чтобы увеличиться на $\Delta l_1 = 5,6758$ мм.

На этом этапе рассматривается влияние 3-х значений величины центробежной силы: Максимальная центробежная сила $F_{y,m}$ для $F1$: 1100 Н, для $F2$: 1500 Н и для $F3$: 700 Н. Из результатов анализа на рисунке 4 можно сделать вывод: за 23181 циклов нагружения при $F_{y,m} = 1100$ Н трещина увеличивается на $l_1 = 5,6758$ мм, при $F_{y,m} = 700$ Н трещина увеличивается на $2,8694$ мм ($0,5 \Delta l_1$), а при $F_{y,m} = 1500$ Н на $8,1056$ мм ($1,42 \Delta l_1$). Т.е. скорость развития трещины почти пропорциональна величине нагрузки на лопатки.

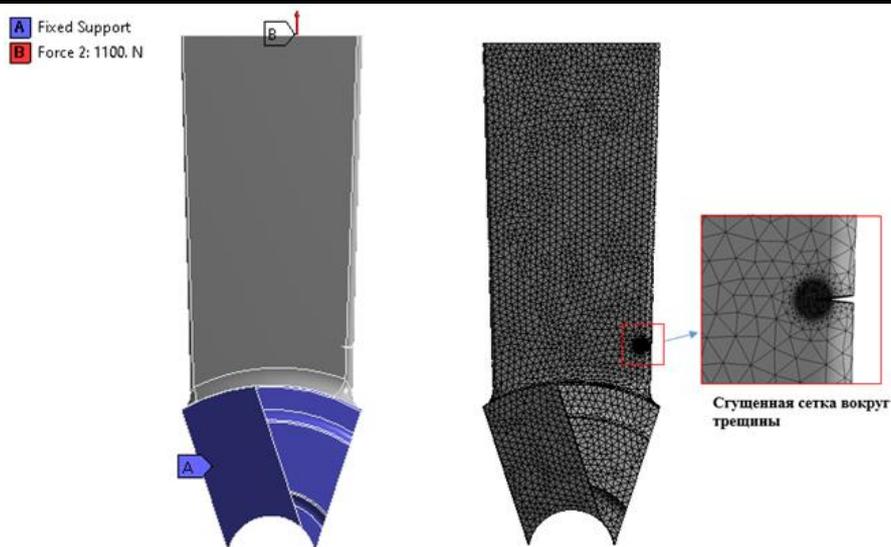


Рисунок 1 – Постановка задачи

Рисунок 2 – Конечно элементная модель лопатки академического рабочего колеса со сгущённой сеткой вокруг трещины

В представленном анализе, чтобы исследовать влияния материалов изготовления лопатки на скорость развития трещины используются 3 типа материалов: нержавеющая сталь, титановый сплав 64 и низкоуглеродистая сталь. Константы Пэрижа для этих материалов показаны в таблице 1 [1].

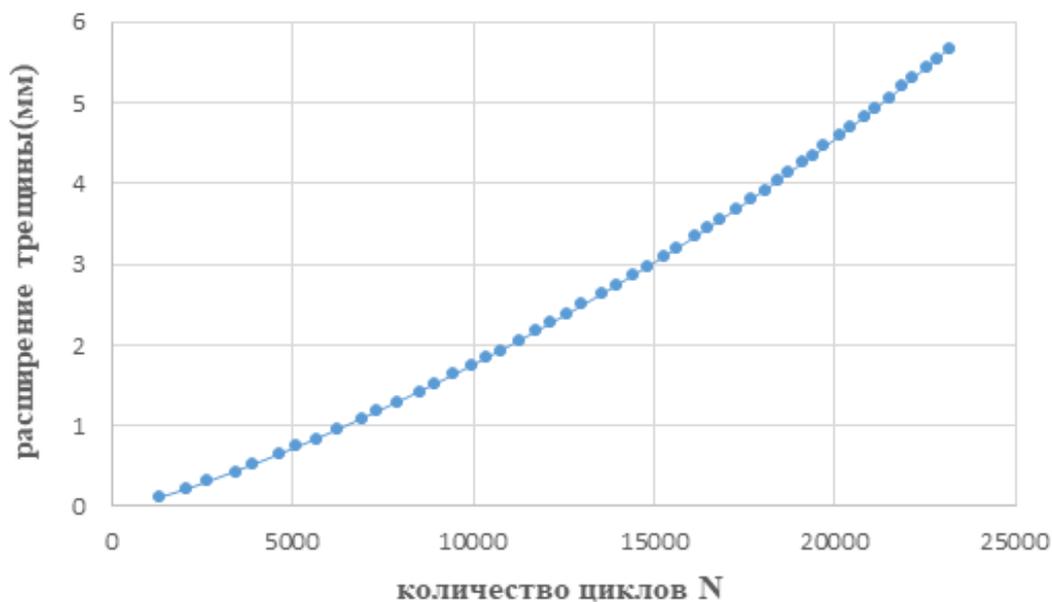


Рисунок 3 – Расчётная кривая роста трещины полученная для лопатки компрессора (график зависимости длины трещины от числа циклов нагрузки)

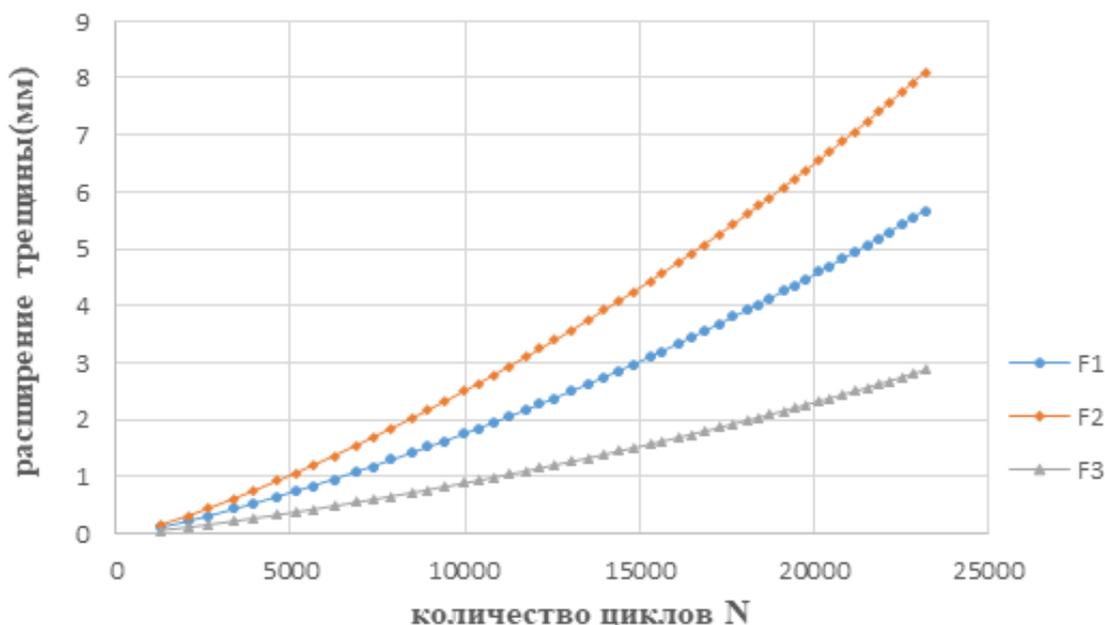


Рисунок 4 – Расчётная кривая роста трещины для различных уровней нагрузки

Таблица 1 – Константы Пэриса материалов

Константы	Нержавеющая сталь	Титановый сплав 64	Низкоуглеродистая сталь
C	$2,48 \cdot 10^{-13}$	$2,95 \cdot 10^{-13}$	$2,17 \cdot 10^{-13}$
m	3,2	3,22	3

На рисунке 5 показана расчётная кривая роста трещины на лопатке компрессора, для различных материалов лопатки. Можно увидеть, что скорость развития трещины на лопатке сильно зависит от характеристики материала. Для лопатки, изготовленной из нержавеющей стали, требуется 23181 циклов нагружения, чтобы длина трещины увеличилась на $\Delta l_1 = 5,6758$ мм, для лопатки из титанового сплава требуется 17109 циклов нагружения, а для лопатки из низкоуглеродистой стали – 98127 циклов.

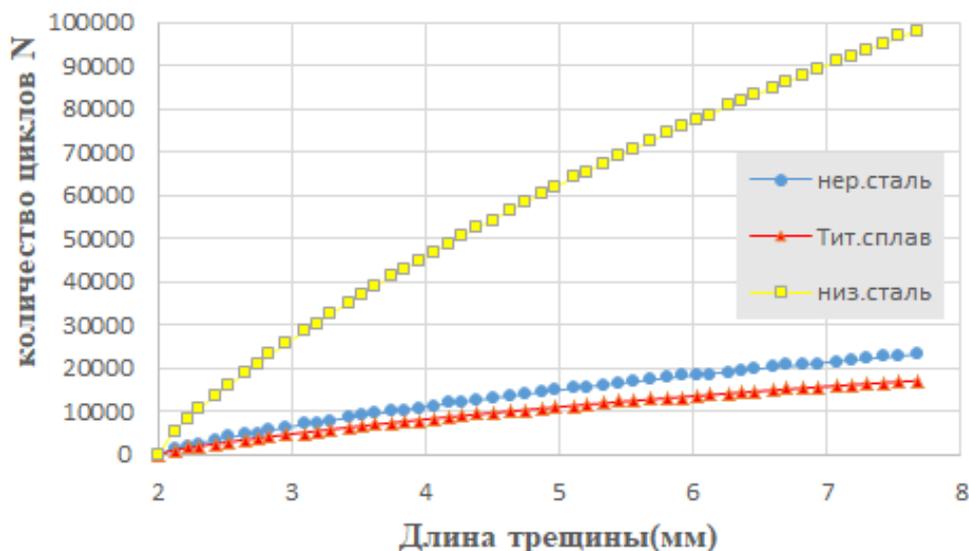


Рисунок 5 – Расчётная кривая роста трещины на лопатке компрессора, при различных материалах лопатки

Выводы. Разработаны методика моделирования процесса распространения усталостных трещин в лопатках академического рабочего колеса. Конечно-элементные расчёты проводились с использованием программ *ANSYS* и *ABAQUS FE*. Установлено, что скорость развития трещин существенно зависит от уровня нагрузки, т.е. от условия эксплуатации лопатки, также сильно различается для различных типов материалов изготовления лопатки. С помощью этих методик, возможно, прогнозировать время до разрушения лопатки при наличии дефектов, чтобы избежать аварии из-за выхода из строя лопаток осевого компрессора, а также уменьшить возможные расходы на ремонт. Кроме этого, можно применить этот метод в решение задачи выбор материала изготовления лопатки в конкретных условиях работы.

Список литературы

1. Илларионов, А.Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов / А.Г. Илларионов, А.А. Попов // Екатеринбург : Издательство Уральского университета. - 2014. – 138 с.
2. Королёв, И.К. Численное моделирование накопления повреждений и развития усталостной трещины в упругих материалах / И.К. Королёв, С.В. Петин, А.Б. Фрейдин // Вычислительная механика сплошных сред. – 2009. – Т. 2. – № 3. – С. 34 - 43.
3. Репецкий, О.В. Компьютерный анализ динамики и прочности турбомашин / О.В. Репецкий. – Иркутск : Изд - во ИрГТУ, 1999. – 301 с.
4. Репецкий, О.В. Математическое моделирование видов преднамеренной расстройки осевых и радиальных рабочих колес турбомашин / О.В. Репецкий // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы XI Международной научно - практической конференции. п. Молодёжный, 2022. С. 318 - 327.
5. Туманов, Н.В. Моделирование устойчивого роста усталостных трещин в дисках турбины авиадвигателей при простом и сложном циклах нагружения / Н.В. Туманов, М.А. Лаврентьева, С.А. Черкасова, А.Н. Серветник // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – № 3. – С. 188 - 199.
6. Abdullateef, H.B. 2D and 3D numerical simulation of fatigue crack growth path and life predictions of a linear elastic / H. B. Abdullateef // Materials Science-Poland. – 2021. – Vol. 39. – № 2. – P. 285 - 297.
7. Areias, P.M.A. Analysis of three - dimensional crack initiation and propagation using the extended finite element method / P.M.A. Areias, T. Belytschko // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2005. – Vol. 63 – № 1. – P. 760 - 788.
8. Artem, S. Computer simulation of fatigue, creep and thermal - fatigue cracks propagation in gasturbine blades / S. Artem, S. Sergey, N. Anatoly, G. Leonid // Materials and technology. – 2012. – № 46. – P. 197 - 203.
9. Durlabh, B. Simulation of fatigue crack growth using XFEM / B. Durlabh, L. Yong, K. Smitha, A.Samer // Proceedings of ASME 2020 Pressure Vessel and Piping Conference. – 2020.
10. Paris, P.C. The stress analysis of cracks handbook / P.C. Paris, G.R. Irwin, H. Tada / Volume 130, New York - 2020.
11. Singh, I.V. The numerical simulation of fatigue crack growth using extended finite element method / I.V. Singh, B.K. Mishra, S. Bhattacharya, R.U. Pati // International journal of fatigue. – 2012. – № 36. – P. 109 - 119.

References

1. Illarionov, A.G . Tekhnologicheskkiye i ekspluatatsionnyye svoystva titanovykh splyavov / A.G. Illarionov, A.A. Popov // Yekaterinburg : Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta. - 2014. – 138 с.

2. Korolev, I.K. Chislennoye modelirovaniye nakopleniya povrezhdeniy i razvitiya ustalostnoy treshchiny v uprugikh materialakh / I.K. Korolev, S.V. Petinov, A.B. Freydin // Vychislitel'nayamekhanikasploshnykhsred. – 2009. – Т. 2. – № 3. – S. 34 - 43.

3. Repetskiy, O.V. Komp'yuternyy analiz dinamiki i prochnosti turbomashin / O.V. Repetskiy // Irkutsk : Izd - vo IrGTU, 1999. – 301 с.

4. Repetskiy, O.V. Matematicheskoye modelirovaniye vidov prednamerennoy rasstroyki osevykh i radial'nykh rabochikh koles turbomashin / O.V. Repetskiy // V sbornike: Klimat, ekologiya, sel'skoye khozyaystvo Yevrazii. materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno - prakticheskoy konferentsii. p. Molodezhnyy, 2022. S. 318 - 327.

5. Tumanov, N.V. Modelirovaniye ustoychivogo rosta ustalostnykh treshchin v diskakh turbiny aviadvigatelyepri prostom i slozhnom tsiklakh nagruzheniya / N.V. Tumanov, M.A. Lavrent'yeva, S.A. Cherkasova, A.N. Servetnik // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aérokosmicheskogo universiteta. – 2009. – № 3. – S. 188 - 199.

Сведения об авторах

Репецкий Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, проректор по международным связям Иркутского ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. +7 3952 237438, e-mail:repetckii@igsha.ru).

Нгуен Ван Мань – аспирант Иркутского ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный, e-mail: manhzhuov@gmail.com).

Information about the authors

Repetckii Oleg V. – dsc in engineering, vice-rector, professor. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny settlement, Irkutsk distrikt, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. +73952237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Nguyen Van M. – postgraduate student. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny settlement, Irkutsk distrikt, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: manhzhuov@gmail.com).

УДК 621.793/.795:667.637.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ АПК ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ

¹Д.В. Ромашев, ¹А.В. Пчельников, ²Д.В. Вилисов

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

²НВИ войск национальной гвардии
Новосибирск, Россия

Для техники и оборудования АПК, эксплуатируемой в условиях повышенного радиационного фона необходим контроль уровня радиационного загрязнения поверхностей и его снижение дезактивационными мероприятиями до допустимых уровней. Целью является повышение устойчивости к радиационным загрязнениям лакокрасочных покрытий техники и оборудования АПК за счёт наномодификации лакокрасочных материалов. Объект исследования лакокрасочные покрытия техники и оборудования АПК. Практическая значимость заключается в разработке наномодифицированного лакокрасочного материала на основе акриловых сополимеров устойчивого к радиационным загрязнениям. Область применения полученные результаты можно использовать для поверхностей тех-

ники и оборудования АПК в условиях повышенного радиационного фона. Рекомендуется применение модифицированных лакокрасочных покрытий с добавлением диоксида кремния и цеолита для предприятий технического сервиса в неблагоприятных радиационных условиях.

Ключевые слова: Радиоактивные загрязнения, радиационная защита, полимерные покрытия, минеральные добавки.

INCREASING THE EFFICIENCY OF RADIATION PROTECTION MACHINERY AND EQUIPMENT OF AIC THROUGH THE APPLICATION OF NANOMODIFIED COATINGS

¹D.V. Romashev, ¹A.V. Pchel'nikov, ²D.V. Vilisov

FSBEI HE Novosibirsk SAU

Novosibirsk, Russia

²NVI National guard troops

Novosibirsk, Russia

For machinery and equipment of the agro-industrial complex, operated in conditions of increased background radiation, it is necessary to control the level of radiation contamination of surfaces and reduce it by decontamination measures to acceptable levels. The goal is to increase the resistance to radiation contamination of paint and varnish coatings of machinery and equipment of the agro-industrial complex due to nanomodification of paint and varnish materials. The object of study is the paint and varnish coatings of machinery and equipment of the agro-industrial complex. The practical significance lies in the development of a nanomodified paint material based on acrylic copolymers resistant to radiation contamination. Scope of application The obtained results can be used for the surfaces of machinery and equipment of the agro-industrial complex under conditions of increased background radiation. The use of modified paint coatings with the addition of silicon dioxide and zeolite is recommended for technical service enterprises in adverse radiation conditions.

Key words: Radioactive contamination, radiation protection, polymer coatings, mineral additives.

Введение. Радиационный фон на планете в последние годы значительно увеличился. Причиной этому стали и интенсивные испытания ядерного оружия в середине 20 века, и повсеместное использование атомной энергии, применение ионизирующего излучения в сельском хозяйстве [1].

Всё это привело к смещению акцентов в радиобиологических исследованиях на изучение влияния воздействия радиации на человека. Длительное воздействие даже малых доз радиации может привести к непоправимым последствиям. Известно, что увеличение случаев лейкоза и рака, причиной которых становится повреждение хромосом, сильно увеличивается при облучении от 20 до 30 рад. Установить такую зависимость с уменьшением доз крайне сложно, ведь есть и природный уровень рака и лейкоза, который не связан с облучением [2].

Особую опасность ионизирующих излучений представляет для людей, работающих длительное время в участках концентрации этих загрязнений. Существуют отдельные районы в Сибирском регионе, где концентрация радона и других радиоактивных загрязнений крайне высока. Так, например,

известно, что продолжительность жизни сельских механизаторов, работающих длительное время на полях, расположенных в наиболее опасных зонах, значительно ниже чем, в зонах с лучшей радиационной обстановкой [3].

Целесообразно будет находить пути решения для защиты от радиации людей, работающих в регионах, где радиационная обстановка наиболее опасная [3].

Материалы и методы исследования. Основные направления противорадиационной защиты связаны с использованием металлов и сплавов, бетонов и строительных композитов, обладающих повышенной плотностью, что, естественно, способствует снижению проницаемости ионизирующих излучений. В последние годы, благодаря открытию новых наноразмерных добавок и компонентов, появились работы в области защитных противорадиационных покрытий на тканях, стёклах, металлах, пластмассах и других материалах. Так, одними из них являются тяжёлые стёкла, в состав которых входят соединения элементов с высоким атомным номером. Они используются для защиты персонала от излучения на объектах ядерной энергетики и промышленности, в лабораториях и медицинских центрах. Данные материалы превосходят экранирующие свойства многих других материалов и имеют десятикратный коэффициент ослабления и радиационные характеристики, превосходящие параметры традиционных материалов, применяемых в радиационной защите – бетона и свинца [4].

Основные результаты.

Несмотря на большой объем выполненных исследований, посвящённых противорадиационной защите, вопрос влияния наноразмерных добавок для этих целей пока изучен недостаточно полно, поэтому данная статья в некотором плане направлена на исправление существующего дефицита знаний в области защиты от ионизирующих излучений лакокрасочных композиций с нанодобавками.

В результате проведённого анализа способов и средств индивидуальной и коллективной защиты для работников сельскохозяйственных предприятий, техники и оборудования, работающих в зонах с повышенным радиационным фоном наиболее актуальным будет применение средств коллективной радиационной защиты, предусматривающее применение лакокрасочных покрытий по ГОСТ 12.4.120-83 п. 1.3.2, способных снижать воздействие потока радиоактивных частиц накапливаемой радиации на технике и оборудования к тому же облегчать удаление радиоактивных частиц с поверхности, улучшая этим дезактивационные свойства.

Введение различных веществ в лакокрасочные материалы, позволяет придать готовому материалу новый комплекс ценных технических характеристик. А добавление определенных наномодификаторов позволит повысить эффективность защиты техники и оборудования АПК от радиационного воздействия [4].

Наномодификаторами выступают составы с диоксидом висмута, УНТ, оксид титана, диоксид кремния, ПВХ, полиэтилен, природный цеолит, алюмосиликатные микросферы [4]. Таким оптимальным сочетанием оказа-

лись полимерные защитные покрытия с комплексной добавкой диоксида кремния и цеолита, позволившие уменьшить дозы загрязнений в 2,5 - 3 раза. Данный эффект проявляется как для альфа, так и для бета измерений [5, 6].

Модификация углеродных наноматериалов позволяет расширять сферу использования уже существующих красок [5].

Испытательную поверхность металлической пластины 6 x 6 см окрашивали эмалью АК-1301 в соответствии с ГОСТ 8832 (ISO 1514) [5, 6].

Одним из выводов, сделанным из проведения первого этапа исследований по изучению влияния наноразмерных добавок на остаточную радиационную загрязненность лакокрасочных полимерных покрытий, является тот факт, что одной монодобавкой практически невозможно обеспечить требуемый уровень радиационной защиты. Поэтому был проведён второй этап, с предварительным замером радиационного фона в лабораторном боксе при помощи дозиметра-радиометра ДКС-96 для описания агрессивной среды по разработанной методике. В качестве минеральных добавок были приняты цеолит, алюмосиликатные микросферы, диоксид кремния и др. Сочетание наноразмерных добавок друг с другом позволило выявить некоторые закономерности в снижении остаточной радиационной загрязнённости лакокрасочных полимерных покрытий. Так, введение одних алюмосиликатных микросфер в различном процентном отношении не приводит к изменению степени загрязненности так же, как и при введении диоксида висмута. При сочетании с диоксидом кремния отмечена слабовыраженная положительная тенденция, хотя степень снижения загрязненности является явно неудовлетворительной. Введение цеолита в количестве 1 % приводит к уменьшению степени радиационной загрязненности на 25 - 35 % по сравнению с контрольными образцами без добавок. Увеличение процентного содержания цеолита более 1 % в лакокрасочной композиции практически не изменяет степень загрязнённости. При сочетании цеолита с диоксидом кремния отмечено ярко выраженное положительное влияние, а степень загрязнённости снижается в два с половиной - три раза – с 0,72 до 0,26 альфа-част/см²·мин, что существенно ниже уровня при введении ПВХ. Для бета измерений значения радиационной загрязнённости также имеют минимальные значения – 0,43 против 1,36 для контрольных покрытий.

На рисунке 1 приведена диаграмма влияния различных минеральных добавок с полимерными лакокрасочными покрытиями с добавками диоксида кремния и цеолита, иллюстрирующая снижение степени при воздействии альфа и бета излучений по результатам замеров радиоактивного загрязнения, снимаемого на поверхности испытательных образцов.

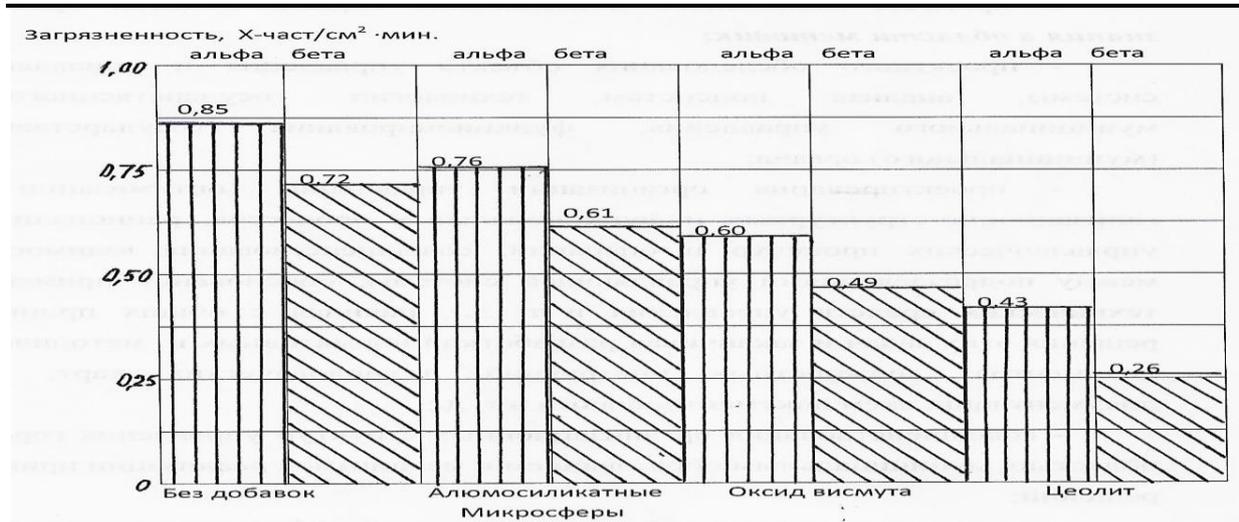


Рисунок 1 – Влияние различных минеральных добавок в сочетании с диоксидом кремния на радиационную загрязнённость акриловых лакокрасочных покрытий по альфа и бета замерам

Таким образом, проведённые исследования позволили определить степень радиационной защиты от альфа и бета излучений для различных видов наноразмерных добавок. Установлено, что монодобавки в подавляющем большинстве имеют низкие защитные функции против воздействующих радиационных загрязнений, определяемых по альфа и бета замерам. Составы с использованием цеолита активно участвуют в защите лакокрасочных покрытий от радиационного воздействия, что выражается в снижении уровня загрязнений на 25 - 35 %, однако эти значения не превышают показателей при использовании поливинилхлорида (ПВХ).

Выводы. Данные этих исследований позволили сделать предположением о необходимости сочетания нескольких различных наноразмерных добавок. Таким оптимальным сочетанием оказались полимерные защитные покрытия с комплексной добавкой диоксида кремния и цеолита, позволившие уменьшить дозы загрязнений в 2,5 - 3 раза. Данный эффект проявляется как для альфа, так и для бета измерений, поэтому состав может быть рекомендован для использования в защитных лакокрасочных акриловых композициях.

Список литературы

1. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: Сборник докладов международной научно - практической конференции, Обнинск, 26 - 28 сентября 2018 г. Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – 356 с.
2. Гусев, Н.Г. Защита от ионизирующих излучений / Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов // В 2 т. Т. 1: Физические основы защиты от излучений: учеб. для вузов. – 3 - е изд. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель : Сборник рекомендаций. / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС – Н.Н. Цыбулько, Г.В. Анципов // Минск, 2016.
4. Стефаненко, И.В. Радиационно - модифицированные материалы и жаростойкие композиции с использованием техногенного сырья для защиты от излучений и фоновой

радиации / автореф. дис. соиск. уч. ст. докт.техн. наук, ВолгГАСУ, Волгоград, 2012. – 44 с.

5. Пчельников, А.В. Применение антипиренов при ремонтном окрашивании транспортно - технологических машин и оборудования АПК / А.В. Пчельников, Е.А. Волобой, Р.В. Луцик, А.М. Кадников // Сборник научных статей XVI Всероссийского молодежного форума 2020 г. – Казань : ФГБНУ «ФЦТРБ - ВНИВИ», 2020.

6. Шашок, Ж.С. Применение углеродных наноматериалов в полимерных композициях / Ж.С. Шашок, Н.Р. Прокопчук. – Минск : БГТУ, 2014. – 232 с.

References

1. Radiation technologies in agriculture and food industry: Collection of reports of the international scientific and practical conference, Obninsk, September 26 - 28, 2018. Obninsk : VNIIRAE, 2018. - 356 p.

2. Gusev, N.G. Protection from ionizing radiation / N.G. Gusev, V.A. Klimanov, V.P. Mashkovich, A.P. Suvorov // In 2 vols. Vol. 1: Physical foundations of radiation protection : textbook. for universities. – 3 rd ed. - Moscow : Energoatomizdat, 1989. - 512 p.

3. Recommendations for the conduct of agricultural production in conditions of radioactive contamination of land : Collection of recommendations. / Department for the elimination of the consequences of the disaster at the Chernobyl nuclear power plant - N.N. Tsybulko, G.V. Antsipov // Minsk, 2016.

4. Stefanenko, I.V. Radiation - modified materials and heat - resistant compositions using technogenic raw materials for protection against radiation and background radiation / Abstract of the thesis. dis. competition uch. art. doctor of engineering sciences, VolgGASU, Volgograd, 2012. - 44 p.

5. Pchel'nikov, A.V. The use of flame retardants in the repair painting of transport-technological machines and equipment of the agro - industrial complex / A.V. Pchel'nikov, E.A. Voloboy, R.V. Lutsik, A.M. Kadnikov // Collection of scientific articles of the XVI All - Russian Youth Forum 2020 – Kazan : FGBNU "FCTRБ - VNIВИ", 2020.

6. Shashok, Zh.S. Application of carbon nanomaterials in polymer compositions / Zh.S. Checker, N.R. Prokopchuk. – Minsk : BSTU, 2014. - 232 p.

Сведения об авторах

Ромашев Дмитрий Валерьевич – аспирант кафедры «Надёжность и ремонт машин», ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ Россия, г. Новосибирск, тел. 8-953-797-22-41, e-mail: TheVip777@gmail.com.

Пчельников Александр Владимирович – кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой «Надёжность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. Россия, г. Новосибирск, тел.8-953-797-22-41, e-mail: pchelaleksandr@mail.ru.

Вилисов Денис Валерьевич – подполковник, старший преподаватель кафедры «Автомобилей, бронетанкового вооружения и техники» НВИ войск национальной гвардии, Россия, г. Новосибирск, тел. 8-953-797-22-41, e-mail: TheVip777@gmail.com.

Information about the authors

Romashev Dmitry V. – post - graduate student of the department of reliability and repair of machines, FGBOU VO Novosibirsk GAU Russia, Novosibirsk, tel. 8-953-797-22-41, e-mail: TheVip 777@ gmail.com.

Pchel'nikov Alexander V. – candidate of technical sciences, acting head of the department "Reliability and repair of machines". FGBOU VO Novosibirsk state agrarian university. Russia, Novosibirsk, tel.8-953-797-22-41, e-mail: pchelaleksandr@mail.ru.

Vil'isov Denis V. – lieutenant colonel, senior lecturer of the department of "automobiles, armored weapons and equipment" of the NVI of the National guard troops, Russia, Novosibirsk, tel. 8-953-797-22-41, e-mail: TheVip777@gmail.com.

АНАЛИЗ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Н.П. Александров, В.С. Макаров

ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
Якутск, Россия

В статье проводится анализ современного состояния функционирования и развития животноводческих ферм, а также перерабатывающего сектора расположенных в центральной зоне Якутии за период с 2015 по 2021 года на основании официальных статистических данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по республике Саха (Якутия) и министерства сельского хозяйства республики Саха (Якутия).

Также проведён сравнительный анализ на основе сравнения современных статистических данных и приведённых данных в «Научно-справочном атласе сельского хозяйства Якутской АССР». Что позволило с позиции количественных показателей разведения крупного рогатого скота рассмотреть уровень механизации ферм, а также механизации перерабатывающих комплексов в центральной зоне Якутии.

Ключевые данные: В центральные районы республики Саха (Якутия) входят Амгинский улус, Горный улус, Кобяйский улус, Мегино-Кангаласский улус, Намский улус, Таттинский улус, Усть-Алданский улус, Чурапчинский улус, Якутск.

Более детально рассмотрена информация по количеству животноводческих комплексов, крупного рогатого скота (КРС) и уровню механизации перерабатывающего сектора на основании статистических данных АПК республики Саха (Якутии).

Ключевые слова: Животноводство, поголовья КРС, перерабатывающий сектор АПК.

ANALYSIS OF LIVESTOCK FARMS IN THE CENTRAL ZONE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

N.P. Alexandrov, V.S. Makarov

FSBEI HE Arctic state agrotechnological university
Yakutsk, Russia

The article analyzes the current state of functioning and development of livestock farms, as well as the processing sector located in the central zone of Yakutia for the period from 2015 to 2021, based on official statistics from the territorial authority of the federal state statistics service for the republic of Sakha (Yakutia) and the ministry of agriculture of the republic Sakha (Yakutia).

A comparative analysis was also carried out based on a comparison of modern statistical data and the data given in the "Scientific and reference atlas of agriculture of the Yakut autonomous soviet socialist republic". This made it possible to consider the level of mechanization of farms, as well as the mechanization of processing complexes in the central zone of Yakutia, from the standpoint of quantitative indicators of cattle breeding.

Key data: The central regions of the republic of Sakha (Yakutia) include: Amginsky ulus, Gorny ulus, Kobyaisky ulus, Megino-Kangalassky ulus, Namsky ulus, Tattinsky ulus, Ust-Aldansky ulus, Churapchinsky ulus, Yakutsk.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

The article considers in more detail information on the number of livestock complexes, cattle (cattle) and the level of mechanization of the processing sector based on statistical data from the agro-industrial complex of the republic of Sakha (Yakutia).

Key words: Animal husbandry, cattle population, agro-industrial complex processing sector.

За последнее столетие согласно статистическим данным Федеральной службы государственной статистики по республике Саха (Якутия) до 1994 года прослеживается значительный рост поголовья КРС [1]. Так, на начало 1994 года в республике было 409300 голов крупного рогатого скота. С 1993 года, с началом экономических реформ, которые имели тяжелые последствия для сферы животноводства Якутии, поголовье КРС снизилось на 2021 год до отметки ниже половины от достигнутого уровня 180900 голов, что повлияло на различные системы производства, недозагрузки мощностей и, наконец, всего процесса жизнедеятельности сельхоз хозяйств Якутии [5].

Таблица 1 – Животноводческих комплексы [2, 3]

Количество животноводческих комплексов по годам постройки										
№	Наименование	Не указали год постройки ЖВК	Ранее 2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Всего
Всего по РС (Я)		8	442	146	108	48	38	13	4	807
Центральная группа районов										
1	Амгинский	1	28	10	13	8	3	1	-	64
2	Горный	-	10	7	-	2	-	-	-	19
3	Кобяйский	-	14	4	4	-	1	1	-	24
4	Мегино-Кангаласский	-	41	14	11	4	2	1	-	73
5	Намский	1	23	8	6	4	3	2	1	48
6	Таттинский	-	45	11	10	4	1	-	-	71
7	Усть-Алданский	-	24	14	11	4	3	1	1	58
8	Чурапчинский	1	89	36	17	6	5	-	-	154
9	ГО «Город Якутск»	-	12	-	1	-	-	-	-	13
Итого: 71,13 %										574

В центральной группе районов функционируют 71,13 % всех животноводческих хозяйств республики Саха (Якутия). А это значит, что большая часть животноводческих ферм, а также производства молока и мясной продукции сосредоточенно в центральной полосе Якутии.

В таблице 2 представлены данные, которые указывают на то, что в 2021 году большая часть поголовья КРС сосредоточенно также в центральной зоне Якутии.

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Таблица 2 – Поголовье КРС [6, 7]

№	Наименование	Количество поголовья КРС	
		2021	
Всего по РС (Я)		180900	
Центральная группа районов			
1	Амгинский	11294	
2	Горный	5645	
3	Кобяйский	5270	
4	Мегино-Кангаласский	20695	
5	Намский	10617	
6	Таттинский	14954	
7	Усть-Алданский	15107	
8	Чурапчинский	20482	
9	ГО «Город Якутск»	3700	
Итого: 59,57 %		107764	

Для переработки производимой продукции животноводческими фермами по районам построены и функционируют по годам постройки:

Таблица 3 – Мясокомбинаты [4]

Количество мясокомбинатов по годам постройки									
№	Наименование	Не указали год постройки ЛФ	Ранее 2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Всего по РС (Я)		-	2	-	-	2	-	-	4
Центральная группа районов									
1	Таттинский	-	-	-	-	1	-	-	1
2	Усть-Алданский	-	1	-	-	-	-	-	1
3	Мегино-Кангаласский	-	1	-	-	-	-	-	1
4	Намский	-	1	-	-	-	-	-	1
5	Чурапчинский	-	1	-	-	-	-	-	1
6	ГО «Город Якутск»	2	4	-	-	2	-	-	8
Итого:									12

Из приведённых данных в таблице 3 видно, что всего на территории республики Саха (Якутия) на 2020 год работают 4 мясокомбината и 11 мясоперерабатывающих комбинатов, среди которых 2 (мясокомбината) и 10 (мясоперерабатывающих комбинатов), расположены в Центральной зоне Якутии. Из чего можно сделать вывод, что большую часть производимой продукции на животноводческих фермах перерабатывают и реализуют именно на этих мясокомбинатах, так как логистические затраты приводят к большому удорожанию, которые исходят из больших расстояний между районами, что является отличительной чертой республики.

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Таблица 4 – Молочные заводы, комбинаты и минизаводы [4]

№	Наименование	Количество объектов переработки молока по годам постройки молочные заводы и комбинаты		Количество объектов переработки молока по годам постройки молочный мини завод		
		до 2015	после 2015	до 2015	после 2015	всего
Всего по РС (Я)		28	6	1	5	40
Центральная группа районов						
1	Амгинский	1	-	-	-	
2	Горный	-	2	-	-	
3	Кобяйский	3	-	-	-	
4	Мегино-Кангаласский	3	-	-	-	
5	Намский	1	-	-	-	
6	Таттинский	2	1	-	-	
7	Усть-Алданский	2	-	-	-	
8	Чурапчинский	2	-	-	-	
9	ГО «Город Якутск»	1	1	-	-	
Итого: 47,5 %		55,88 % = 19		-		19

Мы видим в представленных выше данных, что при наличии 90,91 % всех перерабатывающих мясокомбинатов в центральной зоне и сосредоточении более 70 % животноводческих ферм, а также 59,57 % всего поголовья крупного рогатого скота, налицо существенные диспропорции в мясоперерабатывающем секторе республики, оставляя на 30 % всех оставшихся животноводческих комплексов в районах менее 1 % мясоперерабатывающих комбинатов. В отличие от мясопереработки показатели молокоперерабатывающих заводов 55,58 % от всего количества по Якутии, приравненных к поголовью КРС и всех животноводческих ферм, даёт возможность утверждать, что этот производственный сектор по переработке молока загружен в центральной зоне в полном объёме, а мясоперерабатывающие комбинаты не реализовывают ресурсы в полном объёме.

Таблица 5 – Сепаратные пункты [4]

№	Наименование	Количество объектов переработки молока по годам постройки сепараторный пункт		
		до 2015	после 2015	всего
Всего по РС (Я)		6	-	6
Центральная группа районов				
1	Амгинский	1	-	1
2	Усть-Алданский	3	-	3
Итого: 66,67 %				4

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

По статистическим данным министерства сельского хозяйства республики Саха (Якутия) в животноводческих фермах в Якутии содержатся на 2021 год 75549 голов КРС, в сельхоз организациях 25955 голов КРС по тем же данным, представленным выше, всего голов КРС в республике насчитывается 180900 [7]. Следует отметить, чуть менее половины, а именно 79396 голов КРС, 43,89 % от общего числа содержатся в частных подворьях, где дойка коров осуществляется собственными сепараторами или старым способом – ручным. В центральной группе из 9 районов, всего в двух районах – Амгинском и Усть-Алданском – построены и ведут хозяйственную деятельность сепаратные пункты, которые в своем количестве составляют более половины 66,67 % по всей республике. На основании чего мы можем сделать вывод о нехватке специализированных сепаратных пунктов как на всей территории республики Саха (Якутия), так и в рассматриваемых районах, так как большая часть, а именно 59,57 %, поголовья КРС содержится в центральной зоне.

Таблица 6 – Пункты приёма молока [4]

№	Наименование	Приёмный пункт		
		до 2015	после 2015	всего
Всего по РС (Я)		75	8	83
Центральная группа районов				
1	Амгинский	4	-	4
2	Горный	1	-	1
3	Кобяйский	5	1	6
4	Мегино-Кангаласский	23	-	23
5	Намский	8	-	8
6	Усть-Алданский	4	1	5
7	Чурапчинский	4	-	4
Итого: 61,45 %				51

В данной таблице мы видим, что 2 районах – Таттинском и ГО «Город Якутск» – отсутствуют стационарные приёмные пункты, а также в последних трёх таблицах в колонке после 2015 отсутствуют постройки, за последние 5 лет, только построено 2 приёмных пункта. Что указывает на практическое отсутствие роста поголовья КРС и тем самым и потребность развития перерабатывающей отрасли.

Таблица 7 – Маслоцеха [4]

№	Наименование	Маслоцеха		
		до 2015	после 2015	всего
1	2	3	4	5
Всего по РС (Я)		127	4	131
Центральная группа районов				
1	Амгинский	5	-	5

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

2	Горный	6	-	6
3	Кобяйский	4	1	5
4	Мегино-Кангаласский	7	-	7

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
5	Намский	8	2	10
6	Таттинский	9	-	9
7	Усть-Алданский	12	-	12
8	Чурапчинский	18	-	18
Итого: 54,96				72

По объёму постройки, а значит производства масла в центральных районах практически равно всей остальной части Якутии 54,96 %. Также как и в предыдущих таблицах большая часть за неимением 3 построек, маслоцеха открывались все до 2015 года.

Таблица 8 – Убойные площадки [4]

№	Наименование	Количество убойных площадок по годам постройки		
		до 2015	после 2015	всего
Всего по РС (Я)		1	-	1
Центральная группа районов				
1	Таттинский	1	-	1
Итого: 100 %				1

Таблица 9 – Убойные пункты [4]

№	Наименование	Количество убойных пунктов по годам постройки		
		до 2015	после 2015	всего
Всего по РС (Я)		4	9	13
Центральная группа районов				
1	Амгинский	-	1	1
2	Горный	-	1	1
4	Мегино-Кангаласский	1	2	3
5	Намский	-	2	2
7	Усть-Алданский	-	1	1
8	Чурапчинский	-	1	1
Итого: 69,23 %				9

В таблице 9 представлены данные, на которых 8 из 10 убойных пунктов построены за рассматриваемый период. Согласно данным, предоставленным Министерством сельского хозяйства республики Саха (Якутия), 1 площадка – 100 % находится в центральной зоне, и 69,23 %, 9 из 13 убойных пунктов. Оставляя на оставшиеся зоны 4 специализируемых убойных пункта.

Выводы. Показатели КРС за 7 лет с 2015 года по 2022 год изменились. Так, в 2015 году показатели КРС этого сектора были на отметке 190,9 тысяч

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

голов КРС, в том числе 77,2 тысяч коров, а в 2022 году показатели остановились на отметке 178,2 тысяч голов КРС, в том числе 74 тысяч коров. Данные за 18 лет с 1994 по 2022 год указывают на то, что в 1994 году было 400 тысяч голов КРС, а 2022 году показатели снизились до 178 тысяч голов КРС.

На условия жизнедеятельности животноводческих ферм влияет много факторов, один из которых мы рассматривали выше – механизация и постройка мясного и молочного перерабатывающего сектора, которые являются одними из основных жизнеобеспечивающих факторов для развития и выращивания КРС [8].

Исходя из приведённых данных и сделанных анализов можно сделать вывод, что при снижении показателей роста КРС в центральной зоне идёт прирост производственных перерабатывающих комплексов, убойные пункты с 2015 – 6 шт., масло цеха – 7 шт., пункты приёма молока – 10 шт., молочные заводы – 4 шт., мясоперерабатывающие заводы – 9 шт., что означает прирост технологической базы именно в перерабатывающем секторе.

А снижение поголовья указывает на отсутствие механизации и переработки в хозяйственном секторе по разведению КРС. Также снижение поголовья указывает на недозагруженность растущего перерабатывающего сектора, что скажется на дальнейшем его развитии, даже при сегодняшнем росте. И наоборот растущий перерабатывающий сектор дает потенциал для увеличения поголовья КРС и реализации выращиваемой продукции.

Список литературы

1. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР : крупный рогатый скот. - ГУГК СССР: 1989. – 68 с.
2. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Республике Саха (Якутия) : 5 т. Поголовье сельскохозяйственных животных. - Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по республике Саха (Якутия) – Якутск, 2018г. С. 10 - 14.
3. Итоги учёта скота, птицы, оленей и зверей : Статистический сборник № 4 / 229. Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия): 2018. С. 4 - 17.
4. Основные показатели агропромышленного комплекса за 2015 - 2020 годы: Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsel.sakha.gov.ru/deyat/Plani-i-pokazateli> (Дата обращения 13.09.2022).
5. Современное состояние и развитие животноводства в Республике Саха (Якутия), научная статья Д.Е. Винокурова, М.Н. Прохорова. Дата публикации : 31.12.2013 Экономика регионов. Выпуск № 4, 2013.
6. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство : Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sakha.gks.ru/selskoe_hoz (Дата обращения 11.09.2022).
7. Сельское хозяйство Республики Саха (Якутия) : Статистический сборник, годовые данные [Электронный ресурс] / Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) 2020. // Режим доступа: <https://sakha.gks.ru/folder/39429>.
8. Технология и механизация животноводства, учебное пособие: Животноводческие фермы и комплексы, Денисов С.В., Грецов А.С., Мишанин А.Л., 2018. С. 4 - 16.

References

1. Atlas of agriculture of the Yakut ASSR: cattle. - GUGK USSR: 1989. - 68 p.
2. Results of the All - Russian agricultural census of 2016 for the republic of Sakha (Yakutia): 5 tons / livestock of farm animals. - Territorial body of the federal state statistics service for the republic of Sakha (Yakutia) - Yakutsk, 2018. pp. 10 - 14.
3. Results of accounting for livestock, poultry, deer and animals: Statistical book No. 4/229. Territorial body of the federal state statistics service for the republic of Sakha (Yakutia): 2018. P. 4 - 17.
4. Main indicators of the agro - industrial complex for 2015 - 2020 : Ministry of agriculture of the republic of Sakha (Yakutia) [Electronic resource]. – Access mode : <https://minsel.sakha.gov.ru/deyat/Plani-i-pokazateli> (Accessed 09/13/2022).
5. Current state and development of animal husbandry in the republic of Sakha (Yakutia), scientific article by D.E. Vinokurova, M.N. Prokhorov. Publication date : 31.12.2013 Economics of regions | Issue № 4. 2013.
6. Agriculture, hunting and forestry: Territorial authority of the federal state statistics service for the republic of Sakha (Yakutia) [Electronic resource]. – Access mode : https://sakha.gks.ru/selskoe_hoz (Accessed 11.09.2022).
7. Agriculture of the republic of Sakha (Yakutia) : statistical collection, annual data [Electronic resource] / Territorial body of the federal state statistics service for the republic of Sakha (Yakutia) 2020. // Access mode: <https://sakha.gks.ru/folder/39429>.
8. Technology and mechanization of animal husbandry, textbook: Livestock farms and complexes, Denisov S.V., Gretsov A.S., Mishanin A.L., 2018. P. 4 - 16.

Сведения об авторе

Александров Николай Петрович – к.т.н., доцент кафедры технологические системы АПК инженерного факультета. Арктический государственный агротехнологический университет (677008, республика Саха (Якутия), г. Якутск, шоссе Сергеляхское, 3, e-mail: alenipet@mail.ru).

Макаров Вячеслав Сергеевич – магистрант, инженерный факультет. Арктический государственный агротехнологический университет (677008, республика Саха (Якутия), г. Якутск, шоссе Сергеляхское, 3, e-mail: alenipet@mail.ru).

Information about the author

Aleksandrov Nikolay P. – Ph.D., associate professor of the department of technological systems of the agroindustrial complex, faculty of engineering. Arctic state agrotechnological university (677008, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, shosse Sergelyakhskoe, 3, e-mail: alenipet@mail.ru).

Makarov Vyacheslav S. – undergraduate, faculty of engineering. Arctic state agrotechnological university (677008, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, shosse Sergelyakhskoe, 3, e-mail: alenipet@mail.ru).

УДК 631.22.018

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НАВОЗА НА ФРАКЦИИ

Е.А. Булаев, А.П. Сырбаков, С.В. Речкин, С.П. Матяш

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Новосибирск, Россия

Одним из ключевых вопросов, нуждающемся в настоящий момент в разрешении, является использование навозных стоков в качестве удобрений. Установлено, что независимо от способа удаления навоза его влажность на крупных свиноводческих комплексах составляет 96 - 98 %. Существующие технологии переработки навозных стоков крупных комплексов неэффективны, дорогостоящи и энергоёмки. Поиск эффективных, ресурсосберегающих технологий и устройств для их реализации – актуальная задача. Одно из перспективных направлений энерго- ресурсосбережения при переработки навозных стоков это использование их напора при непосредственном перекачивании.

Большое внимание уделено свойствам навозных стоков применительно к использованию их к разработке технических устройств для их разделения. На основе законов развития технических систем выполнены схемы развития основных устройств для разделения навозных стоков.

Проведённый функционально-стоимостной анализ с использованием теории решения изобретательских задач позволил выявить основные ресурсы, не используемые в существующих технических устройствах. Установлено, что основным техническим противоречием при разработке средств разделения навозных стоков является малая поверхность фильтрующих элементов и их забиваемость.

На основе выполненного анализа и идеально-функциональной модели очистки навозных стоков, предложены технические решения, позволяющие осуществить разделение навозных стоков за счёт напора навозной массы в трубопроводах и за счёт сил гравитации.

По предварительным данным это позволит снизить энерго- материалоёмкость процесса разделения навоза, оздоровить экологическую обстановку, в особенности в зонах крупных животноводческих комплексов.

Ключевые слова: Теория решения изобретательских задач, техническая система, нежелательные эффекты, разделение, напор, фильтрующий элемент, жидкая фракция.

IMPROVEMENT OF DEVICES FOR SEPARATING MANURE INTO FRACTIONS

E.A. Bulaev, A.P. Syrbakov, S.V. Rechkin, S.P. Matyash

FSBEI HE Novosibirsk SAU
Novosibirsk, Russia

One of the key issues currently in need of resolution is the use of manure as fertilizer. It has been established that, regardless of the method of manure removal, its moisture content in large pig-breeding complexes is 96 - 98 %. Existing technologies for processing manure runoff from large complexes are inefficient, expensive and energy intensive. The search for efficient, resource-saving technologies and devices for their implementation is an urgent task. One of the promising areas of energy and resource saving in the processing of manure is the use of their pressure during direct pumping.

Much attention is paid to the properties of manure in relation to their use in the development of technical devices for their separation. On the basis of the laws of development of technical systems, schemes for the development of the main devices for separating manure runoff were made.

The conducted functional cost analysis using the theory of inventive problem solving made it possible to identify the main resources that are not used in existing technical devices. It has been established that the main technical contradiction in the development of means for separating manure flows is the small surface of the filter elements and their clogging.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

On the basis of the performed analysis and an ideal-functional model of manure treatment, technical solutions are proposed that allow the separation of manure flows due to the pressure of the manure mass in pipelines and due to gravity forces.

According to preliminary data, this will reduce the energy and material intensity of the manure separation process, improve the environmental situation, especially in areas of large livestock complexes.

Key words: Theory of inventive problem solving, technical system, undesirable effects, separation, head, filter element, liquid fraction.

В нашей стране из всего получаемого за год навоза на удобрение используют не более 50 %. Одна из основных причин такого положения заключается в том, что почти половину объёма составляют навозные стоки и жидкий навоз, использование которых без предварительной подготовки весьма затруднительно.

Разделение навоза на фракции в технологии его переработки – наиболее сложный процесс, включающий в себя помимо основной операции многие вспомогательные, требует энергоёмкого и дорогостоящего оборудования. В связи с этим необходим поиск таких технических решений, которые упростили бы сам процесс и снижали энерго- и материалоёмкость оборудования.

Наиболее эффективный инструмент при разрешении технических противоречий (ТП) – теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) [1, 2]. Основным постулатом ТРИЗ является то, что технические системы (ТС) развиваются по объективным законам. Само же развитие ТС рассматривается как повышение степени их идеальности.

Чтобы рассмотреть возможность повышения идеальности наиболее распространённой системы разделения навоза с помощью дуговых сит, представим, её в виде структурно-элементной схемы (рисунок 1, а). Далее на основе анализа этой схемы выявим нежелательные эффекты (НЭ): НЭ-1 – разжижение навоза водой; НЭ-2 – переход коллоидных включений из дисперсной фазы в дисперсионную; НЭ-3, НЭ-6, НЭ-7 – измельчение включений в дисперсной фазе и жидкого навоза насосами; НЭ-5 – разрушение осадённого слоя навоза (гомогенизация); НЭ-4, НЭ-8 – безвозвратное рассеивание большей части энергии напора навозной массы.

Применим к рассматриваемой ТС метод «Свёртывания». Суть «Свёртывания» заключается в ликвидации ненужных вспомогательных и по возможности основных операций. В рассматриваемом процессе основная (создающая) операция – разделение навоза на фракции, остальные – вспомогательные (обеспечивающие).

Следовательно, главная задача «Свёртывания» заключается в совмещении основной операции с обеспечивающей, т.е. транспортирование навоза со свинокомплекса с исключением первой как самостоятельной из технологического процесса. Это достигается встраиванием «Сита» непосредственно в напорный навозопровод. Такой приём позволяет не только сократить число операций, но и использовать энергию напора самого навоза на его разделение. Поскольку в этом случае навоз разделяется непосредственно в трубо-

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

проводах, можно исключить резервуар-усреднитель, устройства для барботажа стоков (насосы) и насосы для их подачи на дуговые сита.

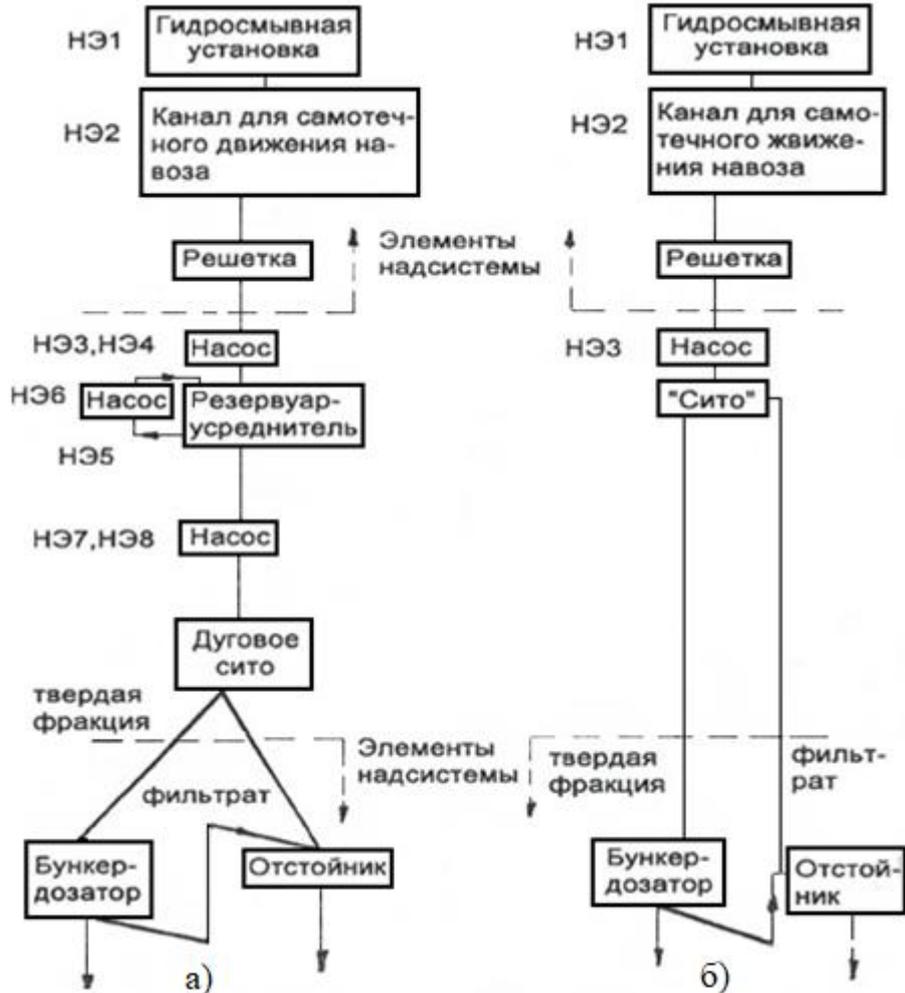


Рисунок 1 – Структурно-элементарная (а)
и функционально-идеальная модель (б) разделения навоза на фракции

Далее перегруппируем оставшиеся функции по элементам объекта и построим его функционально идеальную модель (ФИМ) (рисунок 1, б). В ФИМ включим также все НЭ, которые не были устранены при «Свёртывании» (их осталось три, вместо восьми в первоначальной ТС). Устранение первых двух НЭ невозможно, так как они находятся в надсистеме, и это потребует полного изменения технологической схемы удаления навоза. Операция транспортирования теперь стала создающей и сохранила НЭ, заключающаяся в измельчении частиц навоза.

Таким образом, путём «Свёртывания» получена существенно упрощённая по сравнению с первоначальной модель, разделения навоза на фракции.

Следующий не менее важный этап – создание работоспособного устройства для разделения навоза на фракции, которое должно быть встроено непосредственно в напорный трубопровод. Все ТС развиваются по определённым закономерностям. Развитие устройств для разделения жидкого навоза на фракции за счёт их напора рассмотрим на основе патентно-информационных материалов, а также литературных данных. Для анализа

было отобрано семь авторских свидетельств и патентов, на основе которых можно проследить эволюцию указанных устройств.

Совершенствование этих устройств (рисунок 2) начиналось с установки для разделения навоза путём его сжатия в перфорированном цилиндре с помощью внешнего энергоисточника [3]. Основным недостатком данной установки является её высокая энергоёмкость. Поэтому была предпринята попытка полного отказа от внешнего энергоисточника. Для разделения использовано давление навоза, перекачиваемого по трубопроводам.

В устройстве, работающем по этому принципу, фильтрующий элемент без каких-либо других приспособлений встроен непосредственно в напорный навозопровод [4].

Однако данное устройство оказалось неработоспособным из-за потери проницаемости фильтрующего элемента, обусловленной отложением на его внутренней поверхности слоя густой фракции навоза неконтролируемой толщины. Несмотря на это, идея использования напора навоза в трубопроводах для его разделения дала толчок созданию более совершенных устройств.

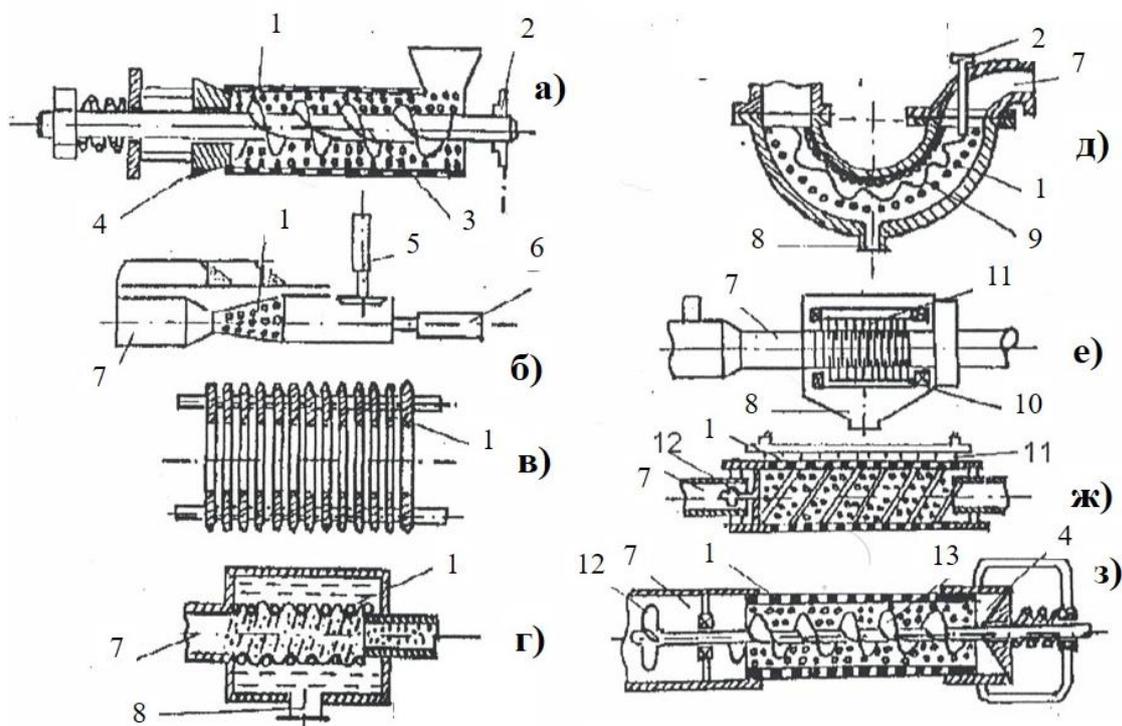


Рисунок 2 – Схема устройств для разделения навоза на фракции:

а – давление внутри фильтрующего элемента создаётся прессующим шнеком с приводом от внешнего энергоисточника, б, в, г – фильтрующие элементы различных конструкций встроены непосредственно в напорный навозопровод, д – внутренняя поверхность встроеного в навозопровод фильтрующего элемента очищается спиралью с приводом от внешнего энергоисточника, е, ж – внешняя поверхность встроеного в навозопровод фильтрующего элемента очищается с помощью приспособлений различных конструкций, приводимых в движение напором навоза, з – турбошнековый разделитель, 1 – фильтрующий элемент, 2 – привод, 3 – прессующий шнек, 4 – запорный конус, 5 – основной гидроцилиндр, 6 – дополнительный гидроцилиндр, 7 – напорный навозопровод, 8 – патрубок отвода жидкой фракции, 9 – спираль, 10 – барабан, 11 – щётка, 12 – турбинка, 13 – шнек – турбина.

Последующее совершенствование шло путём улучшения конструкции фильтрующего элемента, направленного на повышение его проницаемости. В частности, было предложено устройство с фильтрующим элементом, выполненным в виде пакета колец, закреплённых на штангах [5]. Кольца в поперечном сечении имели форму равнобедренной трапеции. В другом устройстве [6] фильтрующий элемент выполнен в виде перфорированного упруго-эластичного рукава, размещённого внутри пружины. Внутренняя поверхность рукава, по замыслу авторов устройства, должна очищаться благодаря его смещению относительно пружины и вывертыванию наружу краёв перфорации рукава из-за возрастания в нём давления.

В обоих этих устройствах сохранился прежний недостаток. После исчерпания ресурсов совершенствования устройств путём изменения конструкции фильтрующего элемента произошёл переход на качественно новый уровень: в устройстве для разделения навоза использовано приспособление для съёма осадка с внутренней поверхности фильтрующей перегородки и транспортирования его к выходу. Фильтрующий элемент выполнен в виде пружины с размещённой внутри неё ленточной спиралью, приводимой в движение внешним энергоисточником [7]. В этом устройстве предыдущий недостаток устранён, однако появился другой – необходим внешний энергоисточник.

Далее устройства развиваются путём расширения их функциональных возможностей: энергию напора навоза используют не только для его разделения, но и для очистки внешней поверхности фильтрующего элемента. Например, предложено устройство [8], фильтрующий элемент которого охвачен барабаном с закреплёнными на его лопастях скребками, очищающими внешнюю поверхность фильтрующего элемента. Барабан приводится во вращение давлением жидкой фракции на наклонные лопасти барабана, при этом патрубок отвода жидкой фракции установлен тангенциально к камере жидкой фракции.

В другом устройстве [9] фильтрующий элемент установлен так, что он имеет возможность вращаться вокруг своей продольной оси относительно примыкающих к нему участков трубопровода. Во вращение фильтрующий элемент приводится кинематически связанной с ним турбинкой, при этом на его внутренней поверхности выполнены винтообразные направляющие. Наружная поверхность фильтрующего элемента по всей его длине очищается щёткой.

Однако во всех устройствах без внешнего источника проблема очистки внутренней поверхности фильтрующего элемента полностью не решена. Косвенным подтверждением этого является отсутствие публикаций по результатам их исследований, хотя временной промежуток между первым техническим решением [3] и последним [9] составляет 14 лет.

В связи с этим произошёл практически возврат по спирали к установке, с которой начиналось совершенствование этих устройств, но на качественном новом уровне: привод рабочих органов для съёма осадка с внутренней

поверхности фильтрующего элемента и транспортирование осадка к выходу выполняются благодаря напору навоза [10]. В этом устройстве внутри неподвижного фильтрующего элемента размещен шнек с турбинкой, установленной на примыкающем к входной зоне фильтрующего элемента участке трубопровода. Шнек-турбина выполняет в этом устройстве две функции: съём осадка густой фракции навоза с внутренней поверхности фильтрующего элемента и транспортирование его к выходу.

Экспериментальными исследованиями установлено, что предложенное устройство при разделении стоков влажностью 97...99 % по степени разделения (56 %) почти вдвое превосходит дуговые сита СД-Ф-50 (25...30 %). При производительности макетного образца 30 м³/ч влажность густой фракции на фильтрующем элементе с диаметром отверстий 3,5 мм составила 84 %, фильтрата – 99,4 % [11].

Таким образом, разработанная с применением ТРИЗ функционально-идеальная модель разделения навозных стоков на фракции позволяет существенно упростить технологическую схему их обработки и одновременно снизить энерго- и материалоёмкость процесса.

Список литературы

1. Альтшуллер, Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач) / Г.С. Альтшуллер, Б.Л. Злотин, А.В. Зусман, В.И. Филатов // - Кишинев, Картя Молдовеняскэ, 1989 г. 381 с.
2. Применение методов технического творчества при проведении функционально - стоимостного анализа: Метод. рекомендации / ВНИИ информ. и техн. - экон. исслед. в электротехнике; [Разраб. Герасимов В.М. и др.]. - М. : Ин - т «Информэлектро», 1990. - 59 с.
3. А.с. 576090 СССР. Устройство для разделения навоза на фракции / С.С. Одынец, В.А. Руйгул, П.Г. Гаркали – Оpubл. в Б.И. № 38, 1977.
4. А.с. 694149 СССР. Устройство для транспортирования навоза / В.К. Паршин – Оpubл. в Б.И. № 40, 1979.
5. А.С. 1117026 СССР. Устройство для разделения навоза на фракции при транспортировании / В.Н. Долматов, Ю.Н. Васильев, Н.Г. Фатеев, В.А. Исаев – Оpubл. в Б.И. № 37, 1984.
6. А.с. 1561862 СССР. Устройство для разделения навоза на фракции / В.А. Гребцов, В.Е. Тройнин, Н.В. Конопкин, П.А. Цыкав – Оpubл. в Б.И. № 17, 1990.
7. А.с. 1371557 СССР. Устройство для разделения навоза на фракции / А.А. Ковалев, В.С. Степка, В.М. Клычев – Оpubл. в Б.И. № 5, 1988.
8. А.с. 1667758 СССР. Устройство для разделения навоза на фракции при транспортировании / В.А. Гребцов, В.Е. Тройнин, В.В. Котов – Оpubл. в Б.И. № 29, 1991.
9. Патент 1687153 Российская Федерация. Устройство для разделения навоза на фракции при транспортировании / В.П. Ожигов, Е.А. Булаев – Оpubл. в Б.И. № 40, 1991.
10. Булаев, Е.А. Теоретическое обоснование использования рекуперативной гидравлической энергии при разделении навоза на фракции / Е.А. Булаев, С.В. Речкин, А.П. Сырбаков // 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. 96 - 104.

References

1. Altshuller, G.S. Search for new ideas: from insight to technology (theory and practice of inventive problem solving) / G.S. Altshuller, B.L. Zlotin, A.V. Zusman, V.I. Filatov // - Chisinau, Kartya Moldovenyaske, 1989 - 381 p.
2. Application of methods of technical creativity in the conduct of functional cost analysis: Method. recommendations / VNII inform. and tech.-econ. research in electrical engineering; [Dev. Gerasimov V.M. and etc.]. - M. : In - t "Informelectro", 1990. - 59 p.
3. A.s. 576090 USSR. Device for separating manure into fractions / S.S. Odynets, V.A. Ruytul, P.G. Garkali – Published. in B.I. No. 38, 1977.
4. A.s. 694149 USSR. Device for transporting manure / V.K. Parshin – Published. in B.I. No. 40, 1979.
5. A.S. 1117026 USSR. Device for separating manure into fractions during transportation / V.N. Dolmatov, Yu.N. Vasiliev, N.G. Fateev, V.A. Isaev – Published. in B.I. No. 37, 1984.
6. A.s. 1561862 USSR. Device for separating manure into fractions / V.A. Grebtsov, V.E. Troinin, N.V. Konopkin, P.A. Tsykav – Published. in B.I. No. 17, 1990.
7. A.s. 1371557 USSR. Device for separating manure into fractions / A.A. Kovalev, V.S. Stepka, V.M. Klychev– Publ. in B.I. No. 5, 1988.
8. A.s. 1667758 USSR. Device for separating manure into fractions during transportation / Grebtsov V.A., Troinin V.E., Kotov V.V. – Published. in B.I. No. 29, 1991.
9. Patent 1687153 Russian Federation. Device for separating manure into fractions during transportation / V.P. Ozhigav, E.A. Bulaev– Published. in B.I. No. 40, 1991.
10. Bulaev, E.A. Theoretical substantiation of the use of recuperative hydraulic energy in the separation of manure into fractions / E.A. Bulaev, S.V. Rechkin, A.P. Syrbakov // Topical issues of engineering and technological support of the agro - industrial complex: Materials IX National scientific and practical conference with international participation, Irkutsk, september 23 - 24, 2021. - Youth: Irkutsk state agrarian university. A.A. Yezhevsky, 2021. - S. 96 - 104.

Сведения об авторах

Булаев Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: evgenii-bulaev@mail.ru).

Сырбаков Андрей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Речкин Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Матяш Сергей Петрович – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Information about the authors

Bulaev Evgeniy A. – 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 str. 160, e-mail: evgenii-bulaev@mail.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 str. 160, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Rechkin Sergey V. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov str. 160, e-mail: sto.111@mail.ru).

Matyash Sergey P. – senior lecturer, department of automobiles and tractors, faculty of engineering. Novosibirsk state agrarian university (630039, Novosibirsk, Dobrolyubov St. 160, e-mail: smataysh@yandex.ru).

УДК 628.477

ВОЗМОЖНОСТИ БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СВИНОВОДСТВА

О.С. Едисеев, В.П. Друзьянова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова
Якутск, Россия

В статье рассматриваются существующие проблемы по утилизации отходов свиноводства на примере ООО «Хатасский свинокомплекс». Рассматриваются количество заготавливаемого мяса в год и количество вырабатываемых отходов, которые сливаются в открытый полигон. Производимый навоз вывозится на открытый полигон без предварительного обеззараживания и переработки [2, 3, 5, 6, 8]. Дальность перевозки до открытого полигона составляет 19 км, куда ежедневно вывозится порядка 50 т отходов в виде жидкого навоза. В настоящее время существуют различные способы утилизации бесподстилочного навоза [1]. В качестве эффективной технологии утилизации с одновременным получением качественного удобрения и альтернативного топлива является анаэробная биогазовая технология [2, 8, 9, 10]. Мы предлагаем применить на данном предприятии накопительную психрофильную анаэробную технологию [7]. Исследованиями европейских и американских учёных обосновано, что свиные отходы особенно богаты маслами, очень похожими на нефть, класс которых слишком низок, чтобы сделать бензин, но вполне подходит для асфальта. Соответственно, можно после вывода вредных составляющих – огромного количества азота в виде аммиачных соединений, сильной кислотной реакции, получать исходное сырьё для модификации нефтяных дорожных битумов, применяемых в условиях 1 дорожно-климатической зоны [7]. Поэтому нами выполнена работа по получению исходного сырья для разработки модификатора битума.

Ключевые слова: Свиноводство, отход животноводства, навоз, удобрение, биогазовая технология, нефть, битумы, модификаторы битума.

POSSIBILITIES OF BIOGAS TECHNOLOGY BASED ON PIG WASTE

O.S. Ediseev, V.P. Druzyanova

North-Eastern federal university. M.K. Ammosova
Yakutsk, Russia

The article discusses the existing problems in the disposal of pig breeding waste on the example of Khatassky pig farm LLC. The amount of harvested meat per year and the amount of waste generated that are discharged into an open landfill are considered. Produced manure is taken to an open landfill without preliminary disinfection and processing [2, 3, 5, 6, 8]. The transportation distance to the open landfill is 19 km, where about 50 tons of waste in the form of

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

liquid manure is transported daily. Currently, there are various ways to dispose of bedless manure [1]. Currently, there are various ways to dispose of bedless manure [1]. Anaerobic biogas technology is an effective recycling technology with simultaneous production of high-quality fertilizer and alternative fuel [2, 8, 9, 10]. We propose to apply accumulative psychrophilic anaerobic technology at this enterprise [7]. Research by European and American scientists proved that pig waste is especially rich in oils, very similar to oil, the class of which is too low to make gasoline, but quite suitable for asphalt. Accordingly, after the removal of harmful components - a huge amount of nitrogen in the form of ammonia compounds, a strong acidic reaction, it is possible to obtain the feedstock for the modification of oil road bitumen used in the conditions of 1 road-climatic zone [7]. Therefore, we have completed work on obtaining raw materials for the development of a bitumen modifier.

Key words: Pig breeding, animal waste, manure, fertilizer, biogas technology, oil, bitumen, bitumen modifiers.

ООО «Хатасский свинокомплекс» основан в 1986 году и на сегодня является крупнейшим действующим на промышленной основе свиноводческим комплексом в республике Саха (Якутия), который круглогодично поставляет для населения столицы и улусов свежую, охлаждённую и замороженную свинину, субпродукты и живых поросят.

Годовое производство мяса составляет порядка 530 т, производство и продажа живых поросят 3000 голов. Помимо этого, ежегодно предприятие реализует населению республики поросят в количестве 600 голов по программе «Дорашивание поросят».

На данном предприятии одной из главных проблем является процесс переработки и утилизации навоза. В настоящее время производимый навоз вывозится в открытый полигон без предварительного обеззараживания и переработки [2, 3, 5, 6, 8]. Дальность перевозки до открытого полигона составляет 19 км, куда ежедневно вывозится порядка 50 т отходов в виде жидкого навоза. Известно, что при сливе навоза без предварительной переработки он становится опасным и агрессивным источником загрязнения окружающей среды.

В настоящее время существуют различные способы утилизации бесподстилочного навоза [1]. В качестве эффективной технологии утилизации с одновременным получением качественного удобрения и альтернативного топлива является анаэробная биогазовая технология [2, 8, 9, 10].

Мы предлагаем применить на данном предприятии накопительную психрофильную анаэробную технологию [7].

Исследованиями европейских и американских учёных обосновано, свиные отходы особенно богаты маслами, очень похожими на нефть, класс которых слишком низок, чтобы сделать бензин, но вполне подходит для асфальта. Соответственно, можно после вывода вредных составляющих – огромного количества азота в виде аммиачных соединений, сильной кислой реакции, получать исходное сырьё для модификации нефтяных дорожных битумов, применяемых в условиях дорожно-климатической зоны [7].

В настоящее время в республике Саха (Якутия) стоимость битума составляет 40000 руб./т. Для приготовления 1 т асфальтобетонной смеси тре-

буется порядка 60 - 70 кг битума. Одной тонной мелкозернистой асфальто-бетонной смеси можно произвести укладку 6 м² при толщине слоя 7 см. Соответственно, для укладки асфальтом одного километра автомобильной дороги 4 категории в условиях Якутии только на закупку битума требуется 3360000 руб. с учётом розлива битума для сцепления асфальтобетонного покрытия, без учёта стоимости его плавления на АБЗ.

На наш взгляд, для переработки свиного навоза в условиях Якутии с дальнейшим получением сырья для модификатора битума, наиболее подходит анаэробная биогазовая технология.

Исследования по получению из свиного навоза модификатора битума решено проводить по следующей схеме, включающей нижеприведённые этапы:

- 1) Сооружение лабораторной накопительной психрофильной анаэробной установки (ЛНПАУ);
- 2) Утилизация свиного навоза в ЛНПАУ;
- 3) Высушивание и измельчение эффлюента (переработанного сырья);
- 4) Физико-химический анализ измельчённого эффлюента;
- 5) Исследования по применению эффлюента в качестве модификатора битума.

После загрузки установки сжиженным навозом в объёме 2 / 3 части метантенка, за 14 - 20 дней происходит процесс анаэробного сбраживания с выделением газов – углекислого газа, а затем биогаза.

Далее, проводится сушка эффлюента (переработанного сырья) двумя способами:

- 1) в сушильном шкафу;
- 2) в естественных условиях на улице.

После высушивания проводится измельчение высушенного эффлюента на лабораторном экструдере, затем производится дальнейшее измельчение на лабораторной шаровой мельнице.

Таким образом, в настоящее время нами выполнены три из пяти этапов на пути получения модификатора битума из эффлюента свиного навоза.

Исследования продолжаются.

Список литературы

1. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения / Г. Кориат, М. Бельке, П. Ведекинд [и др.]. М. : Колос, 1978. 271 с.
2. Варламов, Т.П. Механизация удаления и использования навоза. М. : Колос, 1969. 199 с.
3. Гасанов Алекпер, Шыхалиев Керем Исследования процесса получения покрытий различного назначения на основе нефтяного битума: монография. – М. : НИЦ МИСИ, 2018. – 64 с.
4. Горбунов, А.В. Центровывоз животноводческой продукции в агропромышленном комплексе. М. : Агропромиздат, 1988. 110 с.
5. Докучаев Н.А., Стома Л.А., Гогин В.М. Удаление и использование навоза. М. : Россельхозиздат, 1976. 53 с.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

6. Долгов В.С. Гигиена уборки и утилизации навоза. М. : Россельхозиздат, 1984. 175 с.
7. Друзьянова, В.П. Ресурсосберегающая технология утилизации бесподстильного навоза крупного рогатого скота в условиях Республики Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2004. 24 с.
8. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды / Ю.И. Ворошилов, С.Д. Дурдыбаев, Л.Н. Ербанова [и др.]. М. : Агропромиздат, 1991. 107 с. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды / Ю.И. Ворошилов,
9. Ковалёв, Н.Г., Глазков И.К. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах. М. : Агропромиздат, 1989. 160 с.
10. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. Л. : Агропромиздат, 1985. 640 с.

References

1. Bedless manure and its use for fertilizer / G. Koryat, M. Belke, P. Wedekind [and others]. М. : Koloc, 1978. 271 p.
2. Barlamov, T. P. Mechanization of removal and use of manure. М. : Koloc, 1969. 199 p.
3. Hasanov Alekper, Shikhaliyev Kerem Studies of the process of obtaining coatings for various purposes based on petroleum bitumen: monograph. – М. : NITs MISI, 2018. – 64 p.
4. Gorbynov, A.V. Center export of livestock products in the agro - industrial complex. М. : Agropromizdat, 1988. 110 p.
5. Dokuchaev N.A., Stoma L.A., Gogin V.M. Removal and use of manure. М. : Pokselkhozizdat, 1976. 53 p.
6. Dolgov, V.C. Hygiene of cleaning and disposal of manure. М. : Pokselkhozizdat, 1984. 175 p.
7. Dryzyanova, V.P. Recycocococis saving technology for the utilization of bedding manure of cattle in the conditions of the republic of Saxa (Yakutia) : abstract. dis. ... cand. technical nayk. Ulan-Ude, 2004. 24 p.
8. Livestock complexes and environmental protection / Yu.I. Boroshilov, S.D. Durdybaev, L.N. Erbanova [and others]. М. : Agropromizdat, 1991. 107 p. Animal breeding complexes and environmental protection / Yu.I. Boroshilov,
9. Kovalev N.G., Glazkov I.K. Designing manure disposal systems at the complex. М. : Agropromizdat, 1989. 160 p.
10. Melnikov, S.V. Technological equipment of livestock farms and complexes. L. : Agropromizdat, 1985. 640 p.

Сведения об авторах

Едисеев Олег Сергеевич – аспирант кафедры эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис автодорожного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677000, Россия, республика Саха (Якутия), город Якутск, тел. 89248743802, e-mail: olegediseev@yandex.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), город Якутск, тел 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Information about the authors

Ediseev Oleg S. – post-graduate student of the department of road transport operation and car service of the road faculty, North-Eastern federal university named after I.I. M.K. Ammosov (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), city of Yakutsk, tel. 89248743802, e-mail: olegediseev@yandex.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), city of Yakutsk, tel. 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

УДК 631.356.4:658.562

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Д. Коваливнич, Е.В. Елтошкина, А.В. Кузьмин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Повреждаемость клубней является одним из главных факторов сдерживания роста уровня механизации уборки картофеля. В последнее время в силу оказываемых экономических санкций со стороны западных стран намечается рост отечественного сельского хозяйства. Так вопросам изучения устойчивости картофеля к механическим повреждениям уделяется большое внимание.

Цель данной работы наметить перспективы развития, обеспечивающей минимальные повреждения клубней при уборке, предназначенную для конкретных почвенных и климатических условий Иркутской области. В связи с этим, решались следующие задачи: провести анализ современных конструкций рабочих органов картофелеуборочных машин, с точки зрения уменьшения повреждений клубней, выбрать и обосновать параметры рабочих органов. Нами были разработаны несколько технических средств, предназначенных для использования в процессе выведения новых сортов картофеля. Таким образом, мы можем вычислить скорости падения клубня картофеля, углы подъёма лопасти и некоторые другие параметры. Применение разработанных нами подробных математических моделей технологических процессов, происходящих в специальных технических средствах, позволяет вычислить некоторые конструкционные параметры, зная приблизительные значения скоростей ударов клубней во время реальной уборки картофеля. Мы пришли к выводу, что мякоть клубня обладает как упругими, так и упругопластическими свойствами.

Ключевые слова: Клубни, устойчивость, механические повреждения, селекция картофеля, параметры, технические средства.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POTATO HARVESTING EQUIPMENT IN THE IRKUTSK REGION

V.D. Kovalivnich, E.V. Eltoshkina, A.V. Kuzmin

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The damage of tubers is one of the main factors in restraining the growth of the level of mechanization. Recently, due to the economic sanctions imposed by Western countries, the growth of domestic agriculture is planned. Thus, the issues of studying potato resistance to mechanical damage are given great attention.

The purpose of this work is to outline the prospects for the development of potato harvesting equipment that ensures minimal damage to tubers during harvesting, designed for specific soil and climate. We have developed several technical means intended for use in the process of breeding new potato varieties. Thus, we can calculate the potato tuber fall rates, blade lift angles, and some other parameters. The use of detailed mathematical models of technological processes developed by us, taking place in special technical means, allows us to calculate some structural parameters, knowing the approximate values of the speeds of the tubers during the actual harvesting of potatoes. Analyzing the results obtained, we came to the conclusion that the tuber pulp has both elastic and elastic-plastic properties.

Key words: Tubers, resistance, mechanical damage, potato selection, parameters, technical means.

Введение. В последние годы в Иркутской области производится картофель в пределах 600 тыс. тонн, что полностью обеспечивает население области данным продуктом питания.

Для развития картофелеводства необходим полный набор техники для возделывания картофеля, укрепление материально-технической базы подготовки для реализации и хранения картофеля.

Основные результаты.

В Иркутской области наиболее распространены сорта картофеля, которые отличаются скоростью созревания, урожайностью, адаптацией к климату:

- раннеспелые сорта: полёт, пушкинец, бородинский, снегирь, маламур;
- среднеранних и среднеспелых сортов: лина, невский, гранат, сарма.

В качестве наиболее перспективных, среди производителей сельскохозяйственной продукции отмечаются сорта: Иркутский розовый, ред скарлет, розара, зекура, нерпёнок.

Сегодня приоритетами являются биологизация и экологизация отрасли, усиления почвозащитной, фитосанитарной, средообразующей и других экологических функций; максимальное использование органических удобрений, севообороты с многолетними травами, сидераты, пожнивные и поукосные культуры, дробное внесение удобрений в виде подкормок и минимализация обработок почв, новая система защиты растений. Всё это даёт возможность перейти к адаптивному картофелеводству, где в основе лежат качество продукции, охрана окружающей среды, сохранение оптимального равновесия в экосистемах [2].

Минусом в производстве картофеля в области является недостаточно развитое семеноводство или почти его отсутствие, малое распространение на полях местных и отечественных сортов. Слабый рынок сбыта продукции, низкая товарность культуры (40 - 50 %), мало вносится под картофель удобрений, особенно органических, слабо развита материально-техническая база хранения, предпродажной подготовки картофеля к реализации и переработки картофеля. Много нерешённых вопросов технологии его выращивания [3].

Годовое потребление картофеля по медицинским нормам составляет 120 - 130 кг на человека, в области его производится намного больше (240 -

250 кг/чел.), поэтому часть его должна реализовываться в соседние регионы, в республику Бурятию, Якутию, Забайкальский край.

В Иркутской области в последние годы площадь посадок картофеля во всех категориях хозяйств составила 42 тыс. га, средняя урожайность культуры составила 14 - 15 т/га.

В программе [1] отмечается, что необходимо развивать интенсивные технологии, базирующиеся на новом поколении тракторов и сельскохозяйственных машин, увеличении внесения минеральных удобрений и выполнении работ по защите растений от вредителей и болезней, переходе на посев перспективными высокоурожайными сортами и гибридами. По отдельным культурам необходимо существенное расширение посевных площадей.

В программе предусматривается увеличение производства картофеля в стране.

Вместе со стабилизацией сбыта выращенного урожая, в том числе и для будущей промышленной переработки, возрастёт экономический интерес к нему у многих сельхозпредприятий, сохранивших до сих пор свои кадры механизаторов и материально-техническую базу картофелеводства.

Однако наряду с совершенствующимися приёмами и способами возделывания и уборки картофеля существует следующая проблема: возрастающий удельный вес механических повреждений клубней при уборке.

Наши исследования показали, что создать универсальную конструкцию комбайна, удовлетворяющую многообразию условий выращивания картофеля проблематично. Поэтому картофелеуборочную технику необходимо производить для определённых конкретных условий: почвы, климата [9]. В Иркутской области и в других районах с тяжёлыми почвами [10] необходимо применять вместо прутковых сепараторов более активные рабочие органы для улучшения сепарации почвы и клубней, например, роторные сепараторы.

Таким образом, одним из направлений снижения повреждений клубней является совершенствование конструкций картофелеуборочной техники, в частности комбайнов, с использованием роторных сепарирующих органов, представляющих собой систему параллельных валов, на которых в шахматном порядке закреплены пальцевые роторы с перекрытием пальцев для относительно тяжёлых почв [4], например, для условий Иркутской области.

В настоящее время появилась проблема пригодности сортов картофеля к механизированной уборке. Возникла необходимость вести направленную селекцию на повышенную устойчивость картофеля к механическим повреждениям. Мы тоже спроектировали несколько технических средств [5, 6, 7, 8]. В результате мы пришли к выводу, что мякоть клубня обладает как упругими, так и упругоэластическими свойствами.

Выводы. В результате проведённых исследований мы пришли к следующим выводам:

- В Иркутской области необходимо использовать роторные сепарирующие рабочие органы, которые при хорошей сепарации менее повреждают клубни – до 1,5 %.
- Мякоть клубня обладает как упругими, так и упругопластическими свойствами.

Список литературы

1. Федеральная научно - техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/.
2. Дмитриев, Н.Н. Становление и развитие научной школы агроэкологии Предбайкалья / Н.Н. Дмитриев, А.А. Мартемьянова, Р.В. Замашиков, Е.Ш. Дмитриева // Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2021; 5 (106): 29 - 41. DOI: 10.51215/1999-3765-2021-106-29-41.
3. Окладчик, С.А. Картофелеводство в хозяйствах Иркутской области. Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2020; 101:49-58. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-49-58.
4. Остроумов, С.С. Результаты полевых испытаний нового картофелеуборочного комбайна [Текст] / С.С. Остроумов // Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». Выпуск 36. – Иркутск, 2009. – С. 86 - 92.
5. Устройство для определения повреждаемости корнеплодов [Текст]: пат. 2073228 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. - № 93038831/15; заявл. 27.07.93; опубл. 10.02.97, Бюл. № 4. – 3 с.
6. Имитатор повреждения клубней [Текст]: пат. 2110057 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. - № 95121255/13; заявл. 05.12.95; опубл. 27.04.98, Бюл. № 12. – 3 с.
7. Определитель повреждаемости клубней [Текст]: пат. 2321851 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/02. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. - № 2005121808 / 11; заявл. 11.07.2005; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 10. – 4 с.
8. Имитатор повреждаемости клубней [Текст]: пат. 2598883 Российская Федерация, МПК G01N 33/02. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского – ФГБОУ – ВПО. - № 2014125786/15; МПК G01N 33/02, заявл. 25.006.2014; опубл. 27.09.2016. - Бюл. № 27. – 5 с.
9. Кузьмин, А.В. Методы снижения повреждаемости клубней картофеля и совершенствования картофелеуборочных машин: Дис. ... д - ра техн. наук: 05.20.01 [Текст] / А.В. Кузьмин. - М. , 2005. – 238 с.
10. Почва Иркутской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://baikal.shamora.info/>.

References

1. Federal`naya nauchno - texnicheskaya programma razvitiya sel`skogo hozyajstva na 2017-2025 gody` [Federal scientific and technical program for the development of agriculture for 2017-2025] - Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/.
2. Dmitriev, N.N. Stanovlenie i razvitie nauchnoj shkoly` agroekologii Predbaikal`ya. [Formation and development of the scientific school of agroecology of the Baikal region.] / N.N.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Dmitriev, A.A. Martemyanova, R.V. Zamashchikov, E.S. Dmitrieva // Scientific and practical journal "Bulletin of the IrGSHA". 2021; 5(106): 29-41. DOI: 10.51215/1999-3765- 2021-106-29-41.

3. Okladchik, S.A. Kartofelevodstvo v hozyajstvah Irkutskoj oblasti [Potato farms in the Irkutsk region]. "Scientific and practical journal "Bulletin of ISAA". 2020; 101:49 - 58. DOI: 10.51215/1999- 3765-2020-101-49-58.

4. Ostroumov, S.S. Rezul'taty` polevy`x ispy`tanij novogo kartofeleuborochnogo kombajna [Results of field tests of a new potato harvester] / Scientific and practical journal "Bulletin of the IrGSHA". Issue 36. – Irkutsk, 2009. – pp. 86 - 92.

5. Ustrojstvo dlya opredeleniya povrezhdaemosti korneplodov [Device for determining the damage of root crops] [Text]: Pat. 2073228 Russian Federation, IPC G 01 N 3/32. / V.A. Kuzmin, D.B. Labarov; declare - tel and patentee of the Buryat agricultural institute – FGBOU – VPO. No 93038831/15; IPC G 01 N 3/32, Appl.27.07.93; published.10.02.97. - Bull. No. 4. – 3 p.

6. Imitator povrezhdeniya klubnej [Tuber damage simulator] [Text]: Pat. 2110057 Russian Federation, IPC G 01 N 3/32. / V.A. Kuzmin, D.B. Labarov; applicant and patentee of the Buryatskiye state agricultural academy – FGBOU – VPO. No 95121255/13; IPC G 01 N 3/32, Appl.05.12.95; publ. 27.04.98. - Bull. No. 12. – 3 p.

7. Opredelitel povrezhdaemosti klubnej [Determinant of tuber damage] [Text]: Pat. 2321851 Russian Federation, G01N 33/02. / A.V. Kuzmin [et al.]; applicant and patent holder Buryat state agricultural academy – FGBOU – VPO. No 2005121808/11; IPC G01N 33/02, Appl.11.07.2005; publ. 20.01.2007. - Bull. No. 10. – 4 p.

8. Imitator povrezhdaemosti klubnej [Tuber damage simulator] [Text]: Pat. 2598883 Russian Federation, IPC G01N 33/02. / A.V. Kuzmin [et al.]; applicant and patent holder Irkutsk state agrarian University named after A.A. Ezhevsky – FGBOU – VPO. No 2014125786/15; IPC G01N 33/02, Appl.25.006.2014; publ. 27.09.2016. - Bull. No. 27. – 5 p.

9. Kuzmin, A.V. Metody snizheniya povrezhdayemosti klubney kartofelya i sovershenstvovaniya kartofeleuborochnykh mashin [Methods of reducing damage to potato tubers and potato upgrading of machines]: Dis. ... d - RA tekhn. Sciences: 05.20.01 [Text] / A.V. Kuzmin. – M. , 2005. - 238 p.

10. Pochva Irkutskoj oblasti [The soil of the Irkutsk region] [Electronic resource]. – Access mode: <http://baikal.shamora.info/>.

Сведения об авторах

Коваливнич Виктория Дмитриевна – старший преподаватель кафедры эксплуатации МТП, БЖД и ПО (664038, Иркутская область, г. Иркутск, пос. Молодёжный; Тел. 89500902261, E-mail: Kovaliv07@mail.ru).

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики (664038, Иркутская Область, г. Иркутск, ул. Лебедева - Кумача, д. 29, кв. 64., тел. 89081292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru).

Кузьмин Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и общинженерных (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89503835361, e-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

Information about the authors

Kovalivnich Victoria D. – senior lecturer of the department of operation of mtp, bzhd and po (664038, Irkutsk region, Irkutsk, village youth, tel. 89500902261, E-mail: Kovaliv07@mail.ru).

Yeltoshkina Evgeniya V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of mathematics (664038, Irkutsk region, Irkutsk, Lebedeva - Kumacha str., 29, sq. 64, tel. 89081292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru).

Kuzmin Alexander V. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical services and general engineering disciplines (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth; tel. 89503835361, E-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

УДК 631.172

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ВИЛЮЙСКОГО РАЙОНА

Н.В. Петров, Н.С. Андреев

ФГБОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Якутск, Россия

В статье приводятся данные анализа по применению биогаза в республике Саха (Якутия). Наиболее перспективным для использования биогазовой технологии в РС (Я) с точки зрения развитости сельского хозяйства является Вилюйский улус, так как на территории расположено 35 сельскохозяйственных предприятий. На основании изученных теоретических данных произведён расчёт ожидаемого объёма получаемого биогаза от навоза КРС, содержащегося в труднодоступных поселениях Вилюйского улуса.

Ключевые слова: Биогазовая технология, биогаз, труднодоступный населённый пункт, крупный рогатый скот, сельское хозяйство.

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOGAS TECHNOLOGY ON THE EXAMPLE OF HARD-TO-REACH SETTLEMENTS OF THE VILYUISKY DISTRICT

N.V. Petrov, N.S. Andreev

FSBEI HE North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Russia

The article presents analysis data on the use of biogas in the republic of Sakha (Yakutia). The most promising for the use of biogas technology in the republic of Sakha (Yakutia) from the point of view of the development of agriculture is the Vilyuisky ulus, since 35 agricultural enterprises are located on the territory. Based on the studied theoretical data, the expected volume of biogas obtained from cattle manure contained in hard-to-reach settlements of the Vilyuisky district was calculated.

Key words: Biogas technology, biogas, hard-to-reach settlement, cattle, agriculture.

Введение. В свете реализации в РС (Я) Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» наиболее актуальным и востребованным является применение биогазовой технологии. Как известно, её использование даёт возможность не только получения биогаза – экологически чистого и возобновляемого источника энергии, но и улучше-

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

ния экологической обстановки в регионе [2]. Вырабатываемый с помощью установки биогаз после очистки и сжатия может использоваться в качестве моторного топлива в двигателях внутреннего сгорания и для сжигания в бытовых газовых плитах.

Основные результаты. Биогаз в сельском хозяйстве республики Саха (Якутия) используется:

1. Для сжигания в котлах отопления помещений, газовых конфорках при приготовлении пищи или подогреве воды;
2. Как альтернативный источник энергии в летних фермах;
3. В качестве моторного топлива.

Наиболее перспективным для использования биогазовой технологии в РС (Я) с точки зрения развитости сельского хозяйства является Вилюйский улус (таблица 1) [4]. Так как на территории расположено 35 сельскохозяйственных предприятий, что по сравнению с другими районами процентное соотношение между количеством населённых пунктов и сельскохозяйственных предприятий составляет – 165 %.

Таблица 1 – Сельскохозяйственные угодья Вилюйского района

Общая площадь, тыс. км ²	Площадь с.-х. угодий, тыс. км ²	В том числе			
		пашни, тыс. км ²	залежи, тыс. км ²	сенокос, тыс. км ²	пастбища, тыс. км ²
55,3	4,7	0,106	0,021	2,257	2,329

В Вилюйском улусе всего 23 населенных пунктов, из которых 14 являются труднодоступными (таблица 2).

На рисунке 1 показана карта Вилюйского района, показывающая расположение населённых пунктов и автомобильных дорог. Через Вилюйский район проходит федеральная трасса А-331, а также круглогодичную дорожную связь с центром имеют 9 населённых пунктов, а у остальных отсутствует круглогодичная дорожная сеть. Связь с центром осуществляется в зимний период через автозимники, а летом с помощью вездеходной техники [3].

Таблица 2 – Перечень труднодоступных и отдалённых местностей Вилюйского улуса

№	Наименование административных единиц (населённых пунктов и городских поселений)	Наименование местностей (населённые пункты (села) и производственные участки)
1	2	3
1	Баппагайинский	с. Илбенге
2	Бекчегеинский	с. Арылах
3	Борогонский	с. Сортол
4	Жемконский	с. Бетюнг
5	Кыргыдайский	с. Чай
6	Кюлятский 1	с. Эбя
7	Кюлятский 2	с. Сатагай

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Окончание таблицы 2

1	2	3
8	Лекеченский	с. Усун
9	Тогусский	с. Кюлекян
10	Люксюгюнский	с. Лекечен
11	Тылгынинский	с. Балагаччы
12	Хагынский	с. Сят
13	Халбакинский	с. Тымпы, с. Тербяс
14	Югюлятский	с. Кирово, с. Тосу, с. Староватово, с. Кюбеингде



Рисунок 1 – Карта Вилу́йского района

Общая площадь сельскохозяйственных угодий предприятий расположенных в труднодоступных населённых пунктах Вилу́йского района составляет 403,9 км² (таблица 3).

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Таблица 3 – Площадь сельскохозяйственных угодий
труднодоступных населённых пунктов Вилюйского района

Наименование административных единиц	Название предприятий	Общая площадь, км ²	Сельхозугодья, км ²	Пашни, км ²	Сенокос, км ²	Пастбища, км ²
Баппагайинский	СПК «Баай Эбэ»	3510	30,0	0,7	14,4	14,8
Бекчегеинский	СХПК «Арылах»	1000	8,5	0,2	4,1	4,2
Борогонский	КХ «Борогон»	4810	41,1	0,9	19,7	20,3
Жемконский	СХПК «Бетюнг»	2560	21,9	0,5	10,5	10,8
Кыргыдайский	КХ «Чаай»	3770	32,2	0,7	15,4	15,9
Кюлятский 1	СХППК «Уйгу»	2180	18,6	0,4	8,9	9,2
Кюлятский 2	СПК «Кыргыдай»	3700	31,6	0,7	15,1	15,6
Лекеченский	ПК «1 Куляты», КХ «Элэс»	4610	39,4	0,9	18,9	19,5
Тогусский	СПК «Тогус»	2460	21,0	0,5	10,1	10,4
Люксюгюнский	СХПК «Лекечен»	860	7,3	0,2	3,5	3,6
Тылгынинский	ПК «Мастаах»	1100	9,4	0,2	4,5	4,6
Хагынский	КХ «Сэттэ»	3020	25,8	0,6	12,3	12,7
Халбакинский	КХ «ЮНКЮР»	1730	14,8	0,3	7,1	7,3
Югюлятский	СПК «Хагын», ПК «Халбаакы»	11993	102,4	2,3	49,0	50,6

По состоянию на 01.01.2022 года в этих поселениях содержалось следующее поголовье КРС (таблица 4) [3].

Таблица 4 – Количество КРС
в труднодоступных и отдалённых местностях Вилюйского улуса

№	Наименование административных единиц (населённых пунктов и городских поселений)	Кол-во населения, чел.	КРС, ед.	Расстояние н.п. от районного центра, км
1	Баппагайинский	651	400	212,2
2	Бекчегеинский	407	279	60
3	Борогонский	430	263	185
4	Жемконский	409	310	106,1
5	Кыргыдайский	518	336	97,2
6	Кюлятский 1	703	394	106
7	Кюлятский 2	375	243	185
8	Лекеченский	801	508	91,2
9	Тогусский	554	236	77
10	Люксюгюнский	456	306	176,2
11	Тылгынинский	554	343	77,8
12	Хагынский	389	272	93,6
13	Халбакинский	681	504	19,7
14	Югюлятский	560	374	200
	Всего	7488	4767	

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

При применении психрофильной биогазовой технологии Друзьяновой В.П., из 1 метантенка объемом 0,7 м³ в сутки можно получить 0,329 м³ биогаза [1]. На основании этих данных рассчитаем ожидаемый объем получаемого биогаза от навоза КРС, содержащегося в труднодоступных поселениях Вилюйского улуса (таблица 5).

Таблица 5 – Ожидаемый объем получаемого биогаза от навоза КРС, содержащегося в труднодоступных поселениях Вилюйского улуса

№	Наименование административных единиц (населенных и городских поселений)	Кол-во населения, чел.	КРС, ед.	Ожидаемый объем получаемого биогаза от навоза КРС в сут./ м ³	Расстояние от н.п., км
1	Баппагайинский	651	400	0,3	212,2
2	Бекчегеинский	407	279		60
3	Борогонский	430	263		185
4	Жемконский	409	310		106,1
5	Кыргыдайский	518	336		97,2
6	Кюлятский 1	703	394		106
7	Кюлятский 2	375	243		185
8	Лекеченский	801	508		91,2
9	Тогусский	554	236		77
10	Люксюгонский	456	306		176,2
11	Тылгынинский	554	343		77,8
12	Хагынский	389	272		93,6
13	Халбакинский	681	504		19,7
14	Югюлятский	560	374		200
	Всего	7488	4767	4,6	

Выводы. Вилюйский улус является наиболее перспективным районом для внедрения биогазовой технологии. Так как, в 14 труднодоступных населённых пунктах района расположены 16 сельскохозяйственных предприятий. Количество крупного рогатого скота по труднодоступным населённым пунктам составляет 4767 голов, что позволяет получать требуемое количества сырья для изготовления биогаза.

Список литературы

1. Друзьянова, В.П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота : дис.... доктор. техн. наук: 05.20.01. Улан - Удэ, 2017. – 281 с.
2. Друзьянова В.П. Техничко - экономическое обоснование применения биогазовых установок в аграрном секторе РС(Я) / В.П. Друзьянова, С.А. Петрова // СибАК [Электронный ресурс] // URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/3039-2012-06-04-09-58-51>.
3. Муниципальный район «Вилюйский улус (район)» [Электронный ресурс] // URL: <https://mr-viljujskij.sakha.gov.ru/>.

4. Поисеев, И.И. Общие и внутрирегиональные особенности земельного фонда республики Саха (Якутия) / Проблемы современной экономики [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschie-i-vnutriregionalnye-osobennosti-zemelno-go-fonda-respubliki-saha-yakutiya>.

References

1. Druzhynova V.P. Energy - saving technology for processing cattle manure : dissertation.... doctor. tech. Sciences: 05.20.01. Ulan-Ude, 2017. - 281 p.

2. Druzhynova, V.P. Feasibility study for the use of biogas plants in the agricultural sector of the Republic of Sakha (Yakutia) / V.P. Druzhynova, S.A. Petrova // SibAK [Electronic resource] // URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/3039-2012-06-04-09-58-51>.

3. Municipal district "Vilyuysky ulus (district)" [Electronic resource] // URL: <https://mr-viljujskij.sakha.gov.ru/>.

4. Poiseev, I.I. General and intra - regional features of the land fund of the Republic of Sakha (Yakutia) / Problems of the modern economy [Electronic resource] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschie-i-vnutriregionalnye-osobennosti-zemelno-go-fonda-respubliki-saha-yakutiya>.

Сведения об авторах

Петров Николай Вадимович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Автодорожного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова.

Андреев Николай Станиславович – студент группы АС-19, кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Автодорожного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова.

Information about the authors

Petrov Nikolay V. – candidate of engineering sciences, associate professor of the department of "Operation of road transport and car service" of the road faculty of the NEFU. M.K. Ammosova.

Andreev Nikolai S. – student of the AS-19 group, the department "Operation of road transport and car service" of the road faculty of the NEFU. M.K. Ammosova.

УДК 631.334

ПОСЕВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ГРЯДЫ В УСЛОВИЯХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, А.В. Косарева, Г.С. Самусик

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В сложившихся экономических условиях заметную роль стали играть ресурсосберегающие технологии. При любой технологии возделывания посев семян является важнейшей технологической операцией, от которой зависит урожайность. Посевные машины и комплексы оборудуются сошниками и заделывающими органами для образования бороздки, эффективного посева семян в почву различных агрофонов. В работе проведён анализ посева зерновых культур в Иркутской области по традиционной технологии и с применением модернизированной сеялки, после осеней вспашки на глубину 22 см и весеннего боронования и культивации. Экспериментальные исследования комплекса машин

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

проводили на опытных участках с серой лесной, слабоподзоленной, среднесуглинистой, слабокислой почвой, содержание гумуса 2,03 %. Предшественником были пропашные культуры. В результате проведённых экспериментальных исследований определено, что модернизированная сеялка позволяет производить посев семян подпочвенно-разбросным способом в гряды полосой 8 см на уплотнённое ложе. Это позволяет распределять семена на одинаковую глубину, активизировать подвод капиллярной влаги и обеспечить равномерные всходы по площади посева семян. Данный способ посева является влагосберегающим приёмом, что подтверждают данные анализа влажности на глубине залегания корневой системы растения. В течение всего вегетационного периода её изменение в посевном и более нижнем слое почвы происходит более равномерное, с меньшей интенсивностью. Это позволяет правильно развиваться корневой системе и формироваться растению. Биологическую урожайность овса определяли методом анализа снопов. Применение модернизированной сеялки для посева в гряды по предпосевной обработке почвы бородами и культиватором дало прибавку урожайности 0,44 т/га.

Ключевые слова: Технологические операции, агротехнические требования, зерновые культуры, вспашка, посев, модернизированная сеялка, традиционный способ посева, полосной посев, гряда, рабочие органы, капиллярная влага.

SOWING GRAIN CROPS IN THE GRID IN THE CONDITIONS OF THE IRKUTSK REGION

G.N. Polyakov, S.N. Shukhanov, A.V. Kosareva, G.S. Samusik

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

In the current economic conditions, resource - saving technologies began to play a significant role. With any cultivation technology, sowing seeds is the most important technological operation, on which the yield depends. Sowing machines and complexes are equipped with coulters and closing bodies for the formation of a furrow, the effective sowing of seeds into the soil of various agricultural backgrounds. The paper analyzes the sowing of grain crops in the Irkutsk region using traditional technology and using a modernized seeder, after autumn plowing to a depth of 22 cm and spring harrowing and cultivation. Experimental studies of the complex of machines were carried out on experimental plots with gray forest, slightly podzolized, medium loamy, slightly acidic soil, humus content 2,03 %. Row crops were the forerunner. As a result of the experimental studies, it was determined that the modernized seeder allows sowing seeds in a subsoil-scattering way into ridges with a strip of 8 cm on a compacted bed. This allows you to distribute the seeds to the same depth, activate the supply of capillary moisture and ensure uniform seedlings over the seed sowing area. This method of sowing is a moisture-saving technique, which is confirmed by the data of moisture analysis at the depth of the plant's root system. During the entire growing season, its change in the sowing and lower soil layers occurs more uniformly, with less intensity. This allows the root system to develop properly and the plant to form. The biological yield of oats was determined by the analysis of sheaves. The use of a modernized seeder for sowing in ridges for pre-sowing tillage with harrows and a cultivator gave an increase in yield of 0,44 t/ha.

Key words: Technological operations, agrotechnical requirements, grain crops, plowing, sowing, modernized seeder, traditional sowing method, strip sowing, ridge, working bodies, capillary moisture.

Введение. Одной из главных операций в технологиях производства продукции растениеводства является посев. От своевременного и качествен-

но проведённого посева в значительной степени зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Новые технологии посева, внесение изменений в конструкцию уже имеющихся посевных машин позволит более рационально расходовать посевной материал, сократить сроки и улучшить качество посева. Что в свою очередь, обеспечит повышение урожайности сельскохозяйственных, с учётом климатических особенностей региона.

Выбор оптимальной системы обработки почвы, подбор сельскохозяйственной техники и её рабочих органов лежит в широком диапазоне всевозможных решений. Этот выбор, прежде всего, определяется климатическими условиями, агротехническими требованиями к возделываемым культурам и уровнем механизации производства.

Одним из решений задач снижения непроизводительных затрат и повышения продуктивности зерновых культур является применение ресурсосберегающих систем обработки. Они должны обеспечить сохранение почвенной влаги и эффективность её использования, улучшить условия прогрева почвы для повышения урожайности и качества зерна, что особенно важно для жёстких климатических условий Иркутской области.

Анализ системы ведения сельского хозяйства, мониторинг сельскохозяйственных машин и орудий для возделывания зерновых культур по ресурсосберегающим технологиям в условиях Иркутской области выявил тенденции технического перевооружения сельского хозяйства и требования к современным системам земледелия [1, 2]. К ним можно отнести:

- высокая адаптивность и адресность всех элементов систем земледелия к конкретным условиям;
- ресурсосбережение, экономичность;
- многофункциональность почвообрабатывающей и посевной техники.

Анализ показал, что используемая и приобретаемая сельскохозяйственная техника не в полной мере отвечает предъявляемым требованиям.

Цель исследования. Проанализировать эффективность возделывания зерновых культур путем применения модернизированной сеялки.

Материалы и методы исследования. Анализ технических средств для возделывания зерновых культур. Обоснование применения сеялки-культиватора для посева семян в гряды при различных вариантах посева.

Результаты и их обсуждение. При посеве сельскохозяйственных культур основной задачей является равномерное распределение семян по площади поля и равномерная глубина заделки семян в почву с учётом физиологических особенностей высеваемой культуры. В соответствии с требованиями семена зерновых культур рекомендуют высевать на глубину 5 - 6 см в тёплый слой почвы, на уплотнённое ложе. С учётом агротехнических требований, опыта передовых хозяйств, научных организаций и собственных исследований сельскохозяйственных машин и орудий [3, 4, 5, 6, 11] было выявлено, что наиболее эффективным способом является посев подпочвенно-разбросным способом. Этот способ позволяет равномернее распределять семена по площади питания и эффективнее использовать капиллярную влагу

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

почвы, это по данным литературных источников [3, 10], в сравнении с рядовым посевом повышает урожайность зерновых культур на 10 - 15 %.

С этой целью проведена модернизация и переоборудование стерневой сеялки СЗС-2,1 (аналог СКП-2,1). Были внесены изменения в конструкцию сошников и расстановки их относительно опорных катков. Серийный сошник сеялки дооборудован уплотнительной пластиной шириной 8 см и боковыми ограничителями раската семян в стороны. Таким образом, семена высеваются полосой 8 см на уплотнённое ложе и на одинаковую глубину, что позволяет активизировать подвод капиллярной влаги и обеспечить равномерные всходы по площади посева семян. Стойки сошников располагаются между опорными катками, имеющими клиновидный обод. За счёт чего происходит формирования гряды с уплотнённым ложем.

На рисунке 1 представлен вид сзади модернизированной (экспериментальной) сеялки.



Рисунок 1 – Модернизированная сеялка

В результате формируется гряда двумя смежными катками сеялки, ширина основания которой 22,8 см, высота 5 - 6 см. Полоса семян укладывается посередине гряды на уплотненное ложе, рисунок 2.

Влага поднимается к уплотнённому ложу и расходится в стороны к уплотнённым стенкам. В средней части над семенами увлажнение меньше и, следовательно, температура почвы здесь выше. Вместе с достаточным увлажнением семенного ложа ускоряется процесс набухания семян и всходов.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Экспериментальные исследования комплекса машин проводили на опытных участках с серой лесной, слабоподзоленной, среднесуглинистой, слабокислой почвой, содержание гумуса 2,03 %. Предшественником были пропашные культуры. Для посева использовались семена овса. Предпосевная обработка была проведена одинаковая: боронование и культивация. Посев выполнен по следующим схемам:

1. Посев модернизированной сеялкой-полосной посев в гряды;
2. Традиционный посев дисковыми сошниками – рядовой посев сеялкой СЗП-3,6.

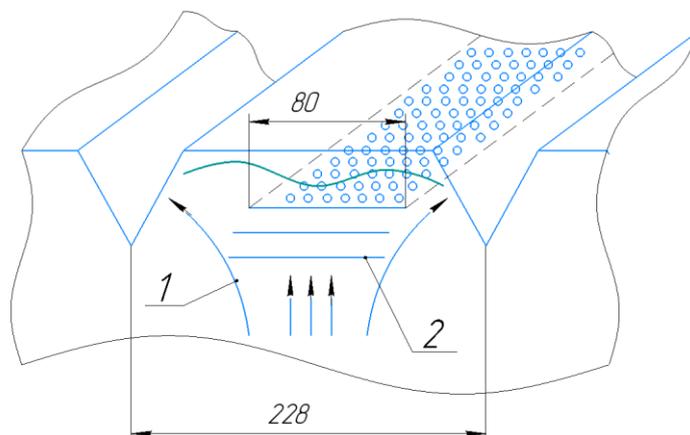


Рисунок 2 – Форма гряды и движение капиллярной влаги:
1 – движение капиллярной влаги, 2 – уплотнённое ложе.

Сравнение влажности почвы за период вегетации на глубине залегания основной массы корневой системы овса на глубинах 0 - 10 см и 10 - 20 см с применением традиционного способа посева семян и модернизированной сеялки представлены на рисунках 3 и 4.

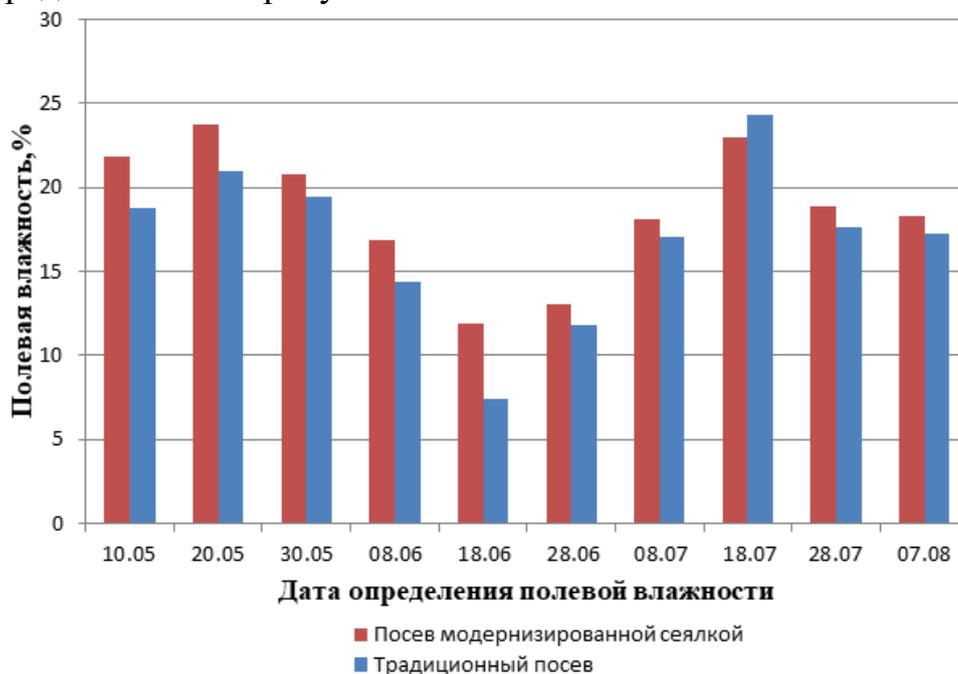


Рисунок 3 – Влажность почвы на глубине 0 - 10 см

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

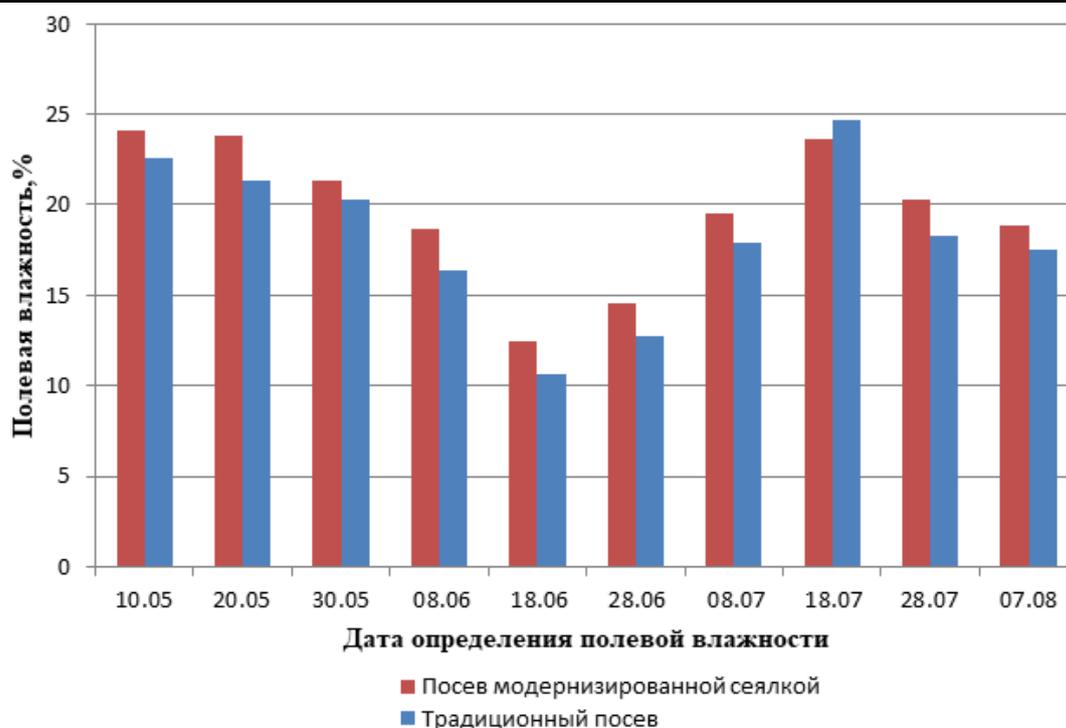


Рисунок 4 – Влажность почвы на глубине 10 - 20 см

Анализ гистограммы показывает, что посев с применением модернизированной сеялкой обеспечивает равномерное просыхание посевного и более нижнего слоёв почвы, с меньшей интенсивностью, а при традиционной – более резко и интенсивно. Наибольшее снижение влажности обеих слоёв почвы произошло в период с конца второй до конца третьей декады июня. Это обстоятельство имеет важное значение, поскольку в этот период получает развитие вторичная корневая система, которая при недостатке влаги резко замедляет свое развитие и это напрямую влияет на формирование урожайности. Биологическую урожайность овса определяли методом анализа снопов. Полученные нами данные по урожайности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биологическая урожайность зерна овса, т/га

№ варианта посева	Вид обработки почвы и способ посева	Урожайность	Прибавка урожая в сравнении с контролем
	Весенняя обработка и посев		
1	Посев модернизированной сеялкой Предпосевная обработка боронованием и культивацией, и полосной посев в гряды	4,65	+ 0,44
2	Традиционный посев Предпосевная обработка боронованием и культивацией и рядовой посев	4,21	-

Из таблицы 1 видно, что применение модернизированной сеялки обеспечили прибавку урожая 0,44 т/га.

Выводы. Посев семян в гряды полосой 8 см на уплотнённое ложе с применением модернизированной сеялки обеспечивает залегание семян на одинаковую глубину, позволяет активизировать подвод капиллярной влаги и обеспечить равномерные всходы по площади посева семян.

Экспериментальные исследования показали, что модернизированная стерневая сеялка для посева в гряды является эффективным влагосберегающим приёмом возделывания зерновых.

Применение модернизированной сеялки для посева в гряды по предпосевной обработке почвы боронами и культиватором дало прибавку урожайности 0,44 т/га.

Список литературы

1. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 ч. Ч. 2 Монография / Под ред. Я.М. Иванько, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск : ООО «Мегапринт», 2019. – 321 с.
2. Сельскохозяйственные машины и орудия для возделывания зерновых культур по ресурсосберегающим технологиям в условиях Иркутской области: рекомендации / Под ред. Г.Н. Полякова, В.М. Перевалова, А.А. Бричагиной и др. под общим руководством В.И. Солодун. - Иркутск, изд - во ИрГСХА, 2012. – 416 с.
3. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники : науч. издание. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 416 с.
4. Яковлев, Д.А. Обоснование рациональных параметров сошниковой группы сеялки СЗС-2.1 для прямого посева / Д.А. Яковлев, В.И. Беляев, Г.Н. Поляков // Вестник алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 9 (179). – С. 131 - 135.
5. Поляков, Г.Н. Опыт применения и сравнительные испытания почвообрабатывающее - посевных комплексов в Прибайкалье / Г.Н. Поляков, В.И. Солодун, В.М. Перевалов, М.В. Синько // Техника будущего: «Перспективы развития сельскохозяйственной техники» сб. статей международной науч. - практ конференции, Кубанский ГАУ, 2013 - с. 154 - 159.
6. Яковлев, Д.А. Теоретическое обоснование параметров и режимов работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв / Д.А. Яковлев, В.И. Беляев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. – 2021. – Т. 13. – № 3. – С. 128 - 134.
7. S.N. Shukhanov, A.V. Kuzmin, G.N. Polyakov, A.R. Sukhaeva and V.D. Kovalivnich Influence of air temperature on warming up the engine of automotive vehicles / IOP Conference Series : Earth and Environmental Science / 723 (2021) 052003.
8. Самусик, С.Г. Траектория движения зубьев бороны с активными рабочими органами / Самусик С.Г. Поляков Г.Н., Косарева А.В. // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Сб. науч. трудов конференции. Изд - во Иркутский ГАУ, 2020. - с. 280 - 285.
9. Поляков, Г.Н. Состав и изменение структуры сельскохозяйственных машин для почвообработки в Иркутской области / В.И. Солодун, С.Н. Шуханов // Известия международной академии аграрного образования СМААО, Вып. 47. - 2019. - с. 28 - 32.
10. Поляков, Г.Н. Распределение семян по глубине при посеве различными типами сошников / С.Н. Шуханов, Д.А. Яковлев // Актуальные вопросы аграрной науки, 2019. № 31, с. 13 - 22.
11. Яковлев, Д.А. Энергетическая оценка сошников при работе посевных агрегатов в условиях различной влажности почвы степной зоны Сибири / автореферат дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. - Барнаул, 2022 – 20 с.

References

1. The system of agriculture in the Irkutsk region: in 2 hours. Part 2 Monograph / Ed. Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitriev. – Irkutsk : Megaprint LLC, 2019. - 321 p.
2. Agricultural machines and tools for the cultivation of grain crops using resource-saving technologies in the conditions of the Irkutsk region: recommendations / Ed. G.N. Polyakova, V.M. Perevalova, A.A. Brichagina and others under the general supervision of V.I. Solodun. - Irkutsk, publishing house of IrGSHA, 2012. – 416 p.
3. Comparative tests of agricultural machinery: scientific. edition. - M. : FGBNU "Rosinformagrotech", 2014. - 416 p.
4. Yakovlev, D.A. Substantiation of rational parameters of the coulter group of the SZS-2.1 seed drill for direct sowing / D.A. Yakovlev, V.I. Belyaev, G.N. Polyakov // Bulletin of the Altai state agrarian university. - 2019. - No. 9 (179). - P. 131 - 135.
5. Polyakov, G.N. Experience in the use and comparative testing of soil - cultivating - sowing complexes in the Baikal region / G.N. Polyakov, V.I. Solodun, V.M. Perevalov, M.V. Sinko // Technology of the future: "Prospects for the development of agricultural technology" Sat. articles of international scientific. - conference practice, Kuban state agrarian university, 2013 - p. 154 - 159.
6. Yakovlev, D.A. Theoretical substantiation of the parameters and modes of operation of sowing units under conditions of different soil moisture / D.A. Yakovlev, V.I. Belyaev // Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university. - 2021. - T. 13. - No. 3. - S. 128 - 134.
7. S.N. Shukhanov, A.V. Kuzmin, G.N. Polyakov, A.R. Sukhaeva and V.D. Kovalivnich Influence of air temperature on warming up the engine of automotive vehicles / IOP Conference Series : Earth and Environmental Science / 723 (2021) 052003.
8. Samusik, S.G. The trajectory of the movement of the teeth of the harrow with active working bodies / Samusik S.G. Polyakov G.N., Kosareva A.V. // Scientific research and development for implementation in the agro - industrial complex. Sat. scientific conference proceedings. Publishing House of the Irkutsk state agrarian university, 2020. - p. 280 - 285.
9. Polyakov, G.N. Composition and change in the structure of agricultural machines for tillage in the Irkutsk region / V.I. Solodun, S.N. Shukhanov // Proceedings of the International Academy of agrarian education SMAAO, Vol. 47. - 2019. - p. 28 - 32.
10. Polyakov, G.N. Depth distribution of seeds when sowing with different types of coulters / S.N. Shukhanov, D.A. Yakovlev // Topical issues of argar science, 2019. No. 31, p. 13 - 22.
11. Yakovlev, D.A. Energy assessment of coulters during the operation of sowing units in conditions of different soil moisture in the steppe zone of Siberia / Abstract of the thesis. for a coclaim. uch. Art. Ph.D. - Barnaul, 2022 – 20 s.

Сведения об авторах

Поляков Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 8(902) 566 - 99 - 65, e-mail: sxm1953@mail.ru).

Шуханов Станислав Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 8 (908) 654 - 60 - 32, e-mail: shuhanov56@mail.ru).

Косарева Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 8 (914) 944 - 42 - 28, e-mail: ankosar@mail.ru).

Самусик Георгий Сергеевич – магистрант 1 курса инженерного факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежовского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный).

Information about the authors

Polyakov Gennady N. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of the agroindustrial complex, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after m.i. A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel. 8 (902) 566 - 99 - 65, e-mail: sxm1953@mail.ru).

Shukhanov Stanislav N. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical support of the agroindustrial complex, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodyozhny settlement, tel. 8 (908) 654 - 60 - 32, e-mail: shuhanov56@mail.ru).

Kosareva Anna V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodyozhny settlement, tel. 8 (914) 944 - 42 - 28, e-mail: ankosar@mail.ru).

Samusik Georgy S. – 1 st year undergraduate student of the faculty of engineering of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement).

УДК 338.27

ПИЛОТНАЯ ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА-ПИРОГАЗА

О.К. Тарабукина, В.П. Друзьянова, А.М. Иванов, Е.Ю. Друзьянов

ФГБОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Якутск, Россия

В статье приводятся данные исследования о запуске пилотной когенерационной линии на основе пиролизной установки ГВА-1, сырьём в которой использованы древесные отходы на базе кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Автодорожного факультета Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова.

Ключевые слова: Пиролизная установка, моторное топливо, пирогаз, древесное сырьё.

PILOT LINE FOR THE PRODUCTION OF ALTERNATIVE FUEL-PY GAS

O.K. Tarabukina, V.P. Druzyanova, A.M. Ivanov, E.Y. Druzyanov

FSBEI HE North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Russia

The article presents research data on the launch of a pilot cogeneration line based on the GVA-1 pyrolysis plant, the raw material in which was used wood waste on the basis of the De-

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

partment of motor transport operations and car service of the road faculty of the North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov.

Key words: Pyrolysis plant, motor fuel, pyrogas, wood raw materials.

Перед запуском когенерационной линии были проведены исследования и составлен принцип пилотной линии, также составлена программа исследования из следующих этапов:

Этап 1: Сбор древесных отходов и определение их параметров.

В качестве сырья использованы древесные отходы трёх видов – пылевидные опилки; древесная стружка; древесная щепа (рисунок 1):

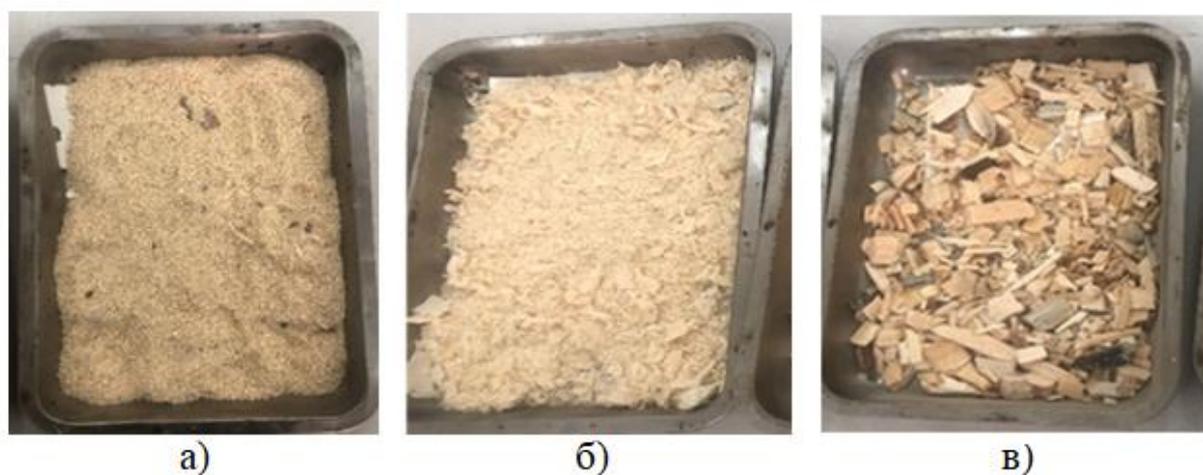


Рисунок 1 – Древесные отходы:

а) пылевидные древесные опилки; б) древесная стружка; в) древесная щепа.

На первом этапе были определены влажности и геометрические размеры древесных отходов (таблица 1).

Таблица 1 – Влажность древесных отходов

Вид древесных отходов	Масса опилок с тарой влажная, г	Масса опилок влажная, г	Масса тары, г	Масса опилок с тарой сухая, г	Масса опилок сухая, г	Температура высушивания, °С	Влажность, %
Сосновые опилки	283,11	67,35	215,76	280,13	64,37	100	4,6 - 4,7
	358,39	61,37	297,02	355,64	58,62		
Древесная мука	280,04	51,20	228,84	268,93	40,09	100	2,7 - 3,7
	322,88	99,26	223,62	95,65	319,27		
Древесная щепа	359,27	143,45	215,82	117,04	332,86	100	22,5 - 54,9
	598,14	253,82	344,32	164,12	508,44		

Далее, определены и уточнены параметры древесных отходов для переработки их в пиролизной установке с целью получения альтернативного моторного топлива.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Этап 2: Запуск пиролизной установки ГВА-1 и проведение натуральных экспериментов на трёх видах древесных отходов [1].

Общий вид пилотной когенерационной линии на основе пиролизной установки ГВА-1 представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общий вид пилотной когенерационной линии:

1 – установка ГВА-1; 2 – газгольдер; 3 – компрессор; 4 – баллон; 5 – газовый генератор; 6 – потребитель энергии.

Технологический процесс пиролиза показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Технологический процесс переработки древесных отходов в пиролизной установке ГВА-1

Процесс пиролиза осуществлялся в следующем порядке: в первую очередь загружается сырьё, герметично закрывается реактор, задаётся рабочая температура пиролиза. Сырьё нагревается, начинается процесс утилизации. Вначале образуется и протекает переходный процесс, при котором скорость выработки топливного газа интенсивно возрастает. По окончании переходного процесса скорость выработки приобретает постоянный характер, наступает стадия, так называемого периода устойчивой выработки.

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Этап 3: Получение пиролизного газа и его анализ.

Образовавшийся в ходе процесса пирогаз был накоплен в газгольдере. Далее, пиролизный газ был пропущен через прибор «Газоанализатор Авто-тест-01.03М», анализирующий токсичность и дымность (рисунок 4).



Рисунок 4 – Газоанализатор «Автотест-01.03М»

Результаты по выходу пиролизного газа показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты выброса газа из древесных отходов

Виды древесных отходов	СО (оксид углерода), %	СН (метана), %	О ₂ (кислород), %	Tах (прочие токсичные выбросы), %
1. Древесная щепа	0,27	20096	0	0
2. Древесные опилки	0,02	2720	0	0
3. Древесная мука	0,42	1430	0	0

Как видно из таблицы максимальное содержание оксида углерода имеет древесная мука, а наибольшее значение содержания метана у древесной щепы.

При практических экспериментах уточнили значения основных факторов пиролиза (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимальные значения факторов, влияющие на эффективность процесса пиролиза

Факторы	Значения
Влажность сырья, %	
- щепа	22,5 - 54,9
- опилки	4,6 - 4,7
- мука	2,7 - 3,7
Температура сушки, Т, °С	100 - 120
Время пиролиза, мин.	8 - 10
Высота загрузки сырья в термореактор, см	28 - 30

В результате исследования установили оптимальные значения факторов, обеспечивающих эффективность процесса пиролиза:

- 1) влажность древесного сырья 2,7 - 3,7 %;

- 2) среднее время пиролиза 8 - 10 мин.;
- 3) высота загрузки сырья в термореактор 28 - 30 см.

Этап 4: Сбор объёма пирогаза и натурные эксперименты на автомобиле.

В данное время идёт накопление пирогаза, а далее – проведём натурные исследования на автомобиле УАЗ-39094 «Фермер». При разных температурах окружающего воздуха автомобиль будем запускать в работу на альтернативном моторном топливе – пирогазе.

Список литературы

1. Глушков, В.А. Разработка и исследование автоматизированной установки пиролиза растительного сырья с целью повышения выхода топливного газа: дис. ... к - та техн. наук : 05.13.01 / В.А. Глушков. – Ижевск, ИжГТУ, 2006. – 113 с.

References

1. Glushkov, V.A. Development and research of an automated installation for the pyrolysis of plant raw materials in order to increase the yield of fuel gas: dis. ... to - ta tech. Sciences: 05.13.01 / V.A. Glushkov. – Izhevsk, IzhGTU, 2006. – 113 p.

Сведения об авторах

Тарабукина Ольга Константиновна – аспирантка кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автодорожного факультета. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58, тел. 89241718885, e-mail: Olya.tarabukina.00@mail.ru).

Друзьянова Варвара Петровна – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автодорожного факультета. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58, тел. 892841138724, e-mail: druzvar@mail.ru).

Иванов Алексей Максимович – студент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автодорожного факультета. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58, тел. 89991741904).

Друзьянов Евгений Юрьевич – студент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автодорожного факультета. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58, тел. 89991747927).

Information about the authors

Tarabukina Olga K. – PhD student department of "Operation of road transport and car service" of the road faculty. North-Eastern federal university named after M. K. Ammosov (Belinsky str., 58, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89241718885, e-mail: Olya.tarabukina.00@mail.ru).

Druzyanova Varvara P. – doctor of technical sciences, head of technical department of "Operation of road transport and car service" of the road faculty. North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov (Belinsky str., 58, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89241718885, e-mail: druzvar@mail.ru).

Ivanov Alexey M. – student department of "Operation of road transport and car service" of the road faculty. North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov (Belinsky str., 58, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89991741904).

Druzhenov Evgeny Yu. – student department of "Operation of road transport and car service" of the road faculty. North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov (Belinsky str., 58, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia, 677007, tel. 89991747927).

УДК 636.08

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЗИМОВКИ
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ЛОШАДЕЙ
НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

¹П.А. Татарникова, ²В.П. Друзьянова, ¹А.А. Харлампов

¹ФГБОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова
Якутск, Россия

²ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
Якутск, Россия

Данная статья посвящена проблемам организации кормовой базы для эффективной зимовки крупного рогатого скота и лошадей в республике Саха (Якутия). В статье подчёркивается значимость агропромышленного комплекса для развития региона, дана характеристика республики как зоны с экстремальными условиями ведения сельского хозяйства. Приводится статистика поголовья и производства молока за последние десятилетия, указывающая на многолетнюю тенденцию к снижению. Рассмотрен вопрос кормообеспечения в зимний период как ключевой фактор влияния на сохранение и увеличение поголовья сельскохозяйственных животных, проанализированы причины возникновения дефицита сена в Якутии по итогам кормозаготовительных кампаний, приведены данные по выполнению плана по заготовке сена. Принимая во внимание мероприятия для восполнения дефицита кормов для скота и лошадей, авторами обоснована необходимость ежегодного планирования перевозки сена как внутри республики, так и завоза из других регионов. Рассмотрены особенности транспортной структуры республики Саха (Якутия), выражающиеся в неразвитой транспортной сети и ярко выраженной сезонностью и характеристики сена как объекта транспортировки, выявлены основные показатели эффективности его транспортировки, сформулированы первоочередные задачи, требующие решений в процессе организации перевозки сена.

Ключевые слова: Якутия, сельское хозяйство, заготовка, сено, транспорт, восполнение, дефицит, перевозка.

**CURRENT PROBLEMS OF THE ORGANIZATION
OF THE WINTERING OF CATTLE AND HORSES
IN THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

¹P.A. Tatarnikova, ²V.P. Druzhynova

¹FSBEI HE North-Eastern federal university named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Russia

²FSBEI HE Arctic state agrotechnological university
Yakutsk, Russia

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

This article is devoted to the problems of organizing wintering of cattle and horses in the republic of Sakha (Yakutia). The article emphasizes the importance of the agro-industrial complex for the development of the region, characterizes the republic as a zone with extreme agricultural conditions. The statistics of livestock and milk production over the past decades is given, indicating a long-term downward trend. The issue of fodder supply in the winter period is considered as a key factor influencing the preservation and increase in the number of farm animals, the causes of the hay shortage in Yakutia following the results of forage campaigns are analyzed, and data on the implementation of the hay harvesting plan are given. Taking into account measures to fill the shortage of feed for livestock and horses, the authors substantiate the need for annual planning of hay transportation both within the republic and delivery from other regions. The features of the transport structure of the republic of Sakha (Yakutia), expressed in an undeveloped transport network and pronounced seasonality, and the characteristics of hay as an object of transportation are considered, the main indicators of the efficiency of its transportation are identified, and priority tasks are formulated that require solutions in the process of hay transportation.

Key words: Yakutia, agriculture, harvesting, hay, transport, replenishment, deficit, transportation.

Ведение сельского хозяйства на территории Якутии – уникальное явление, учитывая неблагоприятные климатические условия в условиях вечной мерзлоты и ярко выраженную сезонность [2]. Среди форм ведения сельского хозяйства в Якутии можно выделить животноводство (в том числе разведение крупного рогатого и табунное коневодство), как основной источник дохода для местного населения [10].

На протяжении последних десятилетий в Якутии наблюдается стабильное снижение поголовья крупного рогатого скота и лошадей (таблица 1).

Таблица 1 – Поголовье сельскохозяйственных животных
в хозяйствах всех категорий (на начало года; тысяч голов) [5]

Годы	Крупный рогатый скот	Лошади
1990	396,5	193,3
2000	284,5	127,6
2005	285,7	130,9
2010	246,8	159,8
2015	190,9	171,5
2020	183,3	183,0
2021	180,9	182,8
2022	178,2	182,6

Одним из ключевых продуктов животноводства является производство молока, в показателях которого также наблюдается значительное снижение (рисунок 1).

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

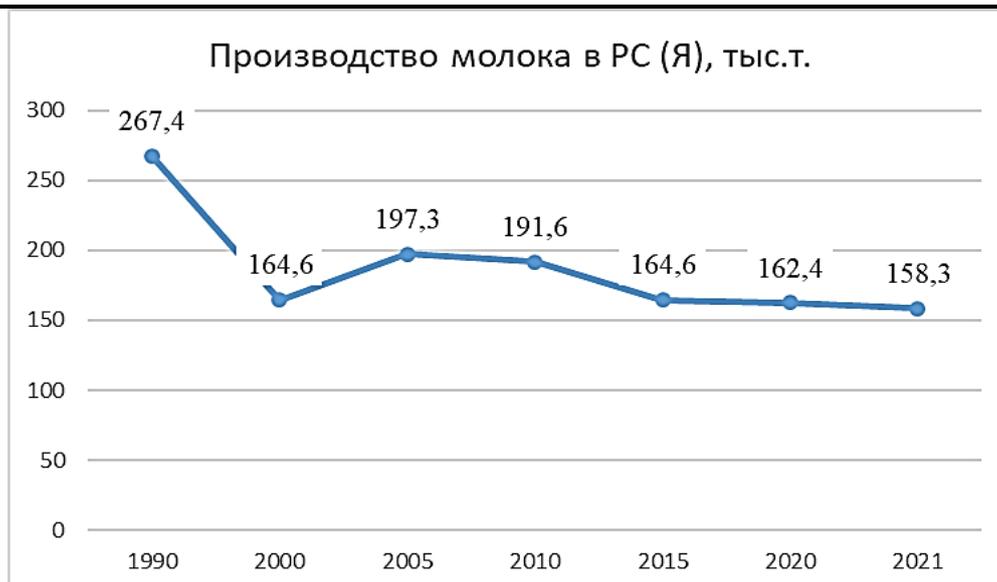


Рисунок 1 – Производство молока в республике Саха (Якутия) в хозяйствах всех категорий (тыс. т)

Главной причиной низкой продуктивности молочного скота является неудовлетворительная кормообеспеченность. В настоящее время животные фактически обеспечиваются только 8 - 10 ц кормовыми единицами, т.е. только 60 - 70 % от необходимой потребности [9].

При этом в Якутии ежегодно возникают сложности в обеспечении сельскохозяйственных животных кормами в зимнее время года, которое в среднем по республике длится около 8-ми месяцев.

В последние годы в Якутии не выполняется план по заготовке сена (таблица 2). Выполнению плана препятствуют неблагоприятные погодные условия в заготовительный период, сложная паводковая обстановка и массовые лесные пожары.

Таблица 2 – Выполнение плана по заготовке сена в республике Саха (Якутия) [4, 8]

Период	План заготовки сена, т	Фактически заготовлено, т	Отклонение от плана, %
2021 год	457533	364500	- 21,4
По состоянию на 25.08.2022 г.	443880	291829	- 34,3

Для восполнения недостающего объема кормов в Якутии принимаются следующие меры: заготовка сена выше планируемых показателей в районах республики с наиболее благоприятными сложившимися условиями; организация работы мобильных бригад, выезжающих на отдаленные участки районов для заготовки сена; организация завоза кормов из других регионов.

Восполнение дефицита кормов предполагает их транспортировку. При этом, процесс перевозки грузов в Якутии всегда являлся и является острым вопросом. Транспортный комплекс Якутии характеризуется низким уровнем

развития сети путей сообщения с круглогодичной эксплуатацией: более 80 % территории республики имеет сезонную транспортную доступность [7]. Принимая во внимание расстояние и особенности транспортной инфраструктуры, наиболее рациональным является завоз кормов из Амурской, Иркутской областей и Забайкальского края.

От грамотной и эффективной организации перевозки груза зависят такие важнейшие показатели как сохранность груза (его качественных и количественных характеристик); величина транспортных издержек (в Якутии транспортная составляющая стоимости некоторых товаров может достигать 80 %); максимальная производительность подвижного состава (в т.ч. использование грузоподъёмности и грузоместимости).

Следует отметить, сено является легковесным грузом, что усложняет использование в полном объёме грузоподъёмность транспортного средства (в среднем, коэффициент использования грузоподъёмности транспортного средства (β) при перевозке сена составляет 0,45) [6]; при осуществлении погрузочно-разгрузочных работ велик риск потери значительного количества сена; сено требует защиты от внешних факторов в процессе перевозки.

Одним из значимых факторов является обеспечение надлежащего хранения сена в течение периода потребления для сохранения его питательных свойств. Особенно это важно в весенний период, когда идёт процесс массового отела.

Отсутствие грамотного подхода к организации перевозки сена может привести к негативным последствиям: снижение питательной ценности сена при несоблюдении надлежащих условий перевозки и хранения [1]; количественные потери при осуществлении погрузочно-разгрузочных работ; низкая производительность подвижного состава за счёт коэффициента использования грузоподъёмности транспортных средств.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что для республики Саха (Якутия) вопрос организации перевозки сена имеет существенное значение. Для сохранения и увеличения поголовья, обеспечения надлежащих условий зимовки сельскохозяйственных животных требуется разработка эффективной логистической схемы, предусматривающей все нюансы перевозки и дальнейшего хранения сена.

Список литературы

1. ГОСТ Р 55452 - 2021 Сено и сенаж. Общие технические условия.
2. Закон республики Саха (Якутия) от 26 апреля 2016 года 1619-З N 791-V «О развитии сельского хозяйства в республике Саха (Якутия)» (принят постановлением Государственного Собрания (Ил Тумэн) РС (Я) от 26.04.2016 З N 792-V.
3. Отчёт о деятельности министерства экологии, природопользования и лесного хозяйства РС (Я) за 2021 г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/>.
4. Официальный сайт министерства сельского хозяйства республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsel.sakha.gov.ru/>.
5. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РС (Я) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sakha.gks.ru/>.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

6. Перевозка сена: сайт «Автотрейдинг ГК Ру Перевозки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ae5000.ru/perevozka_sena/index.html.

7. Постановление правительства республики Саха (Якутия) от 15.09.2021 г. N 343 "О государственной программе "Развитие транспортного комплекса республики Саха (Якутия) на 2020 - 2024 годы" (с изменениями и дополнениями).

8. Приказ Министерства сельского хозяйства республики Саха (Якутия) от 04 июля 2022 г. № 508 «О внесении изменений в План заготовки травяных кормов на 2022 год».

9. Система ведения сельского хозяйства в республике Саха (Якутия) на период 2021 - 2025 годы: методическое пособие / Министерство сельского хозяйства РС (Я); ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр сибирского отделения российской академии наук», «Якутский НИИ сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова»; Л.Н. Владимиров (главный редактор). – Белгород : Издательство Сангалова К.Ю., 2021. – 592 с: ил.

10. Социально - экономический профиль республики Саха (Якутия) - 2020 / Под ред. Е.Б. Веприковой, Р.В. Гулидова. Хабаровск : ФАНУ «Востокгосплан», 2021, 56 с.

References

1. GOST R 55452-2021 Hay and haylage. General technical conditions.

2. Law of the republic of Sakha (Yakutia) of April 26, 2016 1619-Z N 791-V "On the development of agriculture in the republic of Sakha (Yakutia)". (Adopted by the resolution of the state assembly (II Tumen) of the RS (Ya) of 26.04.2016 Z N 792-V.

3. Report on the activities of the Ministry of ecology, nature management and forestry of the republic of Sakha (Yakutia) for 2021 [Electronic resource]. - Access mode: [https:// minpriroda.sakha.gov.ru/](https://minpriroda.sakha.gov.ru/).

4. Official website of the Ministry of Agriculture of the republic of Sakha (Yakutia) [Electronic resource]. - Access mode: <https://minsel.sakha.gov.ru/>.

5. The official site of the Territorial body of the Federal state statistics service of the Sakha republic (Yakutia). - Access mode: <https://sakha.gks.ru/>.

6. Hay transportation: site of "Autotrading GK RuPerevozki". [Electronic resource]. - Access mode: https://ae5000.ru/perevozka_sena/index.html.

7. Decree of the government of the republic of Sakha (Yakutia) from 15.09.2021 N 343 "On the state program "Development of the transport complex of the republic of Sakha (Yakutia) for 2020 - 2024 years". (as amended and supplemented).

8. Order of the Ministry of Agriculture of the republic of Sakha (Yakutia) No. 508 of July 04, 2022 "On amendments to the plan of grass fodder procurement for 2022".

9. System of farming in the republic of Sakha (Yakutia) for the period 2021 - 2025: methodological guide / Ministry of agriculture of the republic of Sakha (Yakutia); FGBUN FIC "Yakutsk scientific center of the siberian branch of the russian academy of sciences", "Yakut research institute of agriculture named after M.G. Safronov"; L.N. Vladimirov (chief editor). – Belgorod : Publishing House Sangalov K.Yu. - 592 p.: ill.

10. Socio - economic profile of the republic of Sakha (Yakutia) - 2020 / Ed. by E.B. Veprikova, R.V. Gulidov. Khabarovsk: FANU "Vostokgosplan", 2021, 56 p.

Сведения об авторах

Татарникова Полина Александровна – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» автомобильного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677007, Россия, республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, 58, тел. 89245696729, e-mail: polina_yakutsk@mail.ru).

Друзьянова Варвара Петровна – доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет (677008, Россия, республика Саха

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

(Якутия), г. Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, дом 3, тел. 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru.

Харлампов Анатолій Андреевич – студент группы БП-ТТП-19 направления 23.03.01 Технология транспортных процессов кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» Автодорожного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677007, Россия, республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, 58, тел. 89963155791, e-mail: kharlampyev01@gmail.com.

Information about the authors

Tatarnikova Polina A. – senior lecturer of the department “operation of motor transport and car service” of the road faculty, North-Eastern federal university. M.K. Ammosova (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, st. Belinsky, 58, tel. 89245696729, e-mail: polina_yakutsk@mail.ru).

Druzhinova Varvara P. – doctor of technical sciences, professor, Arctic state agrotechnological university (677008, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoe highway, 3 km, house 3, tel. 89841138724, e-mail: druzvar@mail.ru.

Kharlampyev Anatoly A. – student of the BP-TTP-19 group of the direction 23.03.01 Technology of transport processes of the department “Operation of motor transport and car service” of the road faculty, North-Eastern federal university. M.K. Ammosova (677000, Russia, republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, st. Belinsky, 58, tel. 89963155791, e-mail: kharlampyev01@gmail.com.

УДК 628 543:63

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ

¹М.П. Таханов, ²О.М. Осмонов

¹ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения
Иркутск, Россия

²ФГБОУ ВО Российский ГАУ – Московская сельскохозяйственная академия
имени К.А. Тимирязева
Москва, Россия

Показана классификация методов переработки биомассы, с дальнейшим его полезным применением в сельскохозяйственном производстве. Существуют три метода переработки биомассы: химический, физический, биологический. На основе этих методов применяются различные способы и технологии обработки и переработки навозной биомассы. Переработанная биомасса может использоваться как продукты питания человека и сельскохозяйственных животных, топливо, ценное органическое удобрение, содержащее необходимые для растений биогенные вещества и микроэлементы. Переработка биомассы должна проводиться с минимальными энергетическими и экономическими издержками при отсутствии вредного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: Биомасса, переработка, методы переработки, навоз, анаэробное сбраживание, биогаз.

CLASSIFICATION OF BIOMASS PROCESSING METHODS

¹M.P. Takhanov, ²O.M. Osmonov

¹FSBEI HE Irkutsk state university of railway transport (SKTiS)
Irkutsk, Russia

²FSBEI HE Russian SAU – Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev
Moscow, Russia

The classification of biomass processing methods is shown, with its further useful application in agricultural production. There are three methods of processing biomass: chemical, physical, biological. On the basis of these methods, various methods and technologies for processing and processing manure biomass are used. Processed biomass can be used as human and farm animal food, fuel, valuable organic fertilizer containing nutrients and trace elements necessary for plants. Biomass processing should be carried out with minimal energy and economic costs in the absence of harmful effects on the environment.

Key words: Biomass, processing, processing methods, manure, anaerobic digestion, biogas.

Целью переработки биомассы является изменение содержащейся в ней биомассы в форму, позволяющую применять его в сельскохозяйственном производстве. Переработанный навоз может использоваться как ценное органическое удобрение, содержащее необходимые для растений биогенные вещества и микроэлементы, кормовая добавка, топливо.

Существуют три метода переработки – химический, физический, биологический. На основе этих трёх методов применяются различные способы обработки и переработки навозной массы.

К химическим методам относятся способы обработки навоза с применением химических средств и изменения структуры вещества. Навоз или его фракции обрабатывают формальдегидом, хлором, озоном, известью и другими химическими веществами [1].

На основе физического метода применяют способы механической обработки (измельчение), тепловой обработки (сжигание, сушка, стерилизация, выпаривание), облучение (ионизирующее и ультрафиолетовое) и электрогидравлический эффект. В большинстве случаев не достигается подавление всхожести семян сорных растений, теряются большие количества питательных биогенных веществ [1, 2].

Биологический метод основан на биохимическом разложении и минерализации органических веществ (растворённых и эмульгированных в жидком навозе) микроорганизмами (бактериями) [2].

Один из наиболее эффективных биологических методов переработки навоза является – компостирование, относящийся к аэробным биологическим процессам разложения. Основным недостатком этого способа заключается в том, что процесс сопровождается значительными потерями азота и органики, снижающий общий потенциал азота и органики.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Переработка биомассы способом анаэробного разложения органического вещества является одним из наиболее перспективных [1, 2, 3, 4]. Процесс переработки происходит с образованием биогаза и остатка – шлама, являющегося ценным органическим удобрением [3].

Метановое брожение протекает при средних (мезофильное) и высоких (термофильное) температурах. Наибольшая производительность достигается при термофильном метановом брожении. Особенность метанового консорциума позволяет сделать процесс брожения непрерывным. Для нормального протекания процесса анаэробного сбраживания необходимы оптимальные условия в реакторе: температура, анаэробные условия, достаточная концентрация питательных веществ, допустимый диапазон значений pH , отсутствие или низкая концентрация токсичных веществ.

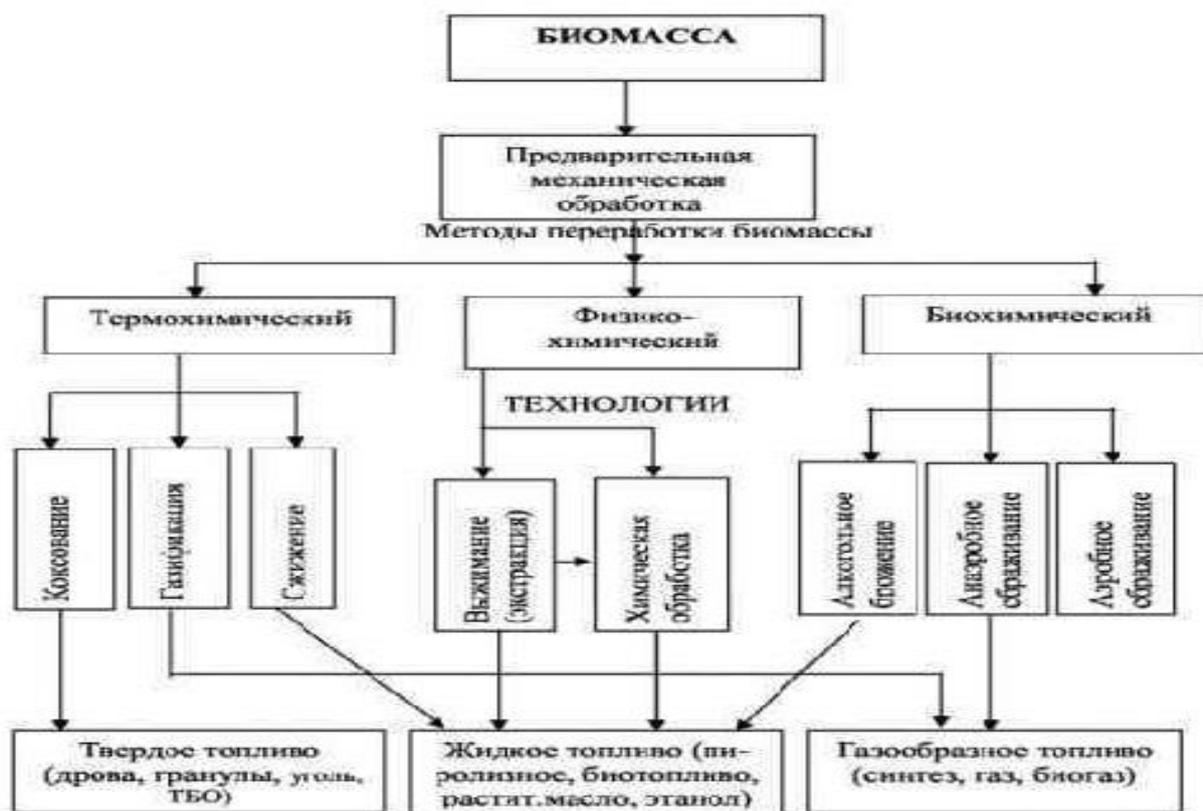


Рисунок 2 – Методы переработки биомассы

Наряду с температурными условиями на процесс метанового брожения и количества получаемого биогаза влияет время обработки отходов.

При нормальной работе реактора получаемый биогаз содержит 60 - 70 % метана, 30 - 40 % двуокиси углерода, небольшое количество сероводорода, а также примеси водорода, аммиака и окислов азота. Наиболее эффективны реакторы, работающие в термофильном режиме при 43 - 55° С. При продолжительности обработки навоза 3 дня выход биогаза на таких установках составляет 4,5 л на каждый литр полезного объема реактора. В исходную массу для интенсификации процесса анаэробного сбраживания навоза и выделения биогаза добавляются органические катализаторы, которые изменяют соотношение углерода и азота в сбраживаемой массе (оптимальное соотношение

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

$C / N = 20 / 1 - 30 / 1$). В качестве таких катализаторов используются глюкоза и целлюлоза. Ориентировочное содержание азота и соотношение содержания углерода и азота в различных отходах по сухой массе представлены в таблице 3.

Получаемый при брожении биогаз имеет теплоту сгорания 5340 - 6230 ккал/м³ (6,21 + 7,24 кВт. ч/м³).

Таблица 3 – Содержание азота и соотношение C / N в различных отходах

Вид отходов	Содержание общего N (%)	Соотношение C / N
Животноводческие фермы		
Моча	15 - 18	0,8
Смесь отходов боен	7 - 10	2,0
Птичий помёт	6,3	-
Навоз овечий	3,8	-
свиной	3,8	-
лошадиный	2,3	25
коровий	1,8	18
Растительные отходы		
Солома	1,1	48
Отходы льна	1,0	58
Сырые опилки	0,25	208

Количество биогаза, которое может быть выделено из различных с.-х. отходов, остатков и смесей при оптимальных условиях анаэробной переработки, зависит от количества субстрата, условий протекания процесса, бактериального состава в реакторе и др.

Некоторые данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выход метана (биогаза) при метановом сбраживании сельскохозяйственных отходов

Органические отходы	Выход CH_4 , м ³ /кг сухого вещества	Содержание CH_4 , (%)
Помёт индеек	0,640	62,0
Молочные отходы	0,625	82,0
Свиной навоз	0,580	77,5
Помёт кур	0,370	54,0
Навоз быков + меласа	0,300	48,0
Навоз быков	0,290	56,2
Силосные отходы	0,250	84,0
Навоз быков + солома	0,220	52,0
Навоз коров	0,208	55,0

Для увеличения производительности смешивают разные отходы (таблица 5).

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Таблица 5 – Увеличение продукции биогаза
при смешивании разных отходов

Отходы	Производство биогаза	Увеличение продукции (%)
Навоз КРС + куриный	0,634	6,0
Помёт птицы	0,617	
Навоз КРС + куриный + свиной (1 : 0,5 : 0,5)	0,585	11,0
Свиной навоз	0,569	
Навоз КРС + птиц	0,528	6,0
Навоз КРС + свиной	0,510	7,0
Навоз КРС	0,380	
Навоз КРС + сосняки	0,363	5,0
Сосняки	0,277	

Опыт применения перебродившего шлама, как удобрение, показывает его эффективность, позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 15 - 25 %. Это свидетельствует об удобрительной возможности получаемого продукта переработки навоза КРС. А подавление патогенной и условно патогенной микрофлоры, уничтожение яиц гельминтов, дезодорация, девитализация шлама снижает экологическую нагрузку на окружающую среду. Так же решаются задачи ресурсо- и энергосбережения за счёт снижения температуры сбраживания (психрофильный режим) и получения газообразного топлива, при помощи которого можно покрыть частичные затраты на переработку навозной массы.

Список литературы

1. Лер, Р. Переработка и использование сельскохозяйственных отходов / Пер. с англ. В.В. Новикова ; Под ред. и с предисл. А.Н. Шимко. – М. : Колос, 1979. – 415 с., ил.
2. Новиков, В.М. Механизация уборки и утилизации навоза. М 55 / В.М. Новиков, В.В. Игнатова, Ф.Ф. Костанди и др. – М. : Колос, 1982. – 285 с., ил.
3. Баадер, В. Биогаз: теория и практика (Пер. с нем. и предисловия М.И. Серебряного.) / В. Баадер, Е. Доне, М. Брендерфер. – М. : Колос, 1982. – 148 с.
4. Шомин, А.А. Биогаз на сельском подворье. – Балаклея : Информационно издательская компания «Балаклийщина», 2002. – 68 с.

References

1. Lehr, R. Processing and use of agricultural waste / Translated from the english by V.V. Novikov ; Ed. and with a preface by A.N. Shimko. – M. : Kolos, 1979. – 415 p., ill.
2. Novikov, V.M. Mechanization of manure harvesting and disposal. M 55 / V.M. Novikov, V.V. Ignatova, F.F. Kostandi, etc. – M. : Kolos, 1982. – 285 p., ill.
3. Baader, V. Biogas: theory and practice (Trans. from it. and forewords by M.I. Serebryany.) / V. Baader, E. Donet, M. Brennderfer. – M. : Kolos, 1982. – 148 s.
4. Shomin, A.A. Biogas on a rural farmstead. – Balakleya : Information publishing company "Balakliyshchyna", 2002. – 68 p.

Сведения об авторах

Таханов Михаил Пурбаевич – преподаватель специальных дисциплин отделения транспорта и нефтегазового дела. Иркутский государственный университет путей сообщения (СКТ и С) г. Иркутск, Россия, тел. 89025690379, takhanov93@mai.ru).

Осмонов Оразмамат Мамасалиевич – доктор технических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва, тел. 89642889199, osm.rom2011@yandex.ru.

Information about the authors

Takhanov Mikhail P. – teacher of special disciplines of the department of transport and oil and gas business. Irkutsk state university of communications (SKT i S) (664038, Irkutsk. Russia, Irkutsk district, p. Youth, tel. 89025690379, e-mail: takhanov93@mai.ru).

Osmonov Orazmamat M. – doctor of technical sciences, associate professor, Russian state agrarian university – Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev, Moscow Russia, tel. 89642889199, osm.rom2011@yandex.ru.

УДК 631.214

УСТАНОВКА ПО МЕТАНОВОМУ СБРАЖИВАНИЮ

¹М.П. Таханов, ²О.М. Осмонов

¹ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения
Иркутск, Россия

²ФГБОУ ВО Российский ГАУ – Московская сельскохозяйственная академия
имени К.А. Тимирязева
Москва, Россия

В статье описывается работа установки по метановому сбраживанию, которая дополнительно содержит триггерное устройство, что позволяет создавать возмущения внутри реактора. Возмущение создаётся в период работы триггерного устройства, названного циклом опорожнения и отвода биогаза. В данном цикле возникает изменение скорости движения субстрата и гидростатического давления в емкости метантенка, происходит обновление граничных поверхностей, лавинообразное выделение биогаза, разрушение пенного слоя. Для выявления основных воздействующих факторов процесса анаэробного сбраживания проведено теоретическое исследование метантенка.

Ключевые слова: Анаэробное сбраживание, биогаз, триггер, животноводческие стоки, субстрат, метантенк.

METHANE FERMENTATION PLANT

¹M.P. Takhanov, ²O.M. Osmonov

¹FSBEI HE Irkutsk state university of railway transport (SKTiS)
Irkutsk, Russia

²FSBEI HE Russian SAU – Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev
Moscow, Russia

The article describes the operation of a methane fermentation plant, which additionally contains a trigger device that allows creating disturbances inside the reactor. The disturbance is created during the operation of the trigger device, called the cycle of emptying and removal of biogas. In this cycle, there is a change in the velocity of the substrate and hydrostatic pressure in the tank of the methane tank, there is an update of the boundary surfaces, avalanche-like release

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

of biogas, destruction of the foam layer. To identify the main influencing factors of the anaerobic digestion process, a theoretical study of the methane tank was carried out.

Key words: Anaerobic digestion, biogas, trigger, livestock effluents, substrate, methane tank.

В настоящее время на крупных фермах КРС широко используют бесподстилочное содержание животных, гидравлические системы удаления навоза из животноводческих помещений. При использовании этой системы удаления навоза, а также за счёт сброса воды, используемой для технологических целей, получают жидкий навоз и навозные стоки влажностью до 98 %, возникают дополнительные трудности при переработке больших масс жидкого навоза и стоков.

Предлагаемая установка (рисунок 1) представляет собой ёмкость, в которой размещается носитель с иммобилизированной на твёрдом носителе анаэробной биомассой. В данной установке сбраживание навозных стоков происходит в рабочем объёме метантенка и заключается в разложении органического вещества с выделением биогаза, который накапливается в газовом объёме метантенка. В результате постоянного выделения биогаза, давление в метантенке возрастает. При достижении величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, а затем биогаз скапливается в газгольдере. После достижения верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, срабатывает триггерподающий команду насосу, который подаёт некоторое количество биогаза из газгольдера через патрубок в перфорированную трубу. А затем триггер подаёт команды на выпуск сброженного субстрата. Последовательное действие барботажного перемешивания и опорожнения метантенка способствуют удалению иловых масс, предотвращая коагулирование, зарастание и забивку рабочего пространства метантенка. В результате, метантенк может обрабатывать сравнительно большие объёмы навозных стоков, с необходимой эффективностью [3, 4].

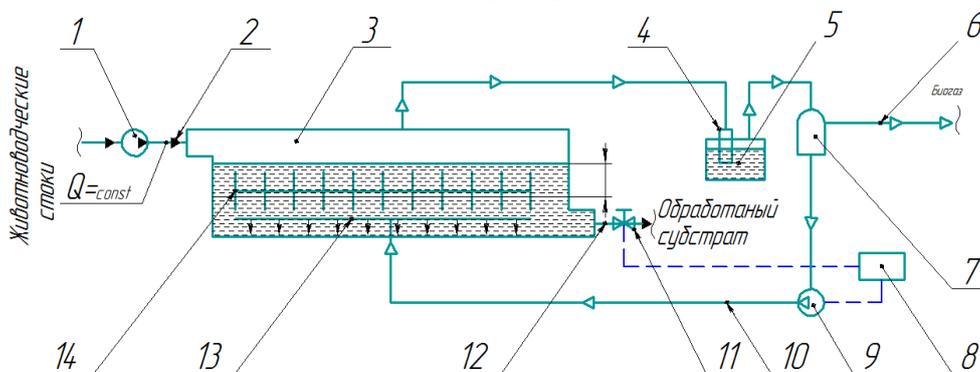


Рисунок 1 – Метантенк:

1 – насос; 2 – патрубок для подачи животноводческих стоков; 3 – ёмкость метантенка; 4 – патрубок для отвода биогаза; 5 – гидравлический затвор; 6 – патрубок для отвода биогаза потребителям; 7 – газгольдер; 8 – триггер; 9 – насос; 10 – патрубок для подачи биогаза; 11 – сливной вентиль; 12 – патрубок для отвода обработанного субстрата; 13 – перфорированная труба; 14 – иммобилизованный носитель.

Цикл изменения давления и колебания уровня свободной поверхности состоит из двух фаз – заполнения и опорожнения:

Цикл работы метантенка:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зап}} + t_{\text{опор}}$$

где $t_{\text{зап}}$ – время заполнения, с;

$t_{\text{опор}}$ – время опорожнения, с.

Продолжительность заполнения метантенка, т.е. это время заполнения жидкости объёма метантенка от нижнего уровня до верхнего уровня.

$$t_{\text{зап}} = \frac{\Delta W}{Q_{\text{под}}};$$

ΔW – объём жидкости, который заключён между верхней и нижней отметкой колебания уровня свободной поверхности, м³;

$Q_{\text{под}}$ – объёмная подача жидкости в метантенк, м³/с.

Время (продолжительность) опорожнения ΔW (через сливную магистраль).

$$t_{\text{опор}} = \frac{\Delta W}{Q_{\text{слив}} - Q_{\text{под}}};$$

$Q_{\text{слив}}$ – объёмный расход жидкости на слив, м³/с.

Скорость движения сбрасываемого субстрата в метантенке

$$v = \frac{Q_{\text{слив}}}{\omega_{\text{м}}}$$

$\omega_{\text{м}}$ – площадь живого сечения субстрата перпендикулярно горизонтальной оси метантенка, м².

Частота циклов за сутки

$$n = \frac{24 \cdot 3600}{t_{\text{ц}}};$$

Таким образом, предлагаемая установка создаёт циклические возмущения комбинированно, заключающаяся в изменении скорости движения сбрасываемого субстрата, колебании уровня свободной поверхности и изменения гидростатического давления. Создание комбинированного возмущения позволит интенсифицировать процесс метанового сбрасывания, за счёт более интенсивного массообмена.

Список литературы

1. Таханов, М.П. Создание возмущений в метантенке. Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». Выпуск 80 [Текст] / М.П. Таханов, Ф.А. Васильев. – Иркутск, 2017. – 143 - 148 с.

2. RU 2 678 673 C1 Владелец патента : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» (RU) Автор : Таханов Михаил Пурбаевич (RU), Начало действия : 2017.09.18, Публикация : 2019.01.30.

References

1. Takhanov, M.P. Creation of perturbations in the methane tank. Scientific and practical journal "Bulletin of the IrGSHA". Issue 80 [Text] / M.P. Takhanov, F.A. Vasiliev. – Irkutsk, 2017. – 143-148 p.
2. RU 2 678 673 C1 Patent holder: Federal state budgetary educational institution of higher education "Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky" (RU) Author: Takhanov Mikhail Purbaevich (RU), Effective date: 2017.09.18, Publication: 2019.01.30.

Сведения об авторах

Таханов Михаил Пурбаевич – преподаватель специальных дисциплин отделения транспорта и нефтегазового дела. Иркутский государственный университет путей сообщения (СКТиС) г. Иркутск, Россия, тел. 89025690379, takhanov93@mai.ru).

Осмонов Оразмамат Мамасалиевич – доктор технических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва, тел. 89642889199, osm.rom2011@yandex.ru.

Information about the authors

Takhanov Mikhail P. – teacher of special disciplines of the department of transport and oil and gas business. Irkutsk state university of communications (SKTiS) (664038, Irkutsk. Russia, Irkutsk district, p.Youth, tel. 89025690379, e-mail: takhanov93@mai.ru).

Osmonov Orazmamat M. – doctor of technical sciences, associate professor, Russian state agrarian university – Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev, Moscow Russia, tel. 89642889199, osm.rom2011@yandex.ru.

УДК 664.92/.94.022

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЯСОПРОДУКТОВ В АПК

В.А. Федотов

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье приводится анализ способов обработки мяса и мясопродуктов, которые считаются одним из основных видов продовольствия на всей территории России. Применение различных модификаций обработки, а также их сочетания с другими технологическими методами копчения как холодного, так и горячего, ферментация, сушки как в естественной среде, так и с применением электротеплового излучения [6], а также с применением способа сублимации [1, 4] и консервирования, что позволяет увеличить срок хранения от нескольких дней до нескольких месяцев, что немаловажно для территорий с суровым климатом. Совершенствование технологии позволило разработать новые методы обработки мясного сырья при низких температурах, электроконтактным методом, термическим методом и под высоким давлением, а также позволило обеспечить потребителей достаточным количеством высококачественным мясным продуктом и повысить безопасность данной продукции. Использование современных методов позволяет повысить ценность питательной пищи и снизить риск возникновения пищевых отравлений. Так же применение современных технологий обработки мясного сырья позволяет в значительной части уменьшить энергопотребление, что позволяет выполнить поставленные задачи в энергосбережении и уменьшить сроки окупаемости при внедрении в производство.

Ключевые слова: Мясопродукты, технология, глубокая переработка.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL LINES DEEP PROCESSING OF MEAT PRODUCTS IN AIC

V.A. Fedotov

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article provides an analysis of the methods of processing meat and meat products, which are considered one of the main types of food throughout Russia. The use of various modifications of processing, as well as their combination with other technological methods of smoking both cold and hot, fermentation, drying both in the natural environment and with the use of electrothermal radiation [6], as well as with the use of using the sublimation method [1, 4] and conservation, which allows to increase the storage period from several days to several months, which is important for areas with a harsh climate. The improvement of technology has made it possible to develop new methods for processing meat raw materials at low temperatures, by the electrocontact method, by the thermal method and under high pressure, and has also made it possible to provide consumers with a sufficient amount of high-quality meat product and increase the safety of this product. The use of modern methods can increase the value of nutritious food and reduce the risk of food poisoning. The use of modern methods allows you to increase the value of nutritious food and reduce the risk of food poisoning. Also, the use of modern technologies for the processing of meat raw materials makes it possible to significantly reduce energy consumption, which makes it possible to fulfill the tasks set in energy saving and reduce the payback period when introduced into production.

Key words: Meat products, technology, deep processing.

Традиционные методы, которые использовались на протяжении тысячелетий, включают сушку на ветру и солнце, соление и копчение. Консервирование относится к началу 19 века и позволяет хранить пищу в течение многих лет, так как она стерилизована и защищена от повторного заражения. Обработанное мясо – это пища, в которой свойства свежего мяса были изменены с помощью таких процедур, как измельчение, соление и консервирование, добавление приправ и других пищевых материалов и, во многих случаях, термическая обработка. Большинство этих процессов продлевают срок хранения мяса. Их производство, в большинстве случаев, зависит от способности смеси удерживать воду, так как они представляют собой эмульсию белка, жира и воды [3, 12].

Классификация мяса по типу животного, из которого оно получено. Белое мясо относится к мясу птицы, красное мясо относится к мясу млекопитающих, морепродукты относятся к мясу рыб и моллюсков, а дичь относится к мясу животных (обычно не одомашненных). Говядина относится к мясу крупного рогатого скота [3, 4, 12].

Развитие научных исследований по внедрению инновационных технологий, в том числе электростимуляции пищевых продуктов, является способом повышения качества пищевых продуктов, придавая им многофункциональные свойства. Этот процесс используется для предотвращения «Холодо-

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

вого» сжатия мышц при интенсивной холодильной обработке и для увеличения нежности мяса. Обработка при низких температурах от -3°C до -10°C вызывает холодное сокращение мышечных волокон, в результате чего консистенция мяса становится жёсткой. Установлено, что не следует снижать температуру свежего мяса ниже 10°C после убоя (ранее 10 ч) это может привести к угрозе возникновения холодного эффекта. Исследования в различных странах показали, что наиболее эффективно предварительное воздействие от 6 ч до 10 ч при температуре $12...18^{\circ}\text{C}$. Это позволит проводить интенсивную обработку электростимуляцией при холодном свежем мясе, что предотвратит появление нежелательных контуров мышечных волокон. Низковольтная электростимуляция активизирует процессы анаэробного гликолиза и гликогенолиза с образованием молочной кислоты и снижением внутреннего pH до 5,5 - 5,8. Процесс развивающихся изменений в тканях животных после убоя сокращается в 2 - 3 раза при использовании электростимуляции [4, 11].

Мясо может поддерживать рост бактерий, а также загрязнять организм насекомыми и паразитами. Необработанное должным образом или загрязнённое после обработки бактериями мясо может испортиться и это может привести к пищевому отравлению. Обработка мяса химическими консервантами ограничивает или предотвращает этот процесс. Этот способ может быть использован при термической обработке или низкотемпературной обработке для обеспечения желаемого срока хранения вяленого мяса. Основные принципы консервирования вяленого мяса показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Консервирования вяленого мяса

Этот метод достигается либо втиранием соли и других консервирующих химикатов в мясо (засолка), либо замачиванием в растворе этих химикатов (рассол). Используются растворы 2 - 8 % соли, иногда с добавлением полифосфата, когда экстрагируется какой-то водорастворимый белок, главным образом миозин. Эффект заключается в повышении водоудерживающей способности мяса за счёт реакции между солью и структурными белками, чему способствует полифосфат. На рисунке 2 изображён готовый продукт данного метода.

В зависимости от способа, срок хранения увеличивается от нескольких дней (бекон) до нескольких месяцев (сушёное мясо). Большинство способов сушки мясных продуктов использовались ещё с давних времён, и сушка может осуществляться отдельно или в сочетании с другими способами обработки мясного сырья, такими как соление, консервирование или копчение.



Рисунок 2 – Консервированная вяленая говядина

Интенсивная сушка продлевает срок хранения, как за счёт более тяжёлого осаждения консервантов, так и за счёт сушащего эффекта горячего воздуха. Кроме того, сушка является оптимальным и очень экономичным способом использования всех доступных частей туши для потребления. Этот способ прекрасно подходит для обработки менее ценных частей мяса, которые не подходят для мясных блюд [6, 11].

Внедрение достижений в области производства и использования ферментов – это реальный путь к значительному повышению эффективности народного хозяйства. Биотехнологический способ переработки мяса в большинстве случаев реализуется за счёт использования ферментных систем, обеспечивающих достаточное количество пищи. Также этот метод ускоряет созревание и размягчение мяса, как при электростимуляции.

К примеру, при использовании бакпрепарата Старт Стар РОН срок готовности продукта, составляет 43 дня, Биобак АРО 5 – 26 дней, Старт Стар – 35 дней. Ускорению процесса способствуют современные направления переработки животного сырья, в состав которых входит бакпрепарат *Pediococcus pentosaceus*, которые относятся к культурам быстрой ферментации и способны сбраживать более широкий ряд сахаров [2]. На рисунке 3 изображены образцы продукции, производимые пищевой промышленностью.



Рисунок 3 – Применение биопрепаратов в сырокопчёных колбасах

Для наиболее эффективного и рационального использования необходимо проведение дополнительных исследований, углубляющих знания о влиянии ферментов на белки различных фракций мышечной ткани.

Список литературы

1. Авторское свидетельство № 159713 А1 СССР, МПК А23В 4/037. Способ сушки продуктов, например, мяса сублимацией : № 816755/28-13 : заявл. 30.01.1963 : опубл. 28.12.1963 / Н.К. Журавская, М.Г. Тульчевский.
2. Багаутдинов, Р.В. Исследование процесса ферментации сырокопченой колбасы из мяса индейки / Р.В. Багаутдинов, Г.В. Гуринович // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17 - 19 мая 2021 года. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 172 - 173.
3. ГОСТ Р 52427 - 2005 Промышленность мясная. Продукты пищевые. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2006. – 19 с.
4. ГОСТ Р 52427 - 2005 Птицеперерабатывающая про-мфшленность. Переработка птицы. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2006. – 14 с.
5. Дондокова, С.А. Использование сублимационной сушки в производстве мясных продуктов / С.А. Дондокова, Э.Б. Битуева, А.В. Антипов // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 37 - 48.
6. Зинина, О.В. Инновационные технологии переработки сырья животного происхождения / О.В. Зинина, М.Б. Рябев, Г.Н. Нурымхан // Учебное пособие. – Алматы : МАП, 2015. – 126 с.
7. Иванов, И.В. Исследование и разработка технологии чипсов из мяса птицы с использованием вакуумной инфракрасной сушки : специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иванов Иван Васильевич. – Кемерово, 2014. – 19 с.
8. Колесникова, Т.В. Ферментация в современной кулинарии (мясо для стейков) / Т.В. Колесникова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 816 - 820.
9. Прянишников В.В. Пищевые волокна «Витацель» в мясной отрасли // Мясная индустрия. – 2006. – № 9. – С. 43 - 45.
10. Рогожин, В.В. Биохимия мышц и мяса. – М. : ГИОРД, 2006. – 240 с.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

11. Салмонов, С.Р. Технические сушильные установки нового поколения, применяемые для многофункциональной сушки сельскохозяйственной продукции / С.Р. Салмонов, И.В. Алтухов // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы всероссийской научно - практической конференции, Иркутск, 14 - 15 марта 2019 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 117 - 123.

12. Стандартизация, технология переработки и хранения продукции животноводства : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 111100 – «Зоотехния» (квалификация (степень) – «бакалавр») / Г.С. Шарафутдинов, Ф.С. Сибагатуллин, Н.А. Балакирев [и др.]. – Издание 2 - е, переработанное и дополненное. – Санкт - Петербург : Лань, 2012. – 624 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1306-5.

References

1. Avtorskoe svidetel'stvo № 159713 A1 SSSR, МПК А23В 4/037. Sposob sushki produktov, naprimer, myasa sublimaciej : № 816755/28-13 : zayavl. 30.01.1963 : opubl. 28.12.1963 / N.K. ZHuravskaya, M.G. Tul'chevskij.

2. Bagautdinov, R.V. Issledovanie processa fermentacii syropchenoj kolbasy iz myasa indejki / R.V. Bagautdinov, G.V. Gurinovich // Pishchevye innovacii i biotekhnologii : sbornik tezisov IX Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Pishchevye innovacii i biotekhnologii» v ramkah III mezhdunarodnogo simpoziuma «Innovacii v pishchevoj biotekhnologii», Kemerovo, 17 - 19 maya 2021 goda. – Kemerovo : Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2021. – S. 172 - 173.

3. GOST P 52427 - 2005 Promyshlennost' myasnaya. Produkty pishchevye. Terminy i opredeleniya. – M. : Standartinform, 2006. – 19 s.

4. GOST P 52427–2005 Pticepererabatyvayushchaya pro-mfshlennost'. Pererabotka pticy. Terminy i opredeleniya. – M. : Standartinform, 2006. – 14 s.

5. Dondokova, S.A. Ispol'zovanie sublimacionnoj sushki v proizvodstve myasnyh produktov / S.A. Dondokova, E.B. Bitueva, A.V. Antipov // Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki. – 2016. – № 4. – S. 37 - 48.

6. Zinina O.V. Innovative technologies for processing raw materials of animal origin / O.V. Zinina, M.B. Ryabezov, G.N. Nurymkhan // Textbook. - Almaty : MAP, 2015. - 126 p.

7. Ivanov, I.V. Issledovanie i razrabotka tekhnologii chipsov iz myasa pticy s ispol'zovaniem vakuumnoj infrakrasnoj sushki : special'nost' 05.18.04 "Tekhnologiya myasnyh, molochnyh i rybnyh produktov i holodil'nyh proizvodstv" : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskix nauk / I.V. Ivanov – Kemerovo, 2014. – 19 s.

8. Kolesnikova, T.V. Fermentaciya v sovremennoj kulinarii (myaso dlya stejkov) / T.V. Kolesnikova // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA / FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk : Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2021. – S. 816 - 820.

9. Pryanishnikov, V.V. Pishchevye volokna «Vitacel'» v myasnoj otrasli // Myasnaya industriya. – 2006. – № 9. – S. 43 - 45.

10. Rogozhin, V.V. Biohimiya myshc i myasa. – M.:GIORD, 2006. – 240 s.

11. Salmonov, S.R. Tekhnicheskie sushil'nye ustanovki novogo pokoleniya, primenyaemye dlya mnogofunktional'noj sushki sel'skohozyajstvennoj produkcii / S.R. Salmonov, I.V. Altuhov // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem AПК : Materialy vsesiosijskkoj nauchno - prakticheskkoj konferencii, Irkutsk, 14 - 15 marta 2019 goda. – Irkutsk : Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2019. – S. 117 - 123.

12. Standartizaciya, tekhnologiya pererabotki i hraneniya produkcii zhivotnovodstva : uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki 111100 - "Zootekhnija" (kvalifikaciya (stepen') - "bakalavr") / G.S. Sharafutdinov, F.S. Sibaga-

tullin, N.A. Balakirev [i dr.]. – Izdanie 2 - e, pererabotannoe i dopolnennoe. – Sankt-Peterburg : Lan', 2012. – 624 s. – (Uchebniki dlya vuzov. Special'naya literatura). – ISBN 978-5-8114-1306-5.

Сведения об авторе

Федотов Виктор Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89149594407, e-mail: skobarifed@yandex.ru).

Information about the author

Fedotov Viktor A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of power supply and heat engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 89149594407, e-mail: skobarifed@yandex.ru).

УДК 631.3

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗЕРНОСУШИЛОК

Ц.В. Цэдашиев, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Приведены сведения о видах и технологиях ТО зерносушилок. При правильном техобслуживании, проведённых ремонтных работах, эксплуатация зерносушилок будет соответствовать нормам, которые определены заводом-изготовителем. Но следует помнить, что во многом бесперебойная работа зерносушилки зависит от правильной эксплуатации. Иногда, даже после осуществления ремонта, при неправильной эксплуатации наблюдается ухудшение работы зерносушильного комплекса, иногда причина кроется под изношенностью оборудования и зерносушилки. Тут возникает вопрос – насколько целесообразно восстанавливать работу старой зерносушилки, расходуя на приобретение запчастей, или лучше купить новую. Потребность в обслуживании зерносушилок возникает вследствие подверженности их к воздействию внешних факторов (атмосферных осадков и иных факторов разрушения). Именно поэтому с течением времени зерносушилки теряют свои технические характеристики и требуют технического обслуживания или ремонта.

Ключевые слова: Техническое обслуживание, зерносушилка, ремонт, замена, ремонтпригодность.

MAINTENANCE OF GRAIN DRYERS

Ts.V. Tsedashiev, M.K. Buraev

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Information about the types and technologies of grain dryers is provided. With proper maintenance, repair work carried out, the operation of grain dryers will comply with the standards determined by the manufacturer. But it should be remembered that in many ways the smooth operation of the grain dryer depends on proper operation. Sometimes, even after the re-

pair, with improper operation, there is a deterioration in the operation of the grain drying complex, sometimes the reason lies under the deterioration of the equipment and the grain dryer. Here the question arises – how appropriate is it to restore the operation of the old grain dryer, spending on the purchase of spare parts, or is it better to buy a new one. The need for maintenance of grain dryers arises due to their susceptibility to external factors (precipitation and other factors of destruction). That is why, over time, grain dryers lose their technical characteristics and require maintenance or repair.

Key words: Maintenance, grain dryer, repair, replacement, maintainability.

Введение. Проблема технического сервиса зерносушильного оборудования, существенно повышающая его надежность, является весьма актуальной для сельского хозяйства в связи с недостаточной надёжностью сушилок [1]. Основные преимущества ремонта сушилок, эксплуатируемых в сельском хозяйстве, а также область рационального применения методов ремонтного обслуживания показали, что имеется значительное число факторов, определяющих необходимость применения в ремонтном производстве прогрессивных форм использования и обслуживания мобильных сушильных агрегатов [2, 3].

Разработка методик определения и планирования обслуживания агрегатов и узлов сушилок, нуждающихся в замене и ремонте являются отправными пунктами решения поставленной ниже цели исследования.

Цель работы: изучение технологии и средства технического сервиса зерносушильного оборудования.

Задачи:

- изучить особенности процессов использования зерносушильного оборудования;
- выявить достоинства и недостатки разных технологий и средств зерносушильного оборудования;
- дать рекомендации.

Методы исследования. Операции ТО и устранения отказов согласно принятой стратегии ТО и устранения отказов проводились в условиях эксплуатации методом замены сборочных единиц и деталей. Продолжительность замены не превышала 90 мин.

Модель технологичности при техническом обслуживании и ремонте сушилки для этого метода ремонта представлена на рисунке 1.

Технологический процесс включал операции поиска и локализации отказа, доступа к отказавшему элементу, его снятие и установку исправного элемента, регулировку приводов управления и проверку правильности проведённых операций. Оценка приспособленности сушильного агрегата к ТО и ремонту определялась показателями контролепригодности, доступности, легкосъёмности и регулируемости.

Сбор данных для оценки приспособленности сушильного агрегата к операциям ТО и ремонта осуществлялся на сушилке с применением инструмента и технологической оснастки соответствующими требованиями к проведению технического обслуживания и текущего ремонта в процессе экс-

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

плуатации машины. ТО и ремонт мобильных зерносушилок производится на машинном дворе или непосредственно в ремонтном боксе. Предназначенные для малых сельскохозяйственных предприятий они отличаются лёгкостью и компактностью. Наряду с прочностью и качеством изготовления, зерносушилка обладает удобством конструкции, позволяющим легко переместить её при надобности [5, 6].



Рисунок 1 – Модель приспособленности к операциям ТО и устранения отказов [4]

Результаты и обсуждение. Нормативы времени на подготовительные и контрольные работы для сушилок семян зерновых культур примем по данным ГОСНИТИ [4]: наружная очистка 5,2 мин.; очистка бункера 10 мин.; оценка состояния деталей 22,6 мин.; окраска 17,4 мин.

Нормы времени на каждую операцию сборки и разборки рассчитаем, пользуясь таблицами нормативов [4], результаты сведём в таблицы 1, 2.

Штучно-калькуляционное время на разборку (сборку) определим по формуле:

$$T_{шкп(с)} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot k \quad (1)$$

где t_i – суммарное время на разборку (сборку), мин;

i – количество разборочных (сборочных) операций;

k – поправочный коэффициент, учитывающий время на отдых, перерывы и т.п., для разборки $k_p = 1,2$, для сборки $k_c = 1,43$ [2].

Штучно-калькуляционное время на разборку:

$$T_{ШКР} = 37 \cdot 1,2 = 44,4 \text{ мин.}$$

Таблица 1 – Расчёт норм времени на разборку сушилки

Операция		Нормообразующие факторы и их значения	Количество деталей шт.	Оборудование и инструмент	Условия работы	Расчёт времени, мин	
							всего
Разборка на детали							
Приёмный бункер	Вывернуть болты	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гаражное	2	3
	Снять приёмный	Масса до 4 кг	1	–		1	

**Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции**

	бункер						
Газовый баллон	Отцепить шланг	Масса до 40 кг	1	Газовый ключ	Гаражное	2	2
Электродвигатель с вентилятором (улитка)	Вывернуть болты на соединении с газоподающим патрубком	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гаражное	2	5
	Вывернуть болты на соединении с рамой	Болты диаметром 10 мм., длиной 5 см.	4	Набор головок на 17		2	
	Снять электродвигатель	Масса до 25 кг	1	–		1	
Газоподающий патрубок	Вывернуть болты на соединении с рамой	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гаражное	2	5
	Вывернуть болты на соединении с щелевым аппаратом	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13		2	
	Снять газоподающий патрубок	Масса до 14 кг	1	–		1	
Коническое днище	Вывернуть болты на соединении с корпусом	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	8	Набор головок на 13	Гаражное	4	5
	Снять коническое днище	Масса до 5 кг	1	–		1	
Цилиндрический корпус	Вывернуть болты на соединении с щелевым аппаратом	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	8	Набор головок на 13	Гаражное	4	5
	Снять цилиндрический корпус	Масса до 10 кг	1	–		1	
Усеченный конус	Вывернуть болты на соединении с щелевым аппаратом	Болты диаметром 6 мм., длиной 1,5 см.	4	Набор головок на 10	Гаражное	2	3
	Снять усеченный конус	Масса до 1 кг	1	–		1	
Газоотвод	Вывернуть болты на со-	Болты диаметром	4	Набор головок на	Гаражное	2	3

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

	единении с щелевым аппаратом	6 мм., длиной 1,5 см.		10			
	Снять газоотвод	Масса до 2 кг	1	–		1	
Щелевой аппарат	Вывернуть болты на соединении с рамой	Болты диаметром 12 мм., длиной 25 см.	8	Набор головок на 17	Гаражное	4	6
	Снять щелевой аппарат	Масса до 20 кг	1	–		2	
							37

Штучно-калькуляционное время на разборку:

$$T_{шк р} = 37 \cdot 1,2 = 44,4 \text{ мин.}$$

Таблица 2 – Расчёт норм времени на сборку сушилки

Операция		Нормообразующие факторы и их значения	Количество деталей, шт.	Оборудование и инструмент	Условия работы	Расчет времени, мин	
							всего
Щелевой аппарат	Вкрутить болты на соединении с рамой	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	8	Набор головок на 13	Гаражное	4	6
	Установить устройство на раму	Масса не менее 5 кг	1	Лестница		2	
Газоотвод	Вкрутить болты	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гаражное	2	4
	Присоединить с щелевым аппаратом	Масса до 4 кг	1	–		2	
Усеченный конус)	Вкрутить болты	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гаражное	3	5
	Вставить усеченный конус	Масса до 1 кг	1	-		2	
Цилиндрический корпус	Вкрутить болты	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	8	Набор головок на 13	Гаражное	3	7
	Вставить цилиндрический корпус с щел. аппарат.	Масса до 10 кг	1	-		4	

Секция 3. Технологические процессы производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Коническое днище	Вкрутить бол- ты	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	8	Набор голо- вок на 13	Га- ражное	5	7
	Присое- динить кониче- ское днище с корпусом	Масса до 5 кг	1	-		2	
Газоподающий патрубок	Вкрутить бол- ты на соедине- нии с рамой	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гараж- ное	2	7
	Вкрутить бол- ты на соедине- нии с щелевым аппаратом	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13		2	
	Присоединить газоподающий патрубок с щел. аппар.	Масса до 14 кг	1	-		3	
Электродвига- тель с вентиля- тором (улитка)	Вкрутить бол- ты на соедине- нии с газопо- дающим патрубоком	Болты диаметром 8 мм., длиной 3 см.	4	Набор головок на 13	Гараж- ное	2	3
	болты на со- единении с ра- мой	Болты диаметром 10 мм., длиной 5 см.	4	Набор головок на 17		1	
	Вставить элек- тродвигатель на посадочное место	Масса до 25 кг	1	-			
							39

Сборка осуществляется в обратной последовательности и время на сборку

$$T_{укс} = 39 \cdot 1,43 = 55,8 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время на обкатку и испытание сушилки составляет 20 - 120 мин. Такой широкий диапазон объясняется различным состоянием проверяемых деталей и узлов. Для расчёта примем максимальное значение времени обкатки и испытания $T_{исп} = 60$ мин.

Суммарное штучно - калькуляционное время на ремонт одного агрегата составляет:

$$T_{ра} = 5,2 + 10 + 22,6 + 42,6 + 17,4 + 60 + 44,4 + 55,8 = 258 \text{ мин} \approx 4,3 \text{ ч.}$$

Выводы. Наиболее частыми являются отказы электрической системы управления воздушным потоком вентилятора, механических систем крепления элементов бункера, дозатора, электродвигателя, горелки. При появлении

неисправностей датчиков температуры, блоков управления двигателем, электромагнитных сенсоров управления влажностью семян и др. работа сушилки останавливается. Наибольшее влияние на показатель доступности оказывает количество предварительно снимаемых деталей, а также количество креплений и соединений. Остальные характеристики сушилки являются малозначимыми. Количество креплений, стопорений и соединений заменяемого элемента оказывает наибольшее влияние на показатель его легкосъёмности. Существенное значение имеют вспомогательные работы и в определённой мере масса заменяемого элемента. На взаимозаменяемость более всего влияет общее количество регулируемых и контролируемых параметров, а также требуемая точность подгонки и регулировки.

Список литературы

1. Авдеев, А.В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна / А.В. Авдеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. - № 5. – С. 18 - 23.
2. Гольдяпин, В.Я. Машины и оборудование для производства и послеуборочной обработки зерна: каталог / - М. : Росинформагротех, 2013. - 96 с.
3. Курчаткин, В.В. [и др.] Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. для начального проф. образования; - М. : Академия, 2003. - 459 с.
4. Черноиванов, В.И. [и др.] Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие для вузов; Всерос. науч. - исслед. технол. Ин - т ремонта и эксплуатации машинно - тракторного парка, Челябин. гос. агроинж. ун - т. – 2 - е изд., перераб. и доп. - М. : ГОСНИТИ ; Челябинск : ЧГАУ, 2003. - 987 с.
5. Цэдашиев, Ц.В. Обзор вихревых аппаратов для обработки зерна / Ц.В. Цэдашиев, Г.Ф. Ханхасаев // Научно - практическая конференция «Научные исследования и разработки к внедрению в АПК» Иркутск 2014, 25 - 28 с.
6. Цэдашиев, Ц.В. Интенсификация процесса сушки семян зернистых материалов / Ц.В. Цэдашиев, П.И. Ильин // В книге: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы X международной научно - практической конференции. Молодёжный, 2021. С. 100 - 101.

References

1. Avdeev, A.V. Perspektivy mekhanizacii posleuborochnoj obrabotki zerna / A.V. Avdeev // Traktory i sel'skokhozyajstvennyye mashiny. – 2002. - №5. – S. 18-23.
2. Gol'tyapin, V.Ya. Mashiny i oborudovanie dlya proizvodstva i posleuborochnoj obrabotki zerna: katalog / - M. : Rosinformagrotekh, 2013. - 96 s.
3. Kurchatkin, V.V. [i dr.] Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont mashin v sel'skom khozyajstve : ucheb.dlya nachal'nogo prof. obrazovaniya; - M. : Akademiya, 2003. - 459 s.
4. Chernoiivanov, V.I. [i dr.] Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont mashin v sel'skom khozyajstve: ucheb. posobie dlya vuzov; Vseros. nauch. - issled. tekhnol. in - t remonta i ehksplyuatacii mashinno - traktornogo parka, Chelyab. gos. agroinzh. un - t. – 2 - e izd., pererab. i dop. - M. : GOSNITI ; Chelyabinsk : CHGAU, 2003. - 987 s.
5. Cehdashiev, C.V. Obzor vikhrevykh apparatov dlya obrabotki zerna / C.V. Cehdashiev, G.F. Khankhasaev // Nauchno - prakticheskaya konferenciya «Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK» Irkutsk 2014, 25 - 28 s.
6. Tsedashiev, Ts.V. Intensification of the process of drying seeds of granular materials / Ts.V. Tsedashiev, P.I. Ilyin // In the book: Climate, ecology, agriculture of Eurasia. Materials of the X international scientific - practical conference. Youth, 2021. S. 100 - 101.

Сведения об авторах

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, пос. Молодежный, тел. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского, E-mail: buraev@mail.ru, тел. 8(395-2)237-431.

Information about the authors

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).

Buraev Mikhail K. – doktor tekhnicheskikh nauk, professor FGBOU VO Irkutskij GAU imeni A.A. Ezhevskogo, E-mail: buraev@mail.ru, tel. 8(395-2)237-431.

УДК 631.3.0

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГРЕВА И ПОЛИВА ДАЧНЫХ ТЕПЛИЦ

В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников

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

В статье приводится анализ современных технологий обогрева и полива дачных теплиц. Одной из крупнейших нерешённых проблем для нашего сельского хозяйства является проблема ирригации и её автоматизации. К сожалению, зелёные насаждения на подавляющем большинстве участков в средней полосе России испытывают недостаток влаги в летний период. Для одних растений необходим интенсивный полив, а для других хватает атмосферных осадков. Поэтому является актуальной тема разработки системы дистанционного управления поливом. При изучении рынка устройств управления поливом и устройств дистанционного управления по GSM-каналу, был сделан вывод, что все системы, представленные в источнике [2], представляют собой системы управления нагрузками и продаются без подключаемого к ним дополнительного оборудования (например, системы полива, системы управления тепловым котлом и пр.). То есть при покупке этой системы пользователь получает розетку, управляемую дистанционно при помощи SMS-сообщений. В самой минимальной комплектации система поставляется в виде собранных электронных комплектующих без корпуса. Кроме того ни одна из систем не позволяет удалённо управлять нагрузками через компьютер.

Ключевые слова: Обогрев, полив, автоматизация, отопление, орошение.

MODERN TECHNOLOGIES OF HEATING AND IRRIGATION OF COUNTRY GREENHOUSES

V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article provides an analysis of modern technologies for heating and watering country greenhouses. One of the biggest unresolved problems for our agriculture is the problem of irrigation and its automation. Unfortunately, green spaces in the vast majority of areas in central Russia experience a lack of moisture in the summer. For some plants, intensive watering is necessary, while for others, atmospheric precipitation is enough. Therefore, the development of a remote irrigation control system is an urgent topic. When studying the market for irrigation control devices and remote control devices via a GSM channel, it was concluded that all systems presented in the source [2] are load control systems and are sold without additional equipment connected to them (for example, irrigation systems, systems boiler control, etc.). That is, when purchasing this system, the user receives a socket controlled remotely using SMS messages. In the most minimal configuration, the system is delivered in the form of assembled electronic components without a case. In addition, none of the systems allows you to remotely manage loads through a computer.

Key words: Heating, watering, automation, heating, irrigation.

Современная экономическая ситуация в России складывается таким образом, что многие сферы деятельности человека до сих пор не автоматизи-

рованы, что приводит к достаточно большой неэффективности российской экономики.

Если на крупных промышленных предприятиях и в области среднего бизнеса дела не так уж и плохи, и автоматизация широко охватывает эти объекты, то в сфере малого бизнеса, а особенно агропромышленного комплекса, практически никаких сдвигов в положительную сторону не наблюдается.

Одной из крупнейших нерешённых проблем для нашего сельского хозяйства является проблема ирригации и её автоматизации. К сожалению, зелёные насаждения на подавляющем большинстве участков в средней полосе России испытывают недостаток влаги в летний период. Для одних растений необходим интенсивный полив, а для других хватает атмосферных осадков.

В процессе изучения рынка устройств управления поливом и устройств дистанционного управления по *GSM*-каналу [2, 3, 5] было найдено несколько аналогичных систем. Наиболее близкими по функциям к разрабатываемому нами комплексу *SWG* являются устройства, представленные на сайте www.gsmrozetka.ru [3]. Характеристики систем, представленных на данном портале, перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики аналогичных систем

Параметр	Значение
Количество управляемых нагрузок	от 4 до 8
Включение и выключение нагрузок с помощью мобильного телефона	да
Управление системой с помощью компьютера	нет
Возможность задать расписание, по которому будут включаться нагрузки	нет
Получение показаний с датчиков	да
Количество датчиков в системе	до 3
Резервное питание системы	да
Защита системы паролем	да
Отправка пользователю уведомлений о событиях в системе	да
Стоимость системы	от 4800 руб. до 15500 руб.

Таблица 1 требует некоторых комментариев. Все системы, представленные в источнике [2], представляют собой системы управления нагрузками и продаются без подключаемого к ним дополнительного оборудования (например, системы полива, системы управления тепловым котлом и пр.). То есть при покупке этой системы пользователь получает розетку, управляемую дистанционно при помощи *SMS*-сообщений. В самой минимальной комплектации система поставляется в виде собранных электронных комплектующих без корпуса. Количество управляемых розеток – 4. Цена такой системы – 4800 рублей. Цена на оптимальную же комплектацию составляет около 10000 рублей.

Следует отметить, что во время изучения рынка аналогичных систем, нам не удалось найти какой-либо системы, позволявшей пользователю создавать расписание управления нагрузками и автоматически передавать его на устройство. Кроме того ни одна из систем не позволяет удалённо управлять нагрузками через компьютер [4].

Для обогрева теплиц в последнее время используются плёночные электронагреватели (ПЛЭН) [42].

Конструктивно ПЛЭН прост [6, 7]: герметизированные термоплёнкой резистив и экран отражения – подложка из алюминиевой фольги. Прост и принцип его работы: при подаче постоянного или переменного тока напряжением от 12 до 380 вольт на резистивные элементы, он становится источником равномерно распределённого излучения средневолнового инфракрасного диапазона, соответствующей благоприятной для человека, животных и растений тепловой составляющей солнечного света. При этом температура поверхности нагревателя не превышает 40 - 45° Цельсия, гарантируя его абсолютную пожаробезопасность. Для сравнения: нормальная температура элементов распространённого конвективного отопления (радиаторы, конвекторы и др.) [8] + 80° С. За счёт более низкой температуры поверхности нагревательных элементов и отсутствия конвективных потоков ПЛЭН сохраняет пониженный уровень запылённости, естественную влажность воздуха и содержание кислорода в помещении по сравнению с традиционными системами отопления [8].

Для автоматизации полива дачной теплицы наиболее приемлемым вариантом является капельное орошение – метод полива, при котором вода подаётся непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемые малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц [9]. Позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов (удобрений, трудовых затрат, энергии и трубопроводов). Капельное орошение также даёт другие преимущества (более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков).

Широкое использование метода впервые получил в Израиле [10], где в условиях дефицита воды в 1950-х годах начались опыты по внедрению системы капельного орошения.

Изначально получило распространение в тепличном производстве, но на сегодня уже широко используется и в открытом грунте для выращивания овощей, фруктов и винограда. Наибольший эффект применение капельного орошения даёт в зонах недостаточного увлажнения. Система капельного орошения обычно состоит из:

- узла забора воды;
- узла фильтрации;
- узла фертигации (фертигация – применение удобрений и протравливателей вместе с поливной водой);
- магистрального трубопровода;
- разводящего трубопровода и капельных линий.

Капельные линии подразделяют на капельные трубки и капельные ленты. В первом случае имеют в виду цельнотянутые полиэтиленовые трубки диаметром от 16 до 20 мм, с толщиной стенки от 100 микрон до 2 мм с прикреплёнными к ним капельницами (наружными, накладными – как на рисунке выше или интегрированными – встроенными внутрь). Лентами же называют капельные линии, изготовленные из полоски полиэтилена, сворачиваемой в трубку и склеенной или сваренной термическим способом. При склейке / сварке внутри шва оставляют свободными от клея / сварки микропространства, которые, в свою очередь, образуют необходимые компоненты капельницы – фильтрующие отверстия, лабиринт превращения ламинарного потока в турбулентный и эмиттер [3].

Толщина стенок лент обычно колеблется от 100 до 300 микрон. Наиболее распространены капельные трубки *P1* (компания *Irritech* Италия), *Streamline* (компания *Netafim* Израиль), *Eolos* (компания *Eurodrip* Греция), *LIN* (компания *Metserplas* Израиль) и ленты *T-tape* (компания *T-system* США), *I-tape* (компания *Irritech* Италия).

Проанализировав системы полива следует сделать вывод, модернизация системы дистанционного управления экономически выгодно, затраты окупаются за два с половиной года.

Список литературы

1. Nikiforov, D.A. Anwendung von wind - und Sonnenenergie für ein hybrides Stromversorgungssystem / D.A. Nikiforov, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Проблемы научной мысли. – 2021. – Vol. 12. – No 4. – P. 44 - 47.
2. Карнаухов, Д.Н. Энергосберегающая система поддержания микроклимата в птичнике / Д.Н. Карнаухов, С.С. Муратов, И.А. Ракоца // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы региональной научно - практической конференции, Иркутск, 17 марта 2017 года. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 525 - 530.
3. Практикум по организации и управлению производством на сельскохозяйственных предприятиях / В.Т. Водяников [и др.]. – М. : КолосС, 2005.
4. Проектирование систем электрификации сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / Т.Н. Бастрон [др.]; Краснояр. гос. аграр. ун - т. – Красноярск, 2005. – 384 с.
5. Прудников, А.Ю. Аппаратно - программный комплекс для исследования работы асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, А.Ю. Логинов, В.В. Боннет // Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии : Материалы научно - практической конференции, посвященной 60 - летию ИРГСХА, Иркутск, 03 - 05 декабря 2013 года. – Иркутск : Издательство ИрГСХА, 2013. – С. 144 - 147.
6. Телекоммуникационные технологии. Введение в технологии GSM / С.Б. Макаров, Н.В. Певцов, Е.А. Попов, М.А. Сиверс. – 2-е изд. – М. : Академия, 2008. – 256 с.
7. Тунханеева, А.Г. Автоматизация управления сушкой зерна как поточный информационный процесс / А.Г. Тунханеева, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно - практической конференции молодых ученых, Иркутск, 25 - 26 марта 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 280 - 286.
8. Тунханеева, А.Г. Рекуперативная система вентилирования как способ энергосбережения / А.Г. Тунханеева, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Научные исследования и

разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно - практической конференции молодых ученых, п. Молодёжный, 26 - 27 марта 2020 года. – п. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 350 - 356.

9. Фримен, А. Linq. Язык интегрированных запросов в C# 2010 для профессионалов / А. Фримен, Д. Раттц; пер. с англ. Н. Мухина. – М. : Вильямс, 2011. – 656 с.

10. Цэдашиев, Ц.В. Разработка электротехнологического процесса обработки яйца / Ц.В. Цэдашиев, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно - практической конференции молодых учёных, Иркутск, 25 - 26 марта 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 327 - 331.

References

1. Nikiforov, D.A. Anwendung von wind - und Sonnenenergie für ein hybrides Stromversorgungssystem / D.A. Nikiforov, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Problemy nauchnoy mysli. – 2021. – Vol. 12. – No 4. – P. 44 - 47.

2. Karnauhov, D.N. Energoberegayushchaya sistema podderzhaniya mikroklimata v ptichnike / D.N. Karnauhov, S.S. Muratov, I.A. Rakoca // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK : materialy regional'noj nauchno - prakticheskoy konferencii, Irkutsk, 17 marta 2017 goda. – Irkutsk : Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2017. – S. 525 - 530.

3. Praktikum po organizacii i upravleniyu proizvodstvom na sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah / V.T. Vodyannikov [i dr.]. – М. : KolosS, 2005.

4. Proektirovanie sistem elektrifikacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva : ucheb. posobie / T.N. Bastron [dr.]; Krasnoyar. gos. agrar. un - t. – Krasnoyarsk, 2005. – 384 s.

5. Prudnikov, A.Yu. Apparatno - programmnyj kompleks dlya issledovaniya raboty asinhronnogo dvigatelya / A.Yu. Prudnikov, A.Yu. Loginov, V.V. Bonnet // Ekologicheskaya bezopasnost' i perspektivy razvitiya agrarnogo proizvodstva Evrazii : Materialy nauchno - prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 60 - letiyu IRGSKHA, Irkutsk, 03 - 05 dekabrya 2013 goda. – Irkutsk: Izdatel'stvo IrGSKHA, 2013. – S. 144 - 147.

6. Telekommunikacionnye tekhnologii. Vvedenie v tekhnologii GSM / S.B. Makarov, N.V. Pevcov, E.A. Popov, M.A. Sivers. – 2 - e izd. – М. : Akademiya, 2008. – 256 s.

7. Tunhaneeva, A.G. Avtomatizaciya upravleniya sushkoj zerna kak potochnyj informacionnyj process / A.G. Tunhaneeva, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : Materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, Irkutsk, 25 - 26 marta 2021 goda. – Molodezhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2021. – S. 280 - 286.

8. Tunhaneeva, A.G. Rekuperativnaya sistema ventilirovaniya kak sposob energosberezheniya / A.G. Tunhaneeva, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : Materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, p. Molodezhnyj, 26 - 27 marta 2020 goda. – p. Molodezhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2020. – S. 350 - 356.

9. Frimen, A. Linq. YAzyk integrirovannyh zaprosov v C# 2010 dlya professionalov / A. Frimen, D. Rattc; per. s angl. N. Muhina. – М. : Vil'yams, 2011. – 656 s.

10. Cedashiev, C.V. Razrabotka elektrotekhnologicheskogo processa obrabotki yajca / C.V. Cedashiev, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : Materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, Irkutsk, 25 - 26 marta 2021 goda. – Molodezhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2021. – S. 327 - 331.

Сведения об авторах

Боннет Вячеслав Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041224153, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Логинов Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Прудников Артем Юрьевич – старший преподаватель кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

Information about the authors

Bonnet Vyacheslav V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of electrical equipment and physics of the energy faculty (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel. 89041224153, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Loginov Alexander Yu. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of electrical equipment and physics of the energy faculty (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk District, Molodezhny Settlement, tel. 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Prudnikov Artem Yu. – senior lecturer, department of electrical equipment and physics, faculty of power engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

УДК 664.8.085.1: 635.64

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ТОМАТОВ**

С.М. Быкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Статья посвящена экспериментальному исследованию инфракрасной обработки и сушки различных сортов томатов в сушильном шкафу «Универсал СД-4». В качестве исходного сырья было использовано четыре сорта томата урожая 2022 года «Шериф», «Интуиция», «Митридат» и «Гусиное яйцо». Первые три сорта были шарообразной формы, а четвёртый сорт был более продолговат. Данные сорта возделываются в Иркутской области. Перед сушкой томаты прошли предварительную обработку. Была определена масса каждого томата путём взвешивания на лабораторных весах. Масса томатов находилась в пределах от 0,164 г до 0,282 г. Для увеличения активной поверхности испарения влаги из томатов и интенсификации процесса сушки томаты были разрезаны на «Восьмушки». Перед тем, как поместить томаты в камеру сушильного шкафа производились замеры геометрических параметров долек, такие как длина, ширина и толщина. Замер данных параметров производился линейкой. Сушка томатов составила 360 минут. Конечная влажность томата определялась весовым способом. В ходе эксперимента было выявлено, что за указанный промежуток времени все исследуемые сорта томата достигли конечной влажности равной 20 - 25 %.

Ключевые слова: Инфракрасное излучение, сушка, томаты, технологическая обработка, сорт, время сушки.

EXPERIMENTAL STUDY INFRARED DRYING TOMATOES

S.M. Bykova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article is devoted to the experimental study of infrared processing and drying of various varieties of tomatoes in the drying cabinet "Universal SD-4". Four tomato varieties of the 2022 harvest "Sheriff", "Intuition", "Mitridate" and "Goose egg" were used as raw materials. The first three varieties were spherical in shape, and the fourth variety was more oblong. These varieties are cultivated in the Irkutsk region. Tomatoes have been pre-processed before drying. The weight of each tomato was determined by weighing it on a laboratory scale. The weight of tomatoes ranged from 0,164 g to 0,282 g. To increase the active surface of moisture evaporation from tomatoes and to intensify the drying process, tomatoes were cut into "Eights". Before placing tomatoes in the drying cabinet chamber, measurements of the geometric parameters of the slices, such as length, width and thickness, were made. The measurement of these parameters was carried out with a ruler. Drying of tomatoes was 360 minutes. The final moisture content of the tomato was determined by weight. During the experiment, it was revealed that during the specified period of time, all the studied tomato varieties reached a final humidity of 20 - 25 %.

Key words: Infrared radiation, drying, tomatoes, processing, grade, drying time.

Введение. Томат – относится к группе плодовых овощных культур семейства пасленовых (*Solanaceae*), является одной из основных овощных культур не только в России, но и в мире. Его с успехом возделывают на всех континентах, что объясняется высокой экологической пластичностью и урожайностью культуры, хорошими вкусовыми качествами плодов, сочностью и ароматом [3, 4, 6, 9].

В Иркутской области районирование томатов в открытом грунте началось с 1952 года, а с 1993 года по настоящее время выращиваются в период зимне-весеннего и осенне-весеннего оборотов в зимних теплицах и пленочных необогреваемых теплицах.

Исследования по сортоизучению сортов и гибридов томата по хозяйственно ценным признакам при выращивании в условиях Иркутской области посвящены работы Палкина Ю.Ф. с коллегами. Ими были выявлены перспективные сорта и гибриды томата с хорошими потребительскими качествами плодов [7, 8].

Всё овощное сырье имеет свои характеристики по вкусовым качествам, по внешнему виду и т.д., томаты не исключение. Классификация томатов по массе (рисунок 1, а) и по форме (рисунок 1, б) представлена на рисунке 1 [4].

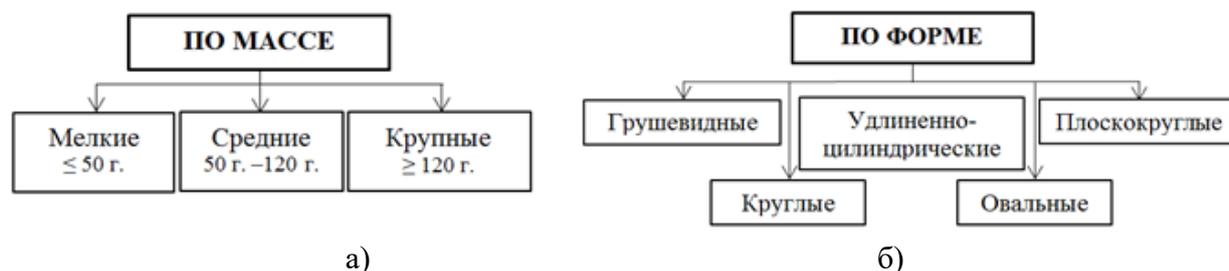


Рисунок 1 – Классификация томатов по массе (а) и форме (б)

Свежие томаты, в условиях обычных для периода массового созревания и уборки, могут сохраниться недолго. Продлить сроки хранения томатов можно в специальных хранилищах при определенной пониженной температуре, предусмотренной ГОСТ 34298-2017 [5]. В процессе хранения происходят потери плодов и овощей в результате расхода питательных веществ на дыхание, испарение влаги, гниения, физиологических заболеваний. При этом качество продуктов ухудшается.

Для увеличения срока хранения и сохранности витаминно-минерального состава свежего томата необходимо подвергать его переработке, так как срок хранения овощей ограничен. Одним из перспективных направлений в области переработки является сушка.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию сушки томатов различных сортов в сушильном шкафу «Универсал СД-4».

Экспериментальная установка. Исследования проведены в лаборатории «Энергосбережение в электротехнологиях» энергетического факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Шкаф сушильный предназначен для сушки различных пищевых продуктов, как в ускоренном, так и в нормальном режиме, обеспечивающем наилучшее качество готового продукта. Шкаф обеспечивает непрерывное поддержание внутри рабочей камеры стабильной температуры. Общий вид сушильного шкафа представлен на рисунке 2.

Внутри корпуса сушильного шкафа в четырёх секциях, попарно в один ряд расположены трубчатые электронагреватели (ТЭН), которые имеют специальное покрытие из функциональной керамики. ТЭНы защищены сверху и снизу от попадания на них кусочков продукта и влаги стальной поверхностью. В процессе работы сушильной установки инфракрасное излучение нагревает стальную поверхность, которая в свою очередь отдаёт теплоту продукту. Над каждой секцией ТЭНов расположены два яруса пищевых лотков для сушки пищевых продуктов (рисунок 2, а, в). Боковые стенки и двери шкафа теплоизолированы, что позволяет значительно снизить теплопотери в окружающую среду при сушке [10].

Результаты измерений

Исходным сырьём для исследования являлись томаты четырёх сортов:

- образец № 1 – «Шериф»;
- образец № 2 – «Интуиция»;
- образец № 3 – «Митридат»;
- образец № 4 – «Гусиное яйцо».

Каждый образец был представлен в количестве 1 штука.

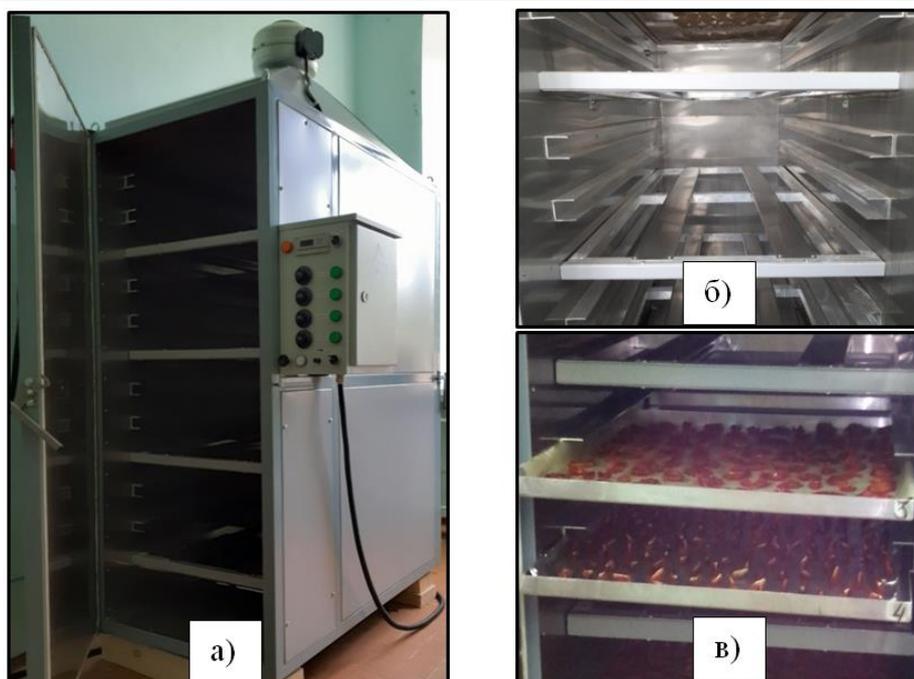


Рисунок 2 – Сушильный шкаф «Универсал - СД-4»: а) внешний вид; б) фрагмент рабочей камеры шкафа; в) загрузка томатов.

Внешний вид свежих томатов в продольном разрезе представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид томатов в продольном разрезе

Таблица 1 – Геометрические параметры долек томата до сушки

Сорт томата	Геометрический параметр	Номер дольки							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Образец № 1	Длина, мм	60	65	64	64	64	62	60	64
	Ширина, мм	28	32	30	31	30	33	29	30
	Толщина, мм	38	36	35	33	38	36	35	33
Образец № 2	Длина, мм	62	63	60	63	64	62	63	64
	Ширина, мм	29	26	25	30	28	28	26	25
	Толщина, мм	35	32	33	36	34	35	36	30
Образец № 3	Длина, мм	57	55	55	59	59	57	57	56
	Ширина, мм	31	27	30	26	28	25	32	28
	Толщина, мм	37	36	35	34	34	35	35	35
Образец № 4	Длина, мм	85	89	88	82	85	89	85	87
	Ширина, мм	30	28	35	31	27	30	32	25
	Толщина, мм	35	36	35	38	34	30	35	35

Из рисунка 3 видно, что томаты образцов № 1 – № 3 имеют более шарообразную правильную форму, а образец под № 4 имеет продолговатую, сливовидную форму.

Перед тем, как поместить томаты в сушильный шкаф, они подвергались предварительной обработке, рассмотренной в работах [1, 2]. Пройдя подготовку, томаты были взвешены. Масса томатов соответственно составила: образец № 1 – 0,196 г, образец № 2 – 0,167 г., образец № 3 – 0,164 г., образец № 4 – 0,282 г. Далее образцы были разделены на 1/8 (восьмушки) (рисунок 4), производился замер геометрических параметров долек томата, а именно: длины, ширины и толщины. В результате измерений получили результаты, представленные в таблице 1.

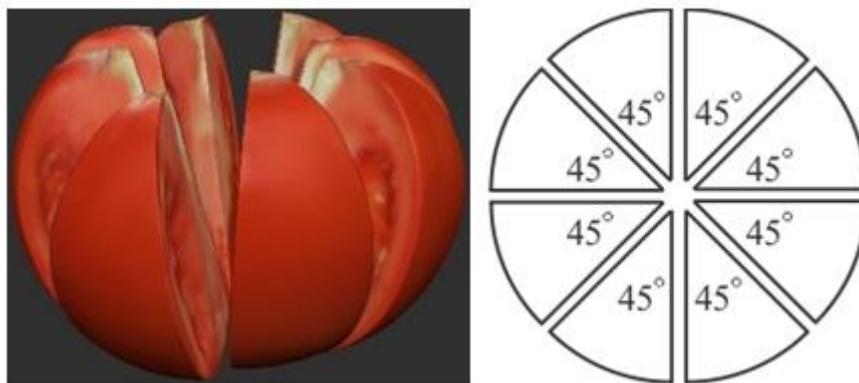


Рисунок 4 – Нарезка томата формой «Восьмушка»

Томаты были помещены в сушильный шкаф, разогретый до температуры 85° С. Данная температура поддерживалась на протяжении 120 мин для быстрого удаления свободной влаги. По истечению этого времени в работу подключался вентилятор для удаления излишней влаги из сушильной камеры, в процессе работы которого температура сушки снижалась до 50 - 55° С и далее температура до завершения процесса сушки оставалась практически неизменной. Время сушки до влажность 20 - 25 % составило 360 минут. Влажность измерялась весовым способом, путём разности массы. Результат сушки представлен на рисунке 5.

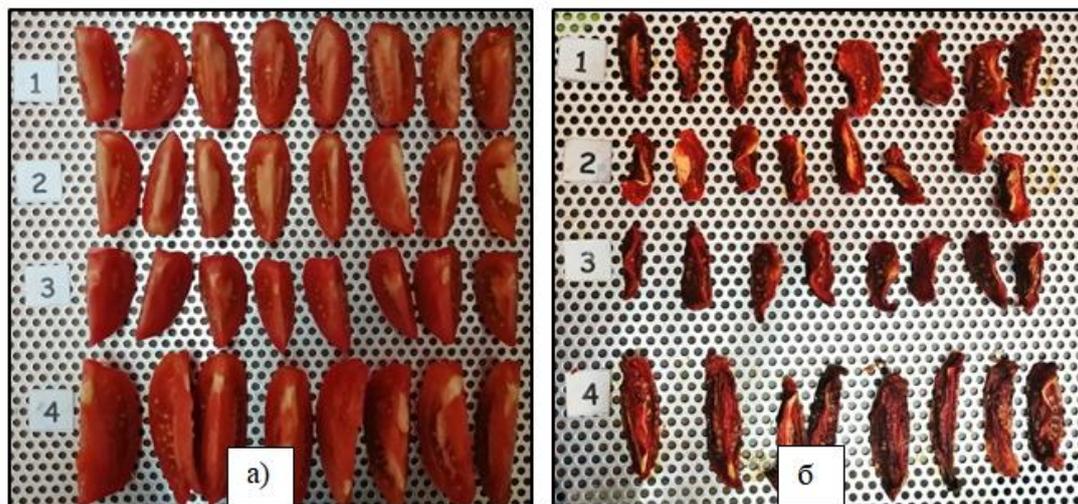


Рисунок 5 – Результаты инфракрасной сушки:

а) влажность томата 85 % (исходное сырьё); б) влажность томата 20 %.

Анализ опытных данных.

В ходе сушки происходила усадка томатов, как по массе, так и уменьшались геометрические параметры долек томата. Результаты сушки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результат сушки долек томатов

Сорт томата	Усредненные показатели							
	масса, г		длина, мм		ширина, мм		толщина, мм	
	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки
Образец № 1	0,196	0,029	6,29	4,74	3,04	1,94	3,55	1,81
Образец № 2	0,167	0,022	6,26	4,19	2,71	1,51	3,39	1,91
Образец № 3	0,164	0,021	5,69	4,55	2,84	1,64	3,51	2,06
Образец № 4	0,282	0,028	8,63	7,65	2,98	1,95	3,48	0,81

Из таблицы 2 видно, что в процессе сушки произошла усадка долек в 1,5 - 2 раза в зависимости от параметров. Масса долек для первых 3-х образцов уменьшилась от 6,76 до 7,81 соответственно, а масса 4-го образца уменьшилась в 10,07 раза.

Вывод. В результате анализа проведённых экспериментальных исследований можно сказать, что от сорта и геометрических форм томата время сушки изменяется незначительно. Единственное, образец № 4 сильно просел по толщине. Так как плоды томата сорта «Гусиное яйцо» как в исходном состоянии, так и подверженный сушке имеет наибольшую длину плода, площадь поверхности долек данного томата больше это и явилось причиной того, что масса данного сорта томата уменьшилась в большее количество раз. Так же можно сделать вывод, что технологический процесс сушки не зависит от сорта томата, а вот вкусовые качества, витаминно-минеральный состав напрямую зависят от сорта томата.

Список литературы

1. Алтухов, И.В. Выбор определяющих параметров технологической обработки и сушки томатов импульсным инфракрасным облучением / И.В. Алтухов, С.М. Быкова // Байкальский Вестник ДААД. – 2019. – № 1. – С. 52 - 57.
2. Алтухов, И.В. Классификация методов и способов сушки плодоовощной продукции / И.В. Алтухов, С.М. Быкова, А.М. Свиная // Байкальский Вестник ДААД. – 2020. – № 1. – С. 42 – 47.
3. Бексеев, Ш.Г. Овощные культуры мира: энциклопедия огородничества / Ш.Г. Бексеев. – СПб. : Диля, 1998. – 509 с.
4. Гавриш, С.Ф. Томат: возделывание и переработка / С.Ф. Гавриш, С.Н. Галкина. – М. : Росагропромиздат, 1990. – 190 с.
5. ГОСТ 34298 - 2017. Томаты свежие. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: дата введения 01.07.2018 г. – М. : Стандартинформ, 2018. – 20 с.
6. Литвинов, С.С. Научные основы современного овощеводства / С.С. Литвинов. – М. , 2008. – 771 с.

7. Палкин, Ю.Ф. Перспективные гибриды томата для обогреваемых пленочных теплиц в Восточной Сибири / Ю.Ф. Палкин, И.М. Мокшонова // Вестник ИрГСХА. – 2012. – № 53. – С. 21 - 27.

8. Палкин, Ю.Ф. Сорты и гибриды томата фирмы «Гавриш» как инновационный элемент в технологии культуры при выращивании в открытом грунте и парниках в Иркутской области / Ю.Ф. Палкин, И.М. Мокшонова, И.В. Липилина // Новые сорта и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур – основа повышения эффективности сельскохозяйственного производства : мат. междунар. науч. - практ. конф. (Иркутский ГАУ, 18 - 19 июня 2019 г). – Иркутск : Изд - во Иркутского ГАУ, 2019. – С. 36 - 44.

9. Соколов, Г.Я. Овощеводство открытого грунта: учебное пособие для вузов / Г.Я. Соколов; Иркут. гос. с. - х. акад. – Иркутск : ИрГСХА, 2004. – Ч. 2. – 170 с.

10. Стребков, В. Инфракрасная техника в пищеконцентратной промышленности / В. Стребков, А. Андреев, В. Кирдяшкин, Н. Елькин // Хлебопродукты. – 2006. – № 5. – С. 56 - 57.

References

1. Altukhov, I.V. Vybór opredelyayushchikh parametrov tekhnologicheskoi obrabotki i sushki tomatov impul'snym infrakrasnym oblucheniem / I.V. Altukhov, S.M. Bykova // Baikal'skii Vestnik DAAD. – 2019. – № 1. – P. 52 - 57.

2. Altukhov, I.V. Klassifikatsiya metodov i sposobov sushki plodoovoshchnoi produktsii / I.V. Altukhov, S.M. Bykova, A.M. Svinareva // Baikal'skii Vestnik DAAD. – 2020. – № 1. – P. 42 - 47.

3. Bekseev, Sh.G. Ovoshchnye kul'tury mira: entsiklopediya ogorodnichestva / Sh.G. Bekseev. – SPb. : Dilya, 1998. – 509 p.

4. Gavrish, S.F. Tomat: vozdeleyvanie i pererabotka / S.F. Gavrish, S.N. Galkina. – M. : Rosagropromizdat, 1990. – 190 p.

5. GOST 34298 - 2017. Tomaty svezhie. Tekhnicheskie usloviya: natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii: izdanie ofitsial'noe: data vvedeniya 01.07.2018 g. – M. : Standartinform, 2018. – 20 p.

6. Litvinov, S.S. Nauchnye osnovy sovremennogo ovoshchevodstva / S.S. Litvinov. – M. , 2008. – 771 p.

7. Palkin, Yu.F. Perspektivnye gibridy tomata dlya obogrevaemykh plenochnykh teplits v Vostochnoi Sibiri / Yu.F. Palkin, I.M. Mokshonova // Vestnik IrGSKhA. – 2012. – № 53. – P 21 - 27.

8. Palkin, Yu.F. Sorta i gibridy tomata firmy «Gavrish» kak innovatsionnyi element v tekhnologii kul'tury pri vyrashchivanii v otkrytom grunte i parnikakh v Irkutskoi oblasti / Yu.F. Palkin, I.M. Mokshonova, I.V. Lipilina // Novye sorta i innovatsionnye tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur – osnova povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: mat. mezhdunarod. nauch. - prakt. konf. (Irkutskii GAU, 18 - 19 iyunya 2019 g). – Irkutsk : Izd - vo Irkutskogo GAU, 2019. P. 36 – 44.

9. Sokolov, G.Ya. Ovoshchevodstvo otkrytogo grunta: uchebnoe posobie dlya vuzov / G.Ya. Sokolov ; Irkut. gos. s. - kh. akad. – Irkutsk : IrGSKhA, 2004. – Ch. 2. – 170 p.

10. Strebkov, V. Infrakrasnaya tekhnika v pishchekonsentratnoi promyshlennosti / V. Strebkov, A. Andreev, V. Kirdyashkin, N. El'kin // Khleboprodukty. – 2006. – № 5. – S. 56 - 57.

Сведения об авторе

Быкова Светлана Михайловна – старший преподаватель кафедры энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодёжный, ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, энергетический факультет, 89041216961, e-mail: bsm2212@mail.ru.

Information about the author

Bykova Svetlana M. – senior lecturer, department of energy supply and heat engineering. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, FSBEI HE Irkutsk state agrarian university named after AA Ezhevsky, faculty of energy, 89041216961, e-mail: bsm2212@mail.ru.

УДК 621.316

**ВЛИЯНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ
НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье проведён анализ электрических сетей по снижению несинусоидальных режимов. Основные исследования позволили рассмотреть вопрос коэффициента искажения напряжения в системе электроснабжения. Проведены испытания измерений в электрических сетях потребителя с бытовой нагрузкой. В работе проведён один из способов снижения параметров не синусоидальности снижения тока. Приведены рекомендации выбора технических решений различного исполнения. Проведённый анализ позволил оценить состояние электрических сетей и оценить качества электроэнергии. Отклонение показателей качества электроэнергии согласно Госту ухудшает работу электрооборудования. Полученные результаты исследования параметров энергосистемы определяют уровень искажений в общей сети 6 - 0,4 кВ. Полученные экспериментальные данные в области определяют степень снижения не синусоидальности напряжения и тока. Проведённый анализ электрических сетей района позволит выбрать способ для снижения уровня не синусоидальности напряжения и тока в электроустановках. Таким образом, нагрузка бытовых потребителей составляет малую долю от общего потребления электроэнергии. Использование технических средств уменьшают величину искажений в процентном соотношении, повышает основные показатели надёжности работы электроустановок. Только комплексный подход в системе электроснабжения позволит повысить качество электрической энергии.

Ключевые слова: Несинусоидальные режимы, надёжность, отклонение напряжения, режимы работы, повышение надёжности, дополнительные потери.

**THE EFFECT OF NON-SINUSOIDAL VOLTAGE
ON THE OPERATION OF ELECTRICAL NETWORKS**

G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, O.N. Shpak

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article analyzes electrical networks to reduce non-sinusoidal modes. The main studies allowed us to consider the issue of the voltage distortion coefficient in the power supply system. Tests of measurements in the electrical networks of the consumer with household load were carried out. In this paper, one of the ways to reduce the parameters of non-sinusoidal current reduction is carried out. Recommendations for the selection of technical solutions of various designs are given. The analysis made it possible to assess the condition of electrical networks and assess

the quality of electricity. Deviation of electricity quality indicators according to Gost worsens the operation of electrical equipment. The obtained results of the study of the parameters of the power system determine the level of distortion in the general network of 6 - 0,4 kV. The experimental data obtained in the field determine the degree of reduction of non-sinusoidal voltage and current. The analysis of the electrical networks of the district will allow you to choose a way to reduce the level of non-sinusoidal voltage.

Key words: Non-sinusoidal modes, reliability, voltage deviation, operating modes, increased reliability, additional losses.

На протяжении многих лет в сельских электрических сетях энергосистемы отмечается увеличение промышленных нагрузок, так как наблюдается уменьшение основных производственных мощностей. Используя высокотехнологическое оборудования с нелинейными вольт-амперными характеристиками приводит к увеличению в низковольтной сети высших гармоник [1]. Так же отклонение напряжения влияет на режимы работу технологических процессов в агропромышленных комплексах. Экспериментальные исследования, проведенные в электрических сетях напряжением 0,38 кВ Иркутской области, говорит о том что, показатели качества электроэнергии не соответствуют нормативным требованиям [2], в частности не синусоидальности напряжения. Изменение высших гармоник в сети приводит к существенным материальным убыткам, техническим ущербам. В свою очередь к такому оборудованию предъявляет к себе ряд требований, одним из которых является качество электрической энергии, соответствующее ГОСТу 32144-2013 [1]. Колебания напряжения – это быстро изменяющиеся отклонения напряжения длительностью до нескольких секунд. В основном колебания напряжения происходят из-за резкого изменения нагрузки, например, включения асинхронного электродвигателя двигателя большой мощности, технологических установок с быстропеременным режимом работы, сопровождающимися толчками активной и реактивной нагрузки. Отклонение от установленных значений указывает на проблемы в работе электрооборудования. В таких ситуациях наблюдается снижение мощности и надёжности оборудования, повышение расхода электроэнергии и нерациональности использования ресурсов [2].

Не синусоидальность напряжения характеризуется такими показателями как коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения KU и, коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения $KU(n)$. Основные способы снижения не синусоидальности напряжения в сетях 0,38 кВ [3]:

- схемные решения выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин, группирование вентильных преобразователей по схеме умножения фаз, подключение нелинейной нагрузки к системе с большей мощностью короткого замыкания;
- применение оборудования, характеризующегося пониженным уровнем генерации высших гармоник, например «Не насыщающихся» трансформаторов и многофазных вентильных преобразователей;
- использование фильтровых устройств: параллельных узкополосных резонансных фильтров [4].

По проведённым измерениям в Иркутской области, можно сказать, что отклонения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) не соответствуют требованиям ГОСТа. Такие наблюдения отражены в таблице 1.

Таким образом, нагрузка бытовых потребителей составляет малую долю от общего потребления электроэнергии. Соотношение мощностей пропорционально генерации искажений, вызываемых потребителями [3].

Современная система электроснабжения объектов характеризуется многоступенчатой трансформацией напряжением и большой длиной линии различных напряжений. При изменении величины нагрузок от наименьших до наибольших суммарные потери напряжения также изменяются. В результате на зажимах электроприёмников имеет место изменение напряжения в значительных пределах, превышающих допустимые. В этих условиях нельзя обеспечить требуемое качество напряжения без применения специальных регулирующих устройств [7].

Таблица 1 – Проведённые испытания электрической энергии в сетях

Измеряемая характеристика	Фаза А			Фаза В			Фаза С			Нормативное значение результат измерений Т1 Т2
	результат измерений	Т1	Т2	результат измерений	Т1	Т2	результат измерений	Т1	Т2	
$K_{UB}, \%$	2,64	0,0 0		2,59	0,0 0		2,58	0,0 0		8,00
$K_{UNB}, \%$	3,48		0,0 0	3,44		0,0 0	3,40		0,0 0	12,00

Степень дополнительных активных потерь от высших гармоник в системах электроснабжения составляет 7 % от потерь при синусоидальном напряжении. Такие потери наблюдаются в электрических сетях агропромышленных комплексов, промышленных объектах 8 - 12 процентов [3]. Анализ обследований в электроэнергетических системах и системах электроснабжения показал, что суммарные потери электрической энергии в них составляют до 15 % и выше. В распределительных электрических сетях 6 - 10/0,4 кВ наибольшие потери составляют порядка 85 % [5].

В Иркутской области был проведён ряд измерений показателей качества электроэнергии на предмет наличия искажений напряжений, результаты представлены на рисунке 1. Измерения проводились в Осинском районе, Русские Янгуты, это 150 км. от Иркутска, ЩР-1, центр питания КТП 6/0,4 кВ, время проведения измерений 08.06.2020 г.

Из графика видно что, коэффициент искажения в бытовом секторе составляет более 7 %. Для снижения не синусоидальности применяют схемные решения, фильтровые устройства, а также использование специального оборудования с низким уровнем образования высших гармоник. Отклонение от установленных значений указывает на проблемы в работе электрооборудования. В таких ситуациях наблюдается снижение мощности и надёжности

оборудования, повышение расхода электроэнергии и нерациональности использования ресурсов [6].

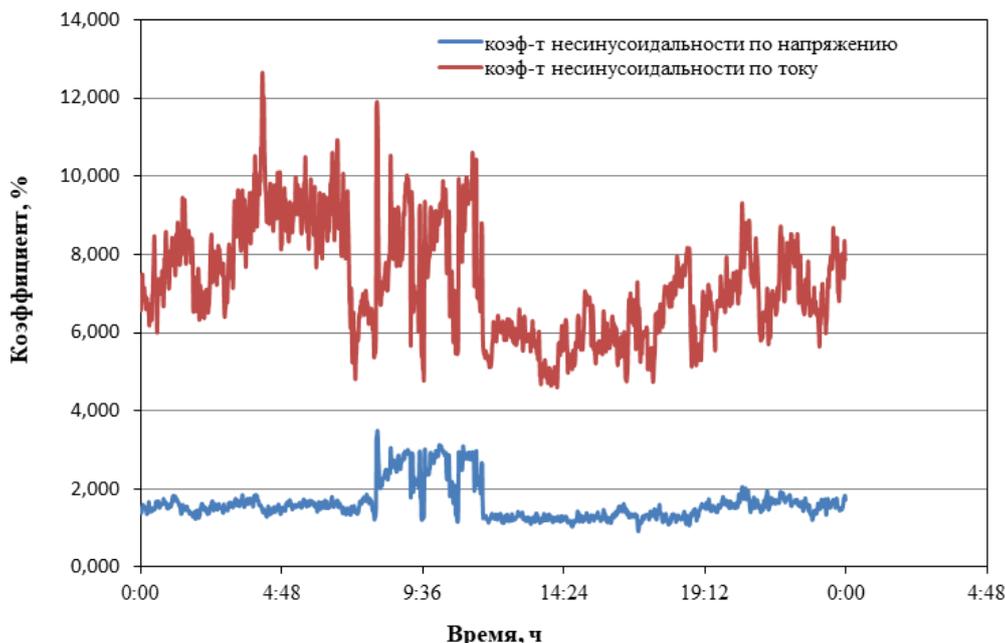


Рисунок 1 – График изменения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и тока

Основная причина несинусоидальности напряжения – это использование электрооборудования с нелинейными вольт-амперами характеристиками. Проведённый анализ исследований показателей качества электрической энергии, позволит снизить уровень искажений, выбрать один из способов для снижения не синусоидальности напряжения и тока в системах электропитания. Например, для борьбы с не синусоидальностью, используют специальные фильтрокомпенсирующие устройства обеспечивающие компенсацию реактивной мощности. Данный способ позволит улучшить показатели ПКЭ и обеспечить надёжную работу технологических процессов в электрических сетях.

Список литературы

1. Активный фильтр высших гармоник с возможностью компенсации реактивной мощности - Пат. 154184 Российская Федерация, U1 МПК H02J 3/18 / заявитель и патенто-обладатель ООО «ЦИТ ИрГТУ». – №2014143318/07; заявл. 27.10.2014; опубл. 20.08.2015, Бюл. 23.
2. Третьяков, А.Н. Влияние не синусоидальности на работу электрооборудования предприятия агропромышленного комплекса / А.Н. Третьяков, Х. Рахмет, С.В. Батищев // Актуальные проблемы энергетики АПК : мат. VII междунаро. науч. - практ. конф.; под общей ред. Трушкина В.А., Саратовский ГАУ, 18 апреля 2016 г. – Саратов : Изд - во ООО «ЦеСАин». – С. 108 - 111.
3. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

4. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии. в системах электроснабжения общего назначения.

5. Кудряшев, Г.С. Исследование эффективности применения в АПК фильтрокомпенсирующих устройств / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, С.В. Батищев, О.Н. Шпак // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 4 (19). – С. 233 - 237.

6. Кудряшев, Г.С. Комплексный подход при ресурсоэнергосбережении на предприятиях АПК Иркутской области / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак // Вестник ИрГТУ - 2016 № 73 С. 135 - 140.

7. Кудряшев, Г.С. Технические средства для нормализации качества электрической энергии / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: мат. всеросс. науч - практ. конф. с международ. уч., посвящ. памяти А.А. Ежовского, Иркутск, 15 - 16 ноября 2018 г. – Иркутск: Изд - во Иркутский ГАУ, 2018.

8. Кудряшев, Г. С. Применение инноваций в решении вопросов энергосбережения на предприятиях АПК Интеллектуальные машинные технологии и техника в сельском хозяйстве / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, С.В. Батищев // международная научно - техническая конференция, ФГНУ ФНФЦ ВИ, 12 - 13 декабря 2017 г. – М. : ФГНУ ФНФЦ ВИ, 2017.

9. Проект Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года – М. : Энергосовет № 4. - 2009. – 14 с.

References

1. Active filter of higher harmonics with the possibility of reactive power compensation [Aktivnyj fil'tr vysshih garmonik s vozmozhnost'yu kompensacii reaktivnoj moshchnosti] - Pat. 154184 Russian Federation, U1 IPC H02J 3/18 / applicant and patent holder of LLC "CIT ISTU". No 2014143318/07; Appl. 27.10.2014; publ. 20.08.2015, Byul. 23.

2. Tretyakov, A.N. The influence of non - sinusoidality on the work of the electrical equipment of the enterprise of the agro - industrial complex. [Vliyanie nesinusoidal'nosti na rabotu ehlektrooborudovaniya predpriyatiya agropro - myshlennogo kompleksa] / A.N. Tretyakov, N. Rakhmet, S.V. Batishchev // Actual problems of energy of agrarian and industrial complex: Mat. VII international. scientific. - prakt. Conf.; under the General editorship of A. V. Trushkin, the Saratov state agricultural university, 18 April 2016 – Saratov: Izd - vo OOO "Tsesain". - P. 108 - 111.

3. GOST 32144-2013 interstate standard. [GOST 32144-2013 interstate standard] Electric energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Standards of quality of electric energy in power supply systems of General purpose.

4. GOST 33073 - 2014 interstate standard. [GOST 32144-2013 interstate standard] Electric energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Control and monitoring of electric power quality. in General - purpose power supply systems.

5. Kudryashev, G.S. Study of the efficiency of use in agriculture filtercontrol - ing devices [Issledovanie ehffektivnosti primeneniya v APK fil'trokompensiruyushchih ustrojstv] / G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, S.V. Batishchev, O.N. Shpak // Innovations in agriculture. - 2016. - № 4 (19). - P. 233 - 237.

6. Kudryashev, G.S. Kompleksnyj podhod pri resursoenergoberezenii na predpriyatij APK Irkutskoj oblasti [Integrated approach to resursoberegenie in your enterprise APK Irkutsk region] / G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, O.N. Shpak // Bulletin Of ISTU - 2016 No. 73 S. 135 - 140.

7. Kudryashev, G.S. Tekhnicheskie sredstva dlya normalizacii kachestva elektricheskoy energii [Technical means for normalization of quality of electric energy] / G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, O.N. Shpak // Problems and prospects of sustainable development of agro-

industrial complex : Mat. vseross. scientific.scient. Conf. with international. academic, internat. in memory of A.A. Ezhevsky, Irkutsk, november 15 - 16, 2018 – Irkutsk : publishing house of Irkutsk state university, 2018.

8. Kudryashev, G.S. Primenenie innovacij v reshenii voprosov energosberezheniya na predpriyatiyah APK Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika v sel'skom hozyajstve [Innovation in addressing the issues of energy saving at the enterprises of agroindustrial complex Intelligent machine technology and equipment in agriculture] / G.S. Kudryashov, A.N. Tretyakov, S.V. Batishchev // international scientific and technical conference FGNU FNFC VI, 12 - 13 december 2017 – М. : FGNU FNFC VI, 2017.

9. Proekt Gosudarstvennoj programmy energosberezheniya i povysheniya energeticheskoy energosberezheniya i povysheniya energeticheskoy effektivnosti effektivnosti na period do 2020 goda [Draft of the State program of energy saving and increase of energy saving and increase of energy efficiency for the period up to 2020] – М. : Energosovet No. 4. - 2009. – 14 S.

Сведения об авторах

Кудряшев Геннадий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники (664038, Иркутский р-он, п. Молодёжный, 1, тел. 89148880030, Kudryashev@list.ru).

Третьяков Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники (664038, Иркутский р-он п. Молодёжный, 1, тел. 89148988520, e-mail: tretyakov_aleks@mail.ru).

Шпак Оксана Николаевна – старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники (664038, Иркутский р-он, п. Молодёжный, 1, тел. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru).

Information about authors

Kudryashov Gennady S. – doctor of technical sciences, professor of energy and heat (664038, Irkutsk district, youth section, 1, tel 89148880030, Kudryashev@list.ru).

Tretyakov Alexander N. – Ph.D associate professor department of energy supply and heat engineering (664038, Irkutsk district youth section, 1, 89148988520 telephone, e-mail: tretyakov_aleks@mail.ru).

Shpak Oksana N. – senior lecturer of the department of electricity and electrical engineering (664038, Irkutsk district, p. Youth, 1, tel. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru).

УДК 621.313.333.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА

¹А.Ю. Прудников, ¹В.В. Боннет, ¹А.Ю. Логинов, ²Я.В. Боннет

¹ ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

²ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Москва, Россия

Задача обеспечения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве является актуальной, так как сложные условия эксплуатации и агрессивная среда препятствуют рациональному его использованию. Одной из причин аварийности асинхронных двигателей являются дефекты подшипников и эксцентриситет ротора.

Эксцентриситет ротора в большинстве своем появляется при износе подшипников, который возможно оценить по косвенному показателю, частоте вращения ротора, для этого авторами был разработан способ диагностики. При реализации которого применялась виртуальная модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора, выполненная с помощью пакета прикладных математических программ, что позволило смоделировать работу асинхронного двигателя в таких режимах, как пуск, холостой ход и установившаяся работа. Для подтверждения адекватности математической модели и полученных с её помощью зависимостей нами был проведён ряд экспериментов в условиях эксплуатации, были выявлены функциональные зависимости частоты вращения ротора от времени при различном эксцентриситете ротора. В статье приводится сравнение результатов математического моделирования и результатов экспериментальных исследований.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, диагностика, надёжность, математическая модель, процесс пуска, эксцентриситет ротора.

RESULTS OF CHECKING THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR WITH ROTOR ECCENTRICITY

¹A.Yu. Prudnikov, ¹V.V. Bonnet, ¹A.Yu. Loginov, ²Y.V. Bonnet

¹FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

² FSBEI HE Moscow state technical university named after N.E. Bauman
Moscow, Russia

The task of ensuring the reliability of electrical equipment in agriculture is urgent, since difficult operating conditions and aggressive environment prevent its rational use. One of the causes of accidents of asynchronous motors are bearing defects and rotor eccentricity.

The eccentricity of the rotor mostly appears when the bearings wear out, which can be estimated by an indirect indicator, the rotor speed, for this the authors have developed a diagnostic method. In the implementation of which a virtual model of an asynchronous motor was used, with the eccentricity of the rotor made using a package of applied mathematical programs, which made it possible to simulate the operation of an asynchronous motor in such modes as start, idle and steady operation. To confirm the adequacy of the mathematical model and the dependencies obtained with its help, we conducted a number of experiments under operating conditions, functional dependencies of the rotor speed on time were revealed, with different eccentricity of the rotor. The article presents a comparison of the results of mathematical modeling and the results of experimental studies.

Key words: Asynchronous motor, diagnostics, reliability, mathematical model, start-up process, rotor eccentricity.

Асинхронные двигатели являются самыми распространенными электрическими машинами в агропромышленном комплексе. Они широко распространены благодаря своей простоте устройства и хорошими рабочими характеристиками. Однако сложные условия эксплуатации и агрессивная среда препятствуют рациональному его использованию, что подтверждают результаты исследований, приведённые в работах авторов [1, 6, 8].

Одной из причин аварийности асинхронных двигателей являются дефекты и износ подшипников, приводящие к эксцентриситету ротора, как статическому, так и динамическому о чём свидетельствуют результаты ис-

следований в работах [7, 10, 11]. Определив, эксцентриситет ротора можно установить техническое состояние подшипников, для этой цели авторами был разработан способ диагностики, использующий частоту вращения ротора как диагностический параметр [5, 12]. При реализации, которого применялась виртуальная модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора, выполненная с помощью пакета прикладных математических программ, что позволило смоделировать работу асинхронного двигателя в таких режимах, как пуск, холостой ход и установившаяся работа [4, 9, 13]. Для проверки адекватности математического описания экспериментальным данным был выбран двигатель мощностью 2,2 кВт, с номинальной частотой вращения ротора 1460 об/мин. Полученная процессе моделирования функция изменения частоты вращения ротора от времени при различных величинах эксцентриситета, сравнивалась с аналогичной полученной в ходе производственных испытаний.

Расчёты проводились для двигателя марки АИР, мощностью 2,2 кВт, режим холостого хода. На рисунке 1 показаны зависимости относительного эксцентриситета от разности амплитуд изменения частоты вращения ротора, где прямая 1 получена в результате моделирования, а прямая 2 отражает результат экспериментальных исследований.

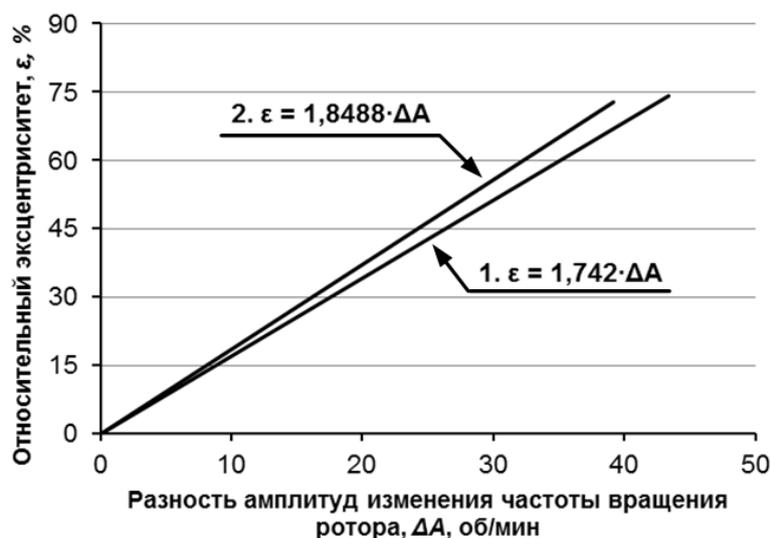


Рисунок 1 – Изменение зависимости относительного эксцентриситета от разности амплитуд изменения частоты вращения ротора, полученные в результате моделирования (1) и в результате экспериментальных исследований (2)

Чтобы подтвердить гипотезу об адекватности математического описания опытным данным, необходимо оценить отклонение зависимости, полученной экспериментальным путем \bar{y}_g от зависимости, полученной при моделировании \hat{y}_g [2, 3]. Рассеяние результатов наблюдений вблизи уравнения регрессии, оценивающего истинную функцию отклика, можно описать с помощью дисперсии адекватности:

$$s_{ад}^2 = \frac{m}{N - d} \sum_{g=1}^N (\bar{y}_g - \hat{y}_g)^2, \quad (1)$$

где d – членов уравнения регрессии;

N – количество наблюдений. Данные промежуточных расчётов приведены в таблице 1.

Согласно табличным данным дисперсия адекватности определится как:

$$s_{ад}^2 = \frac{2}{6 - 1} \cdot (0,0262 + 0,7569 + 0,0096 + 3,3856 + 1,5775) = 1,99$$

Таблица 1 – Данные расчётов $(\bar{y}_g - \hat{y}_g)^2$

m	1	2	3	4	5	6
$(\bar{y}_g - \hat{y}_g)^2$	0	0,0262	0,7569	0,0096	3,3856	1,5775

Дисперсия адекватности определяется с числом степеней свободы:

$$v_{1ад} = N - d, \quad (2)$$

$$v_{2ад} = N(m - 1), \quad (3)$$

Проверка гипотезы об адекватности состоит в выяснении соотношения между дисперсией адекватности $s_{ад}^2$ и оценкой дисперсии воспроизводимости эксперимента $s_{вос}^2$ [3]. Проверку гипотезы об адекватности проводят, используя критерий Фишера, который определяется выражением:

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s_{вос}^2}, \quad (4)$$

Если вычисленное значение критерия меньше критического, определяемого специальными таблицами, то следует принимать гипотезу об адекватности математического описания экспериментальным данным.

Дисперсия воспроизводимости эксперимента определится выражением:

$$s_{вос}^2 = \frac{1}{N} \sum_1^N s_g^2, \quad (5)$$

где s_g^2 – оценка выборочной дисперсии, определяемая выражением [3]:

$$s_g^2 = \frac{1}{m - 1} \sum_{k=1}^m (y_{gk} - \bar{y}_g), \quad (6)$$

Расчёт s_g^2 для точки $\varepsilon = 43$ %, экспериментально полученные данные, вычисления которой показаны на рисунке 1, приведены ниже:

$$s_g^2 = \frac{1}{2 - 1} \cdot ((18 - 20.17)^2 + 6(19 - 20.17)^2 + 14(20 - 20.17)^2 + 5(21 - 20.17)^2 + 3(22 - 20.17)^2 + (23 - 20.17)^2) = 34,84$$

Результаты расчёта s_g^2 для остальных точек (рисунок 1), приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта s_g^2

$\varepsilon, \%$	0	19	27	33	43	57
s_g^2	14,21	15,49	18,86	26,01	34,84	32,57

Для подтверждения гипотезы об однородности s_g^2 можно воспользоваться критерием Кохрена G , который определяется отношением максимальной оценки к сумме всех сравниваемых оценок [3]:

$$G = \frac{\max(s_g^2)}{\sum_1^N s_g^2}, \quad (7)$$

В соответствии с данными таблицы 2 критерий Кохрена определится, как:

$$G = \frac{34,84}{14,21 + 15,49 + 18,86 + 26,01 + 34,84 + 32,57} = 0,2454$$

Вычисленное значение G должно быть меньше критического значения $G_{кр}$, которое определялось по таблице, для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

$$G_{кр} = 0,2929 > G = 0,2454, \quad (8)$$

Так как тождество (7) выполняется, то гипотеза об однородности выборочных дисперсий отвечает результатам экспериментов.

Согласно выражению (4) и данным таблицы (2) $s_{вос}^2$ определится как:

$$s_{вос}^2 = \frac{1}{180} (14,21 + 15,49 + 18,86 + 26,01 + 34,84 + 32,57) = 0,79$$

Тогда:

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s_{вос}^2} = \frac{1,99}{0,79} = 2,52$$

Значение $F_{кр}$ определялось уровня значимости $\alpha = 0,05$ и составило $F_{кр} = 4,39$. Так как выполняется тождество:

$$F_{кр} = 4,39 > F = 2,52$$

можно сделать вывод, что зависимость относительного эксцентриситета от разности амплитуд частоты вращения асинхронного двигателя, полученная экспериментальным путём адекватна аналогичной зависимости, полученной в результате моделирования.

Список литературы

1. Амплитуда колебаний частоты вращения ротора как параметр оценки эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова, А.Ю. Логинов, И.А. Ракоца // Вестник Ангарского государственного технического университета, 2016. – № 10. – С. 70 - 73.
2. Боровков, А.А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез / А.А. Боровков. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 704 с.
3. Бородюк, В.П. Статистические методы в инженерных исследованиях : лаб. практикум для втузов / В.П. Бородюк, А.П. Воцинин, А.З. Иванов ; под ред. Г.К. Круга. – М. : Высш. шк., 1983. – 216 с.
4. Виртуальная модель асинхронного двигателя в ортогональной системе координат / А.Ю. Прудников, В.В. 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. 112 - 119.
5. Диагностический комплекс исследования работы асинхронного двигателя в переходных режимах / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII международной научно - практической кон-

ференции, Саратов, 18 апреля 2016 года / Под общей редакцией Трушкина В.А. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2016. – С. 189.

6. Кожухов, В.А. Обзор технологических отказов асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве / В.А. Кожухов, С.А. Стрижнев // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 11. – С. 199 - 202.

7. Определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / 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. 183 - 188.

8. Полищук В.И. Обзор способов диагностики эксцентриситета ротора машин переменного тока / В.И. Полищук, А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2011. – № 6. – С. 29 - 33.

9. Результаты моделирования асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора в режиме холостого хода / А.Ю. Прудников, В.В. 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.

10. Рогачев В.А. Экспериментальные исследования эксцентриситета ротора в асинхронном двигателе / В.А. Рогачев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2007. – № S1. – С. 52 - 54.

11. Сафин Н.Р. Исследование влияния неисправностей подшипника на КПД асинхронного двигателя / Н.Р. Сафин, В.А. Прахт, В.А. Дмитриевский // Электротехника. – 2017. – № 10. – С. 87 - 91.

12. Патент № 2589743 С2 Российская Федерация, МПК G01R 31/34, H02K 17/16. Способ определения эксцентриситета ротора асинхронного электродвигателя : № 2014125793/07 : заявл. 25.06.2014 : опубл. 10.07.2016 / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия».

13. Prudnikov, A.Yu. Virtual model of an induction motor with rotor eccentricity [Электронный ресурс] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548: III International scientific conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091227355&origin=resultslist>. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032017 (дата обращения: 19.08.2022).

References

1. Amplituda kolebanij chastoty vrashcheniya rotora kak parametr ocenki ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [The amplitude of the oscillation of the rotor speed as a parameter for estimating the eccentricity of the rotor of an asynchronous motor] / Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova, A.Yu. Loginov, I.A. Rakoca // Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2016. – № 10. – S. 70 - 73.

2. Borovkov, A.A. Matematicheskaya statistika. Ocenka parametrov. Proverka gipotez [Mathematical statistics. Evaluation of parameters. hypothesis testing] / A.A. Borovkov. – М. : FIZMATLIT, 2007. – 704 s.

3. Borodyuk, V.P. Statisticheskie metody v inzhenernyh issledovaniyah : lab. praktikum dlya vtuzov [Statistical methods in engineering research] / V.P. Borodyuk, A.P. Voshchinin, A.Z. Ivanov ; pod red. G.K. Kruga. – М. : Vyssh. shk., 1983. – 216 s.

4. Virtual'naya model' asinhronnogo dvigatelya v ortogonal'noj sisteme koordinat [A virtual model of an asynchronous motor in an orthogonal coordinate system] / A.Yu. Prudnikov,

V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, Ya.V. Bonnet // Aktual'nye voprosy inzhenerno - tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo obespecheniya APK : Materialy IX Nacional'noj nauchno - prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Irkutsk, 23 - 24 sentyabrya 2021 goda. – Molodyozhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2021. – S. 112 - 119.

5. Diagnosticheskij kompleks issledovaniya raboty asin - hronnogo dvigatelya v perekhodnyh rezhimah [Diagnostic complex for investigating the operation of an asynchronous motor in transient modes] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova [i dr.] // Aktual'nye problemy energetiki APK : materialy VII mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii, Saratov, 18 aprelya 2016 goda / Pod obshej redakciej Trushkina V.A. – Saratov : OOO "Centr social'nyh agroinnovacij SGAU", 2016. – S. 189.

6. Kozhuhov, V.A. Obzor tekhnologicheskikh otkazov asinhronnyh dvigatelej v sel'sko-kozyajstvennom proizvodstve [Overview of technological failures of asynchronous motors in agricultural production] / V.A. Kozhuhov, S.A. Strizhnev // Vestnik KrasGAU. – 2006. – № 11. – S. 199 - 202.

7. Opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [Determination of the eccentricity of the rotor of an asynchronous motor] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova [i dr.] // Aktual'nye problemy energetiki APK : materialy VII mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii, Saratov, 18 aprelya 2016 goda / Pod obshej redakciej Trushkina V.A. – Saratov : OOO "Centr social'nyh agroinnovacij SGAU", 2016. – S. 183 - 188.

8. Polishchuk, V.I. Obzor sposobov diagnostiki ekscentrisiteta rotora mashin perezemennogo toka [Overview of methods for diagnosing the eccentricity of the rotor of AC machines] / V.I. Polishchuk, A.N. Novozhilov, N.A. Isupova // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Elektromekhanika. – 2011. – № 6. – S. 29 - 33.

9. Rezul'taty modelirovaniya asinhronnogo dvigatelya s ekscentrisitetom rotora v rezhime holostogo hoda [Simulation results of asynchronous motor with rotor eccentricity in idle mode] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, Ya.V. Bonnet // Aktual'nye voprosy inzhenerno - tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo obespecheniya APK : Materialy IX Nacional'noj nauchno - prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Irkutsk, 23 - 24 sentyabrya 2021 goda. – Molodyozhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A.A. Ezhevskogo, 2021. – S. 119 - 125.

10. Rogachev, V.A. Eksperimental'nye issledovaniya ekscentrisiteta rotora v asinhronnom dvigatele [Experimental studies of rotor eccentricity in an asynchronous motor] / V.A. Rogachev // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Elektromekhanika. – 2007. – № S 1. – S. 52 - 54.

11. Safin N.R. Issledovanie vliyaniya neispravnostej podshipnika na KPD asin-hronnogo dvigatelya [Investigation of the effect of bearing malfunctions on the efficiency of an asynchronous motor] / N.R. Safin, V.A. Praht, V.A. Dmitrievskij // Elektrotehnika. – 2017. – № 10. – S. 87 - 91.

12. Patent № 2589743 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK G01R 31/34, H02K 17/16. Sposob opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo elektrodvigatelya [Method for determining the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor] : № 2014125793/07 : zayavl. 25.06.2014 : opubl. 10.07.2016 / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A. Yu. Loginov, V.V. Potapov ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Irkutskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya".

13/ Prudnikov, A.Yu. Virtual model of an induction motor with rotor eccentricity [Электронный ресурс] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091227355&origin = resultlist>. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032017.

Сведения об авторах

Прудников Артем Юрьевич – старший преподаватель энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, тел. 89247101077, e-mail: groll666@yandex.ru).

Боннет Вячеслав Владимирович – кандидат технических наук, доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, тел. 89500621904, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Логинов Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный 1/1, тел. 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Боннет Яков Вячеславович – студент факультета радиоэлектроники и лазерной техники. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (664047 г. Иркутск, Карла Либкнехта 152 кв.8 тел. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@yandex.ru).

Information about the authors

Prudnikov Artem Yu. – senior lecturer, energy faculty, department of electrical and physics Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (Molodejnyi village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89247101077, e-mail: mr.groll666@yandex.ru).

Bonnet Vyacheslav V. – 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, 89500621904 telephone, e-mail: bonnet74@mail.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).

Bonnet Yakov V. – student of the faculty of radioelectronics and laser technology. Moscow state technical university. N.Uh. Bauman (664047 Irkutsk, Karla Libknekhta 152 square 8 tel. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@yandex.ru).

УДК 338.516.4:62131(571.53)

ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

О.А. Щербаков

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье приводятся данные за период 2018 - 2021 годы по тарифам на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей по Субъектам РФ в рублях за 1 кВт·ч. Принципы формирования ставок за электроэнергию для организаций отличаются от тарифов для населения и имеют свои особенности. Для юридических лиц применяют два тарифных плана. Первый тарифный план – одноставочный, он включает ставку передачи одного киловатта энергии и учиты-

вает содержание электросети. Второй тарифный план – двухставочный, состоит из ставки содержания электросети и финансовых затрат, связанных с передачей света. Кроме деления на одноставочный и двухставочный тариф для юридических лиц, также есть деление по предельно присоединённой электроёмкости. Тарифы в электроэнергетике регулируются на федеральном и региональном уровнях. Конечные цены формируют регионы, они зависят от: развитости собственной энергетики и сетевой инфраструктуры, близости к источникам сырья для производства электроэнергии. Производство сельскохозяйственной продукции растёт, вместе с тем растёт и потребление электроэнергии. По уровню электропотребления и сложности электрооборудования сельскохозяйственные фабрики соответствуют крупным промышленным предприятиям.

Ключевые слова: Электроэнергия, тарифные ставки, сельскохозяйственное производство, категории потребителей.

FORMATION OF ELECTRICITY TARIFFS FOR DIFFERENT TYPES OF CONSUMERS

O.A. Shcherbakov

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article provides data for the period 2018 - 2021 on tariffs for electric energy (capacity) supplied to the population and categories of consumers equated to them in the constituent entities of the Russian Federation in rubles per 1 kWh. The principles of formation of rates for electricity for organizations differ from tariffs for the population and have their own characteristics. For legal entities, two tariff plans are used. The first tariff plan is single-rate, it includes the transmission rate of one kilowatt of energy and takes into account the maintenance of the power grid. The second tariff plan is a two-rate one, it consists of the power grid maintenance rate and the financial costs associated with the transmission of light. In addition to the division into one-rate and two-rate tariffs for legal entities, there is also a division according to the maximum connected electrical capacity. Tariffs in the electric power industry are regulated at the federal and regional levels. The final prices are formed by the regions, they depend on: the development of their own energy and network infrastructure, proximity to sources of raw materials for the production of electricity. Agricultural production is growing, along with the growing consumption of electricity. In terms of power consumption and the complexity of electrical equipment, agricultural factories correspond to large industrial enterprises.

Key words: Electricity, tariff rates, agricultural production, categories of consumers.

Наличие и доступность энергетических ресурсов, обеспечение их эффективного использования и бесперебойных поставок в современном мире становятся главными факторами мирового прогресса, является необходимым условием устойчивого социально-экономического развития каждого государства [4]. Россия занимает 4 место в мире по производству электроэнергии и 4 место по её потреблению [1]. В России цены на электроэнергию устанавливаются по регионам и зависят от многих факторов: развитости собственной энергетики и сетевой инфраструктуры, близости к источникам сырья для производства электроэнергии.

Производство сельскохозяйственной продукции растёт, вместе с тем растёт и потребление электроэнергии. Машины, механизмы, технологии, как следствие научно-технического прогресса, потребляют электроэнергию.

Электроэнергия, механизация и автоматизация в сельском хозяйстве заменила ручной труд и облегчила многие производственные процессы, такое как доение коров. Отходит в прошлое профессия доярки – её заменил оператор машинного доения. Обработка и очистка зерна сегодня происходит с применением электроагрегатов.

С помощью электроэнергии готовят корма для животных и птиц, сушат зерно и сено, создают микроклимат в теплицах и хранилищах, орошают поля, перерабатывают продукты. Применение современных машин и технологий облегчает труд на селе, ведёт к росту производительности труда и является важнейшим этапом индустриализации сельскохозяйственного производства.

С помощью электричества осуществляются водоснабжение, уборка помещений, обогрев, кормоприготовление и раздача кормов, сев и уборка, орошение и мелиорация земель, а также создание микроклимата в помещениях, сушка и переработка зерна и других сельскохозяйственных продуктов, инкубация и выращивание молодняка, содержание взрослого поголовья. Используется электроэнергия в электротепловых установках и установках для создания микроклимата – устройствах для обогрева полов помещений, водонагревателях, калориферах и кондиционерах, холодильниках, компрессорах, системах вентиляции.

Сельское хозяйство, как важная отрасль народного хозяйства в современном мире постоянно развивается. Так и на крупнейших предприятиях Иркутска обновляется оборудование, которое позволяет экономить потребление электроэнергии. В СХ ПАО «Белореченское» в 2011 году были разработаны мероприятия по снижению потерь электрической энергии и сокращению издержек производства. Лампы накаливания мощностью 60 Вт были заменены на энергосберегающие 3 Вт в 41 птицеволье, при этом электропотребление снизилось в 20 раз с 504 кВт·ч до 25 кВт·ч и светодиодные лампы, не повлияли на яйценоскость [3], СХ ПАО «Белореченское» является государственным поставщиком и занимает 35 место в Российской Федерации по количеству государственных контрактов [6].

Принципы формирования ставки за электроэнергию для организаций отличаются от тарифов для населения и зависят от следующих факторов:

- стоимости объёма покупки электроэнергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности;
- услуг по поставке энергии;
- надбавки энергосбытовых компаний-поставщиков электроэнергии.

Заказчиков электроэнергии разделяют по допустимой мощности потребления на категории:

- 1) на тех, кто использует меньше 670 киловатт;
- 2) до 10 мегаватт;
- 3) свыше 10 мегаватт.

Для юридических лиц применяют два тарифных плана. Первый тарифный план – одноставочный, он включает ставку передачи одного киловатта энергии и учитывает содержание электросети. Второй тарифный план –

Секция 4. Энергетика, энерго- и ресурсосбережение в АПК

двухставочный, состоит из ставки содержания электросети и финансовых затрат, связанных с передачей света.

Всего существует 6 категорий ежемесячного потребления электричества для юридических лиц.

Первая группа предприятий, рассчитывают потребляемую мощность без учёта деления по суткам и транспортировки энергии до объекта, применяют одноставочный тарифный план, потребитель устанавливает однотарифный электросчётчик. Применим для небольших компаний с мощностью потребления до 670 киловатт в месяц.

Вторая группа рассчитана для организаций с потреблением электроэнергии свыше 670 киловатт в месяц. От первой категории отличается делением мощности на зоны по суткам. Применяют двухтарифные счётчики (считается отдельно день и ночь) и трёхтарифные (считается отдельно день и ночь, полупик). В расчётах используют одноставочный тариф. Он выгоден тем организациям, которые работают ночью.

Предприятия, относящиеся к 3 - 6 категории, используют свыше 10 мегаватт электроэнергии. Одноставочный тариф действует для третьей и пятой категории, а двухставочный – для остальных.

Для 3 категории считается тариф за каждые 60 минут. К этому добавляется стоимость мощности энергосбытовой компании.

Для 5 категории рассчитывается цена на тариф каждый месяц, по просчитанному плану потребления мощности на месяц вперед.

Расчёт осуществляется по соответствующему правилу: реальная сумма прибавляется к количеству непредвиденного отклонения и электромощности.

Кроме деления на одноставочный и двухставочный тариф для юридических лиц, также есть деление по предельно присоединенной электромощности. Предельно присоединенная электромощность – это понятие, обозначающее допустимую нагрузку принимающих энергию приборов, учитываемую в указанный временной период.

Тарифы в электроэнергетике регулируются на федеральном и региональном уровнях; конечные цены формируют регионы. Из приведённых данных таблицы 1 мы видим, что в Иркутской области тариф на электроэнергию, поставляемую населению, остается пока самым низким по России и составляет 1,23 рубля за 1 кВт·ч. Достаточно высокие тарифы в Камчатском крае – 6,68 рубля за 1 кВт·ч, Московской области – 5,93 рубля за 1 кВт·ч, республике Алтай – 5,57 рубля за 1 кВт·ч. За последние 6 лет тариф в Иркутской области вырос на 22 %.

Таблица 1 – Тарифы на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей по субъектам РФ в рублях за 1 кВт·ч

Субъект РФ	Период				
	1.01.2018	1.01.2019	1.01.2020	1.01.2021	1.01.2022
1	2	3	4	5	6

Секция 4. Энергетика, энерго- и ресурсосбережение в АПК

Иркутская область	1,01	1,078	1,11	1,17	1,23
Новосибирская область	2,49	2,6	2,68	2,8	2,93

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Мурманская область	2,65	2,725	2,76	2,82	2,970
Тюменская область	2,68	2,82	2,87	2,97	3,17
Оренбургская область	2,81	2,99	3,08	3,19	3,30
Курганская область	3,21	3,32	3,32	3,43	3,6
Белгородская область	3,74	3,92	4	4,16	4,33
Самарская область	3,84	4,06	4,17	4,32	4,46
Краснодарский край	4,28	4,69	4,81	5,02	5,24
Республика Алтай	4,81	5,06	5,23	5,36	5,57
Московская область	5,04	5,38	5,47	5,73	5,92
Москва	5,38	5,47	5,73	5,93	5,93
Камчатский край	6,686	6,686	6,686	6,686	6,686

Из всех видов энергии электрическая энергия используется населением и всеми типами предприятий, так как легко транспортируется и преобразовывается. В настоящее время трудно себе представить производство сельскохозяйственной продукции без использования электроэнергии. По уровню электропотребления и сложности электрооборудования сельскохозяйственные фабрики соответствуют крупным промышленным предприятиям.

Список литературы

1. Данные о мировой энергетике и климате – ежегодник 2022 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/world-electricity-production-statistics.html>.

2. Карта тарифов на электроэнергию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energo-24.ru/tariffs/electro.html>.

3. Рахмет, Х. Энергосбережение при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции / Х. Рахмет, Г.С. Кудряшев, В.В. Федтишин, А.Н. Третьяков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 5 (76). – С. 147 - 150.

4. Современные энергоресурсы. Состояние и тенденции развития на современном этапе / О.А. Щербакова, А.В. Щербаков, Д.В. Савватеев, Е.А. Хуснудинова // Актуальные вопросы энергетики в АПК : Материалы всероссийской научно - практической конференции с международным участием, Благовещенск, 27 февраля 2019 года / Ответственный редактор О.А. Пустовая, редактор Е.С. Дубкова. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2019. – С. 12 - 15.

5. Щербаков, А.В. Солнечные батареи как альтернативный источник энергии / А.В. Щербаков, О.А. Щербакова, Д.В. Савватеев, Е.А. Хуснудинова // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: Материалы международной научно - практической конференции, проведённой в рамках Международного научно - практического форума, посвящённого 75 - летию образования Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, 30 января – 01 2019 года. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 411 - 416.

6. Суворова, К.О. Сбытовая деятельность интегрировано - диверсифицированной структуры СХ ПАО «Белореченское» / К.О. Суворова, Ю. Чжан, М.Ф. Тяпкина // Науч-

Секция 4. Энергетика, энерго- и ресурсосбережение в АПК

ные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно - практической конференции молодых учёных, п. Молодёжный, 26 - 27 марта 2020 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 167 - 175.

7. Франтенко, Г.С. СХ ОАО «Белореченское»: визитная карточка / Г.С. Франтенко // Птица и птицепродукты. – 2014. – № 3. – С. 21 - 24.

8. Тарифы на электроэнергию для юридических лиц: правила расчета. Правовой портал ЖКХ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zkhfrf.ru/kommunalnye-uslugi/elektroenergiya/tarify-dlya-yur-lits>.

9. Щербакова, О.А. Область применения возобновляемых источников энергии на современном этапе / О.А. Щербакова // Проблемы и мониторинг природных экосистем : Сборник статей VI Всероссийской научно - практической конференции, Пенза, 21 - 22 октября 2019 года. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 173 - 177.

10. Щербакова, О.А. Возобновляемые источники энергии, состояние и развитие на современном этапе / О.А. Щербакова // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : Сборник научных статей по итогам девятой международной научной конференции, Казань, 31 октября 2019 года. – Казань : Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2019. – С. 69 - 71.

References

1. Data industria mundi et climatis - yearbook 2022 [Electronic resource]. - Accessus modus: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/world-electricity-production-statistics.html>.

2. Tabula electricitatis portorii [Electronic resource]. - Accessus modus: <https://energo-24.ru/tariffs/electro.html>.

3. Rakhmet, H. Energy salutaris in productione et processu rerum rusticarum / H. Rakhmet, G.S. Kudryashev, V.V. Fedtishin, A.N. Tretyakov // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. - 2013. - N. 5 (76). - S. 147 - 150.

4. Shcherbakova, O.A. Moderni energiae facultates. Status et progressus trends in hodierno spectaculo / O.A. Shcherbakova, A.V. Shcherbakov, D.V. Savvateev, E.A. Khusnudinova // Actualis quaestiones industriae in complexu agro - industriali: Acta scientifica et practica omnium-russicorum cum participatione internationali, Blagoveshchensk, Febr. 27, 2019 / Curo editore O.A. Pustovaya, editore E.S. Dubkova. – Blagoveshchensk : Absit orientis civitatis agrariae university, 2019. - P. 12 - 15.

5. Shcherbakov A.V., Shcherbakova O.A., Savvateev D.V., Khusnudinova E. A. // Progressio complexi agro - industrialis secundum principia administrationis environmentalis rationalis et applicationis technologiарum convergentium: Acta colloquii internationalis scientificae et practicae pro parte habitae. Internationalis scientificum et practical forum dedicatum 75 th anniversario Civitatis Volgogradensis universitatis agrariae, Volgogradensis, die 30 Ianuarii - 01, MMXIX. – Volgograd : civitas agraria Volgograd, 2019. - P. 411 - 416.

6. Suvorova, K.O. Sales activitatis integratae - variatae structurae conatibus agriculturae PJSC Belorechenskoye / K.O. Suvorova, Yu. Zhang, M.F. Tyapkina // Scientifica investigatio et progressus ad exsequendum in complexu agro - industriali: collatio practica iuvenum phisicorum; Molodyozhny habitatio, March 26 - 27, 2020. - Molodezhny habitatio: Irkutsk res publica universitatis agrariae. A.A. Yezhevsky, 2020. - S. 167 - 175.

7. Frantenko, G.S. SH ОАО "Belorechenskoye": negotium chartae / G.S. Frantenko // galinae et gallinae productorum. - 2014. - N. III. - S. 21 - 24.

8. Electricity tariffs for legal entia: calculation praecepta. Legal porta habitationi et officia communitatis Foederationis Russicae [Electronic resource]. - Accessus modus : <https://zkhfrf.ru/kommunalnye-uslugi/elektroenergiya/tarify-dlya-yur-lits>.

9. Shcherbakova, O.A. Scopus renovationis energiae fontes in hoc statu / O.A. Shcherbakova // *Problematum et oecosystematum naturalium vigilantia: Collectio articulorum VI omnium scientificorum et practicum Conferentiarum Russicarum*, Penza, die Octobris 21 - 22, MMXIX. – Penza : Penza civitatis agrariae university, 2019. - P. 173 - 177.

10. Shcherbakova, O.A. Industriae fontes, status et progressus in praesenti stadio / O.A. Shcherbakova // *progressiones novas provehi. Prospectus et usus usus, problemata exsecutionis in productione : Collectio articulorum scientificorum sequens eventus noni colloquii scientifici internationalis*, Kazan, die 31 Octobris, MMXIX. – Kazan : Reatus societatis limited "KOVERT", 2019. - P. 69 - 71.

Сведения об авторе

Щербаков Олег Александрович – студент первого курса факультета биотехнологии и ветеринарной медицины. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89041177114, e-mail: oleg.starej@mail.ru.).

Information about the author

Shcherbakov Oleg A. – is a first-year student of the faculty of biotechnology and veterinary medicine. Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel. 89041177114, e-mail: oleg.starej@mail.ru.).

УДК 004.415.2:378.16:63

О СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ «УМНОЙ АУДИТОРИИ» В АГРАРНОМ ВУЗЕ

М.Т. Иванова, М.Н. Барсукова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Одним из направлений развития системы высшего образования является оснащение учебных заведений наиболее современными и эффективными средствами обучения. В последнее время в высших учебных заведениях каждый год появляется все больше различной техники и приборов, которые используются в учебном процессе и научной деятельности. Одним из направлений такой работы является создание «Умных аудиторий», которые создаются силами студентов под чутким наблюдением профессорско-преподавательского состава. Суть «Умной аудитории» заключается в создании сети модулей для снятия показаний с датчиков и управления элементами автоматических устройств, а также получение данных и управление сетью модулей с помощью аппаратно-программных средств в ручном или автоматическом режиме. В данной работе рассмотрен процесс создания системы безопасности «Умной аудитории». Практическая значимость проблемы обеспечения безопасности «Умной аудитории» состоит в реализации мер по защите ИТ-инфраструктуры для обеспечения безопасности помещения, защиты имущества. В процессе работы создан проект системы обеспечения безопасности «Умной аудитории», произведена установка необходимых датчиков, программного обеспечения, спроектированы сценарии, рассчитаны экономические затраты создания системы обеспечения безопасности.

Ключевые слова: Система безопасности, «Умная аудитория», аграрный университет.

ABOUT THE SECURITY SYSTEM OF THE "SMART AUDIENCE" IN THE AGRICULTURAL UNIVERSITY

M.T. Ivanova, M.N. Barsukova

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

One of the directions for the development of the higher education system is to equip educational institutions with the most modern and effective teaching aids. Recently, in higher educational institutions every year there are more and more different equipment and devices that are used in the educational process and scientific activities. One of the areas of such work is the creation of "Smart classrooms", which are created by students under the strict supervision of the teaching staff. The essence of the "Smart audience" is to create a network of modules for taking readings from sensors and controlling elements of automatic devices, as well as receiving data and managing the network of modules using hardware and software in manual or automatic mode. In this paper, the process of creating a security system for a "Smart audience" is considered. The practical significance of the problem of ensuring the security of a "Smart audience" is the implementation of measures to protect the IT infrastructure to ensure the security of the premises and protect property. In the course of work, a project of a "Smart auditorium" security system was created, the necessary sensors and software were installed, scenarios were designed, and the economic costs of creating a security system were calculated.

Key words: Security system, "Smart auditorium", agricultural university.

Введение. Проекты «Умная аудитория», осуществляемые на базе высших учебных заведений, представляют собой реализацию технологии умных вещей в аудиториях, в которых проводятся занятия лекционного и семинарского типа. Суть умной аудитории заключается не только в создании «Умных аудиторий», систем, позволяющих усовершенствовать образовательный процесс, но и обеспечить автоматизацию, безопасность, комфорт и ресурсосбережение [1, 3, 6].

Исходя из актуальности темы, целью работы является создание системы безопасности «Умной аудитории» на примере ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Для достижения цели выделены следующие задачи:

- 1) изучение теоретических основ обеспечения безопасности «Умной аудитории»;
- 2) разработка проекта системы обеспечения безопасности «Умной аудитории» на примере ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
- 3) формулировка сценариев работы системы безопасности умной аудитории, их настройка;
- 4) расчёт затрат на разработку системы обеспечения безопасности «Умной аудитории».

Материалы и методы исследования. В статье использованы методы проектирования информационных систем и умных помещений, а также материалы по разработке программно-аппаратных решений для различных профессиональных и научных задач.

Основные результаты.

«Умная аудитория» является продолжением системы «Умный дом», на основе которой разработано и успешно функционирует достаточно большое число реальных систем обеспечения жилья. Реализованных проектов «Умная аудитория» большое количество как зарубежных, так российских [1, 3 - 7].

В настоящий момент времени в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ студентами и сотрудниками кафедры информатики и математического моделирования реализуется проект «Умная аудитория» [1, 4, 5, 7]. Базой для реализации проекта выбрана лаборатория информационных систем и технологий, являющейся учебной аудиторией для проведения занятий лекционного и семинарского типа. Аудитория оснащена необходимой специализированной мебелью, 3D-принтером *Raise 3D Pro2*, интерактивной мультисенсорной панелью *Teach Touch 3.5 86"*, робототехническим комплектом ТехноЛаб уровень Про и др. [1, 5].

Реализуемый проект «Умная аудитория» предполагает разработку и установку системы, обеспечивающей проведение *online*-занятий и конференций, «Умного» выключателя потолочного освещения, системы видеонаблюдения, датчиков открытия на дверь и окна, датчиков вибрации на дорогостоящую технику и оборудование, автоматизация включения и выключения оборудования.

Создание эффективной системы безопасности аудитории будет немаловажной составляющей при реализации проекта «Умная аудитория».

На рисунке 1 представлена функциональная модель, кроме этого построена декомпозиция процесса разработки системы обеспечения безопасности «умной аудитории».

Входящей информацией являются данные о поступающей угрозе, на выходе будет предотвращенная угроза. К управлению относятся технологии беспроводной связи, правила установки средств безопасности «Aqara», должностные инструкции; к механизмам – программные средства защиты, программное обеспечение, системный администратор, датчики средств безопасности [5].

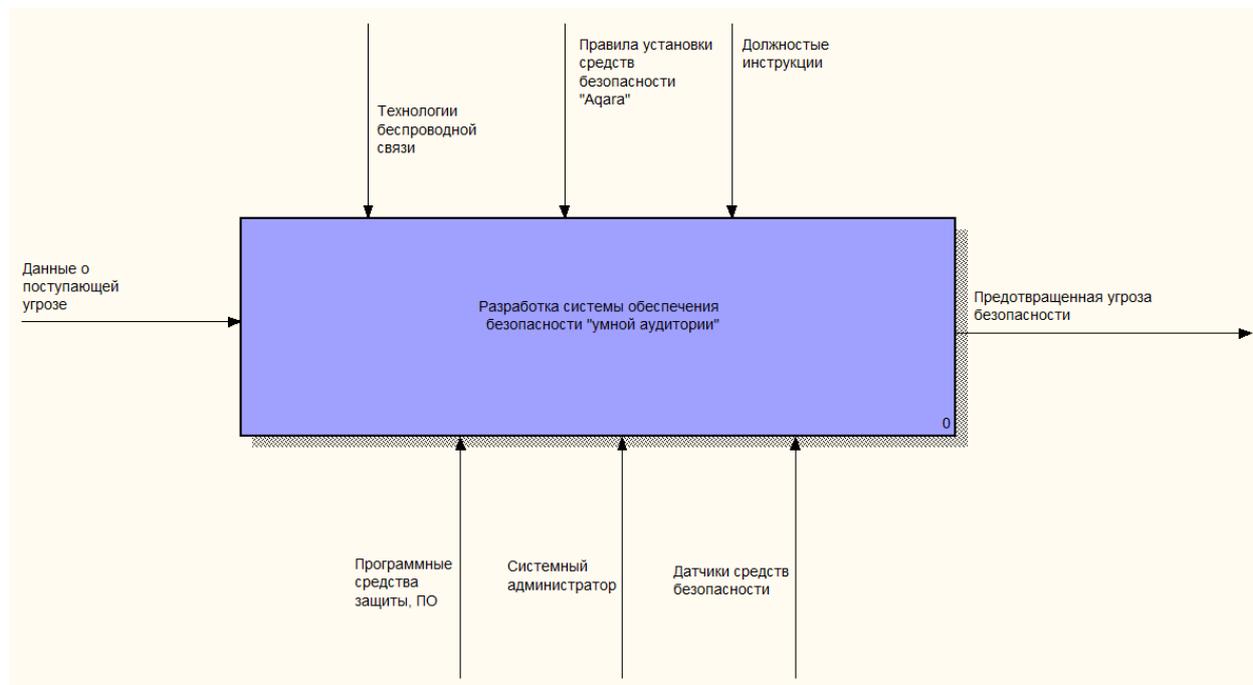


Рисунок 1 – Диаграмма верхнего уровня модели

С целью успешного функционирования «Умной аудитории» необходимо тесное взаимодействие следующих компонентов:

- датчики;
- программное обеспечение;
- технологии беспроводной связи.

Датчики в структуре умной аудитории занимают особое место, среди них можно выделить: датчики протечки, датчики вибрации, датчики открытия, датчики движения, «Умные» лампочки, датчики температуры и влажности [1].

Беспроводный вариант системы безопасности «Умной аудитории» упрощает процесс управления, в рассматриваемой разработке в качестве беспроводной технологии выбран *Wi-Fi*, в качестве программного обеспечения, которое сопровождает датчики «Умного дома» предложено использовать многофункциональное приложение *Aqara*. Приложение *Aqara* имеет больше возможностей, датчики и устройства зачастую выходят и обновляются быстрее – у них больше возможностей.

Для большей демонстрации, как будет представлять собой внедрение данных средств, была создана 3D-модель «Умной аудитории» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид средств безопасности «Умной аудитории»

Для правильного взаимодействия всех компонентов «Умной аудитории» необходимы алгоритмы работы инженерных систем, приборов и устройств – сценарии. Проект «Умная аудитория» может предусматривать различные сценарии, такие как:

- защита от незаконного проникновения. Если после окончания учебного времени кто-то проникнет в аудиторию в промежутке времени от 18:00 до 6:00;
- датчик открытия дверей, при незаконном проникновении в аудиторию, отправит сигнал на устройство. А центр умного дома *Aqara Hub* спугнёт нежелательного гостя громкой сиреной и яркой световой сигнализацией (рисунок 3);
- и другие.

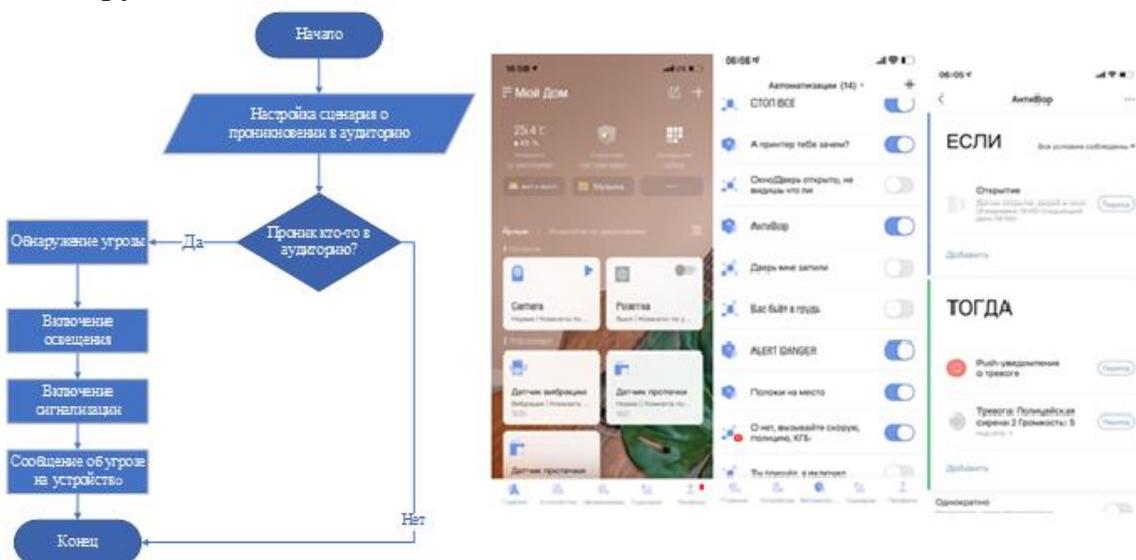


Рисунок 3 – Сценарий о несанкционированном проникновении и его реализация с помощью многофункционального программного средства *Aqara*

В настоящий момент затраты на разработку «Умной аудитории» на базе лаборатории информационных систем и технологий ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ составили 26090 рублей, в том числе затраты на разработку системы обеспечения безопасности – 18663 рублей. В дальнейшем планируется приобретение таких средств безопасности, как умный дверной замок А100 и контролёр штор.

Выводы. В работе рассмотрен процесс разработки системы безопасности «Умной аудитории» реализуемой на базе лаборатории информационных систем и технологий ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Разработан проект системы безопасности, которая включает в себя установку системы видеонаблюдения, датчики открытия на дверь и окна, датчики вибрации на дорогостоящую технику и оборудование, устройства защитного отключения электроэнергии в помещении с удаленным управлением; датчики протечки воды для мониторинга исправности системы центрального отопления; системы SMS-оповещения о критических ситуациях. Созданы сценарии работы системы безопасности с учётом различных ситуаций, возникающих в процессе функционирования «Умной аудитории», рассчитаны затраты на создание системы безопасности рассчитаны экономические затраты создания системы обеспечения безопасности.

Список литературы

1. Асалханов, П.Г. Концепция «Умная аудитория» для проведения учебных занятий в аграрном вузе / П.Г. Асалханов, С.А. Петрова // Актуальные вопросы аграрной науки. 2021. № 40. С. 37 - 44.
2. Барсукова, М.Н. Деятельность кафедры информатики и математического моделирования: история и будущее / М.Н. Барсукова, Я.М. Иванько, Н.И. Федурин // В сборнике: Социально - экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом. Материалы всероссийской (национальной) научно - практической конференции с международным участием, посвященной 55 - летию со дня образования экономического факультета (ныне Института экономики, управления и прикладной информатики). п. Молодёжный, 2020. С. 54 - 62.
3. Григорьев, С.Г. «Умная аудитория» - шаг на пути к интеграции средств информатизации образования / С.Г. Григорьев, В.В. Гриншкун, И.М. Реморенко // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2014. № 1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/umnaya-auditoriya-shag-na-puti-k-integratsii-sredstv-informatizatsii-obrazovaniya> (дата обращения: 26.08.2021).
4. Жеребцов, А.О. Об освещении «умной учебной аудитории» / А.О. Жеребцов // В книге: Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. Сборник научных тезисов студентов. п. Молодёжный, 2021. С. 203 - 205.
5. Иванова, М.Т. Проектирование системы обеспечения безопасности «умной аудитории» / М.Т. Иванова, М.Н. Барсукова // В сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской студенческой научно - практической конференции. п. Молодёжный, 2022. С. 130 - 135.
6. Костарев, В.С. Разработка концепции «Умной аудитории» образовательного учреждения / В.С. Костарев, Д.О. Наугольных, Е.И. Гниломёдов // В сборнике: Актуальные проблемы развития технических наук. Сборник статей участников XXII Областного конкурса научно - исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Технические науки». Департамент молодёжной политики Свердловской области; ГАУ СО «Дом

молодёжи»; ФГАУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2020. С. 119 - 123.

7. Миронов, А.М. Проектирование системы автоматизированного учёта посещаемости студентов для «Умной аудитории» в аграрном вузе / А.М. Миронов // В книге: Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона. Сборник научных тезисов студентов. п. Молодёжный, 2021. С. 208 - 209.

References

1. Asalhanov, P.G. Konceptsiya «Umnaya auditoriya» dlya provedeniya uchebnyh zanyatij v agrarnom vuze [The concept of "Smart audience" for conducting training sessions at an agricultural university] / P.G. Asalhanov, S.A. Petrova // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2021. № 40. pp. 37 - 44.

2. Barsukova, M.N. Deyatel'nost' kafedry informatiki i matematicheskogo modelirovaniya: istoriya i budushchee [Activities of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling: history and future] / M.N. Barsukova, Ya.M. Ivan'o, N.I. Fedurina // V sbornike: Social'no - ekonomicheskie problemy razvitiya ekonomiki apk v rossii i za rubezhom. Materialy vserossijskoj (nacional'noj) nauchno - prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 55 - letiyu so dnya obrazovaniya ekonomicheskogo fakul'teta (nyne Instituta ekonomiki, upravleniya i prikladnoj informatiki). p. Molodezhnyj, 2020.pp. 54 - 62.

3. Grigor'ev, S.G. «Umnaya auditoriya» - shag na puti k integracii sredstv informatizacii obrazovaniya ["Smart Audience" is a step towards the integration of educational informatization tools] / S.G. Grigor'ev, V.V. Grinshkun, I.M. Remorenko // Vestnik RUDN. Seriya: Informatizaciya obrazovaniya. 2014. № 1.

4. ZHerebcov, A.O. Ob osveshchenii "Umnoj uchebnoj auditorii" [About the coverage of the "Smart classroom"] / A.O. ZHerebcov // V knige: Znachenie nauchnyh studencheskih kruzhkov v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona. Sbornik nauchnyh tezisev studentov. p. Molodezhnyj, 2021. pp. 203 - 205.

5. Ivanova, M.T. Proektirovanie sistemy obespecheniya bezopasnosti «umnoj auditorii» [Designing a smart audience security system] / M.T. Ivanova, M.N. Barsukova // V sbornike: Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK. Materialy vserossijskoj studencheskoj nauchno - prakticheskoy konferencii. p. Molodezhnyj, 2022. pp. 130 - 135.

6. Kostarev, V.S. Razrabotka koncepcii "Umnoj auditorii" obrazovatel'nogo uchrezhdeniya / V.S. Kostarev, D.O. Naugol'nyh, E.I. Gnilomyodov [Development of the concept of a "Smart audience" of an educational institution] // V sbornike: Aktual'nye problemy razvitiya tekhnicheskikh nauk. Sbornik statej uchastnikov XXII Oblastnogo konkursa nauchno - issledovatel'skih rabot «Nauchnyj Olimp» po napravleniyu «Tekhnicheskie nauki». Departament molodezhnoj politiki Sverdlovskoj oblasti; GAU SO «Dom molodezhi»; FGAU VO Ural'skij federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'cina. Ekaterinburg, 2020. pp. 119 - 123.

7. Mironov, A.M. Proektirovanie sistemy avtomatizirovannogo uchyota poseshchaemosti studentov dlya «Umnoj auditorii» v agrarnom vuze [Designing an automated student attendance accounting system for a "Smart audience" in an agricultural university] / A.M. Mironov // V knige : Znachenie nauchnyh studencheskih kruzhkov v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona. Sbornik nauchnyh tezisev studentov. p. Molodezhnyj, 2021. pp. 208 - 209.

Сведения об авторах

Иванова Мария Тимофеевна – магистрантка 1 курса направления 09.04.03 Прикладная информатика Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодёжный, Иркутский ГАУ тел +7 (999) 686-09-85, e-mail: mashatimofeevna@mail.ru).

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).

Information about the authors

Ivanova Maria T. – 1 st year master's student of the direction 09.03.03 Applied informatics Irkutsk state agricultural university named after Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, p. Molodezhny, Irkutsk GAU тел +7 (999) 686-09-85, e-mail: mashatimofeevna@mail.ru).

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).

УДК 004.415:[519.863:631.1+330.131.7]

**ИНФОРМАЦИОННОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
«ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ
В УСЛОВИЯХ РИСКОВ»**

Я.М. Иваньо, П.Н. Калашников

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В работе описано информационное и алгоритмическое обеспечение мобильного приложения, позволившего осуществлять оптимизацию аграрного производства в условиях рисков. Рассмотрена функциональная модель информационной системы. Математическое обеспечение приложения представляет собой вероятностные математические модели позволяющие описывать многолетние ряды наибольших суточных осадков, твёрдых осадков в период уборки урожая, а также урожайность сельскохозяйственных культур. Временной ряд суточных осадков характеризует степень влияния ливней на деятельность сельскохозяйственного товаропроизводителя. Последовательность твёрдых осадков в период уборки урожая описывает воздействие раннего снегопада на урожай. По изменчивости многолетних рядов биопродуктивности сельскохозяйственных культур судят о засушливых явлениях. В математическое обеспечение входит модель линейного программирования с вероятностными оценками для оптимизации доходов с учётом влияния метеорологических событий, которая позволяет выбирать наилучшие решения в неблагоприятных условиях. Предложены алгоритмы моделирования изменчивости метеорологических событий и оптимизации производства аграрной продукции с учётом рисков. На основе полученных моделей и алгоритмов разработано мобильное приложение, позволяющее моделировать производство аграрной продукции в условиях климатических рисков, обусловленных ливнями, засухами и ранними снегопадами. Предлагаемая разработка повысит экономическую эффективность деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя в условиях рисков, избавит от привязанности к стационарному рабочему месту.

Ключевые слова: Мобильное приложение, информационное и программное обеспечение, оптимизация, аграрное производство, риски.

**INFORMATION AND ALGORITHMIC SUPPORT
OF THE MOBILE APPLICATION
"OPTIMIZATION OF PRODUCTION
OF AGRICULTURAL PRODUCTS UNDER RISKS"**

Ya.M. Ivanyo, P.N. Kalashnikov

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The paper describes the information and algorithmic support of the mobile application, which made it possible to optimize agricultural production under the conditions of risks. The functional model of the information system is considered. Mathematical support of the application is a probabilistic mathematical model that allows describing the long-term series of the largest daily precipitation, solid precipitation during the harvest period, as well as crop yields. The time series of daily precipitation characterizes the degree of influence of showers on the activity of an agricultural producer. The succession of solid precipitation during the harvest period describes the impact of early snowfall on crops. According to the variability of long-term series of bioproductivity of agricultural crops, dry phenomena are judged. The software also includes a linear programming model with probabilistic estimates to optimize income, taking into account the influence of meteorological events. It allows you to choose the best solutions in adverse conditions. Algorithms for modeling the variability of meteorological events and optimizing the production of agricultural products under risk conditions are proposed. Based on the obtained models and algorithms, a mobile application has been developed that allows simulating the production of agricultural products under the conditions of climatic risks caused by rainstorms, droughts and early snowfalls. The proposed development will increase the economic efficiency of the agricultural producer in the face of risks; relieve attachment to a stationary workplace.

Key words: Mobile application, information and software, optimization, agricultural production, risks.

Введение. Благодаря поддержке цифровых технологий осуществляется успешная деятельность множества компаний, которые занимаются производством той или иной продукции в разных регионах страны [4, 17] и за её пределами. Совершенствуется производственный процесс, а полная или частичная его автоматизация позволяет упростить деятельность производителя. Цифровые технологии существенно расширяют возможность использовать информационные ресурсы в различных секторах аграрного производства.

Цифровая трансформация управления в растениеводстве даёт возможность увеличить эффективность производства продукции. Управление современного аграрного производства предполагает непрерывное получение информации от различных внешних источников из любой точки местности в текущий момент времени. Немаловажно правильно использовать полученную информацию для эффективного планирования ведения деятельности с целью уменьшения рисков и увеличения прибыли [6]. При этом в условиях сельскохозяйственного производства необходимо учитывать степень влияния на окружающую среду [7] для предотвращения негативных последствий в будущем.

В обстоятельствах рыночной системы ведения хозяйства поменялись приоритеты и отечественного аграрного сектора в сторону увеличения его эффективности на основе применения новых цифровых технологий.

Целью работы является описание разработанного мобильного приложения для оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- разработать математическое алгоритмическое и информационное обеспечение мобильного приложения;
- реализовать мобильное приложение для моделирования производства аграрной продукции.

Материалы и методы. В работе использованы результаты полученного математического и алгоритмического обеспечения информационных систем оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков, связанных с ливнями, засухами и ранним снегопадом [8, 9, 10, 15, 16, 19]. Кроме того, для формирования базы данных собраны данные о суточных температурах воздуха и осадках за многолетний период 1971 - 2020 гг. по метеорологическим пунктам наблюдений юга Иркутской области.

Применены методы проектирования информационных систем, а также использовано программное обеспечение для разработки мобильных приложений [2, 3, 5, 11, 12, 14, 18, 20].

Основные результаты. На начальном этапе проектирования мобильного приложения разработана функциональная модель, построенная с использованием программного инструментария *AllFusion BPwin Process Modeler* [13]. На рисунке 1 показана декомпозиция функциональной модели мобильного приложения «Оптимизация производства аграрной продукции в условиях рисков», основной функцией которой является «Создание мобильного приложения».

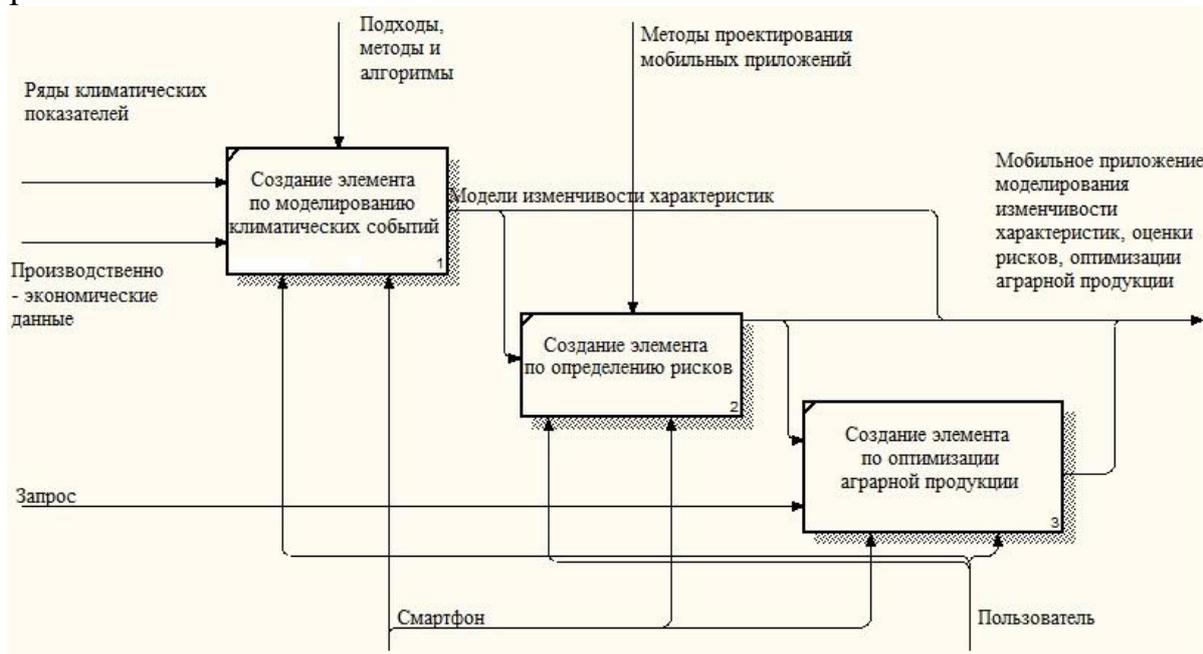


Рисунок 1 – Декомпозиция мобильного приложения моделирования производства аграрной продукции в условиях рисков

Управление информацией в информационной системе (ИС) осуществляется с помощью технологий «Методы проектирования мобильных приложений», «Подходы, методы и алгоритмы». Механизмы, поддерживающие выполнение операций, представлены в виде «Смартфона» и «Пользователя». В качестве исходной информации используются «Ряды климатических показателей», «Запрос» и «Производственно-экономические данные». Выходная информация представляет собой «Мобильное приложение моделирования изменчивости характеристик, оценки рисков, оптимизации аграрной продукции».

В результате декомпозиции сформированы три процесса создания опций по моделированию изменчивости климатических событий, определению рисков, оптимизации аграрной продукции. На выходе всех процессов получаем «Мобильное приложение моделирования изменчивости событий, оценки рисков, оптимизации аграрной продукции».

В приложении обрабатываются многолетние ряды климатических событий (ливни, ранний снегопад, засухи). Этот процесс основывается на различных алгоритмах и статистических методах [1, 8, 10]. В результате можно получать обработанные данные, с помощью которых оцениваются риски и оптимальные планы с учётом неблагоприятных ситуаций.

Помимо этого, в процессе обработки учитываются данные по урожайности, полученные по муниципальным районам и сельскохозяйственным организациям. Результаты передаются конечным пользователям, сотрудникам сельскохозяйственных и других организаций.

Для мобильного приложения оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков была составлена модель данных на логическом уровне (рисунок 2). Модель данных состоит из 8 сущностей: «Хозяйство», «Район», «Регион», «Ущерб», «Явление», «Тип явления», «Значение», «Характеристика».

Сущности «Хозяйство», «Район», «Регион» необходимы для описания географического и административного расположения объекта исследования, поскольку территории региона и даже муниципальные районы могут отличаться природно-климатическими условиями.

Рассматриваемые типы явлений ливень и ранний снегопад относятся к метеорологическим, а засуха – к агрометеорологическим явлениям. Ливень характеризуется наибольшими суточными осадками в тёплый период года.

Для описания раннего снегопада использованы твёрдые осадки, выпадающие в конце августа и первых двух декадах сентября. Для оценки засухи использованы низкие урожайности сельскохозяйственных культур.

В качестве данных климатических и производственно-экономических характеристик систематизированы многолетние ряды наблюдений. Для оценки изменчивости засух использованы последовательности урожайности сельскохозяйственных культур, а для ливней и раннего снегопада – слои жидких и твёрдых осадков в период вегетации и уборки урожая.

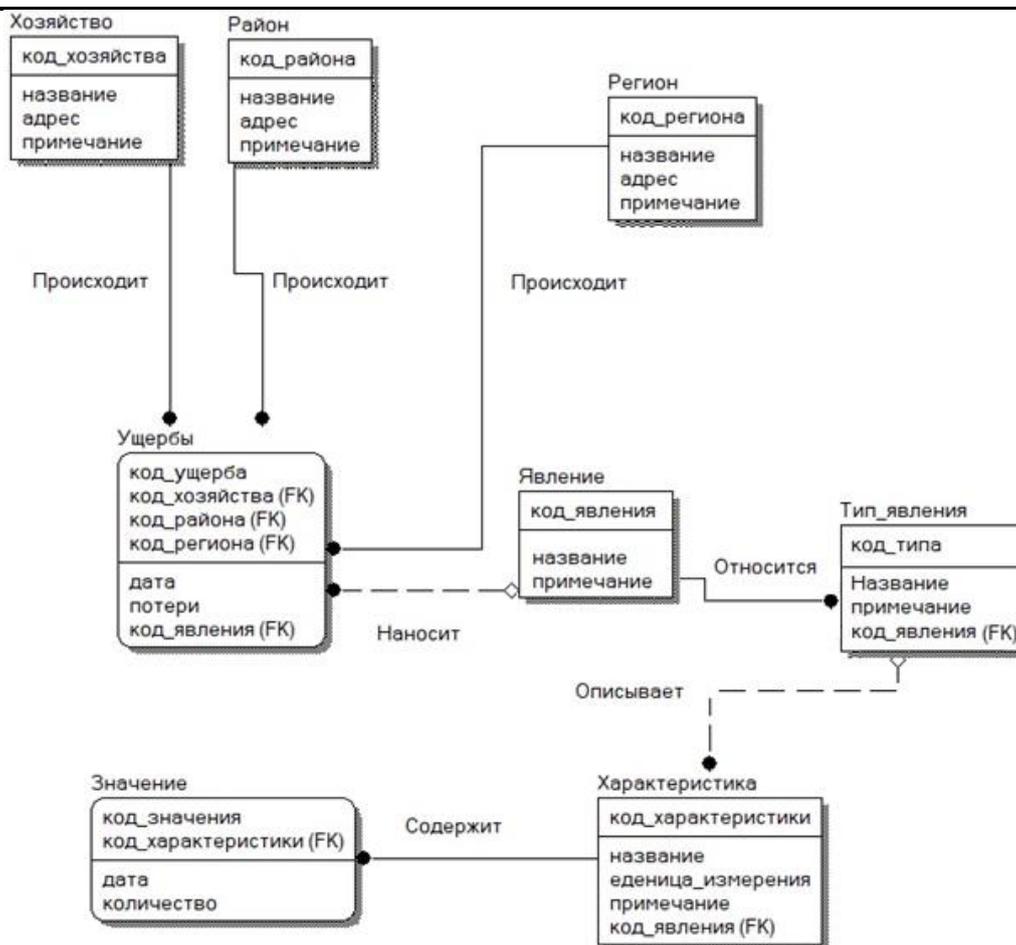


Рисунок 2 – Модель данных мобильного приложения оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков

Сущность «Ущерб» содержит официальные данные о потерях, на конкретной территории в определённый момент времени.

Таким образом, информационной основой приложения служит специализированная база данных, к особенностям которой можно отнести использование гидрометеорологических сведений о сложных событиях, которыми являются ливни и ранний снегопад.

При этом анализ данных об экстремальных событиях необходим для рассмотрения изменчивости производственно-экономических показателей.

Для получения результатов по моделированию изменчивости гидрометеорологических событий, оценке рисков и оптимизации производства аграрной продукции необходим удобный пользовательский интерфейс на платформе *Android*, связывающий все технические узлы приложения. При разработке мобильного приложения в программном комплексе *Android Studio* автоматически генерируется множество файлов и папок. Структура проекта изображена на рисунке 3.

Каждый блок разработки отвечает за разные элементы. К примеру, папка «*Java*» содержит несколько классов, которые отвечают за весь функционал мобильного приложения и хранят программный код. Классы могут быть расположены в различных пакетах, но только внутри папки «*Java*».

Папка «*Manifests*» содержит файлы настройки, которые служат для корректного отображения разрабатываемого приложения на используемом смартфоне или планшете.

В папке «*Res*» хранятся все используемые в разработке приложения ресурсы, включая изображения, все созданные *XML* файлы, иконки, шрифты, звуковые файлы и многие другие. Все эти ресурсы отфильтрованы по категориям и находятся каждый в своей папке. В разрабатываемом приложении использованы *jpeg* картинки, сформированная ранее база данных и *xls* таблицы.

Папка «*Layout*» располагает *XML* файлами, которые созданы разработчиком для проектирования дизайна каждой страницы приложения. Для каждой страницы создаётся отдельный *xml* файл, сохраняющий конфигурации конкретной страницы.

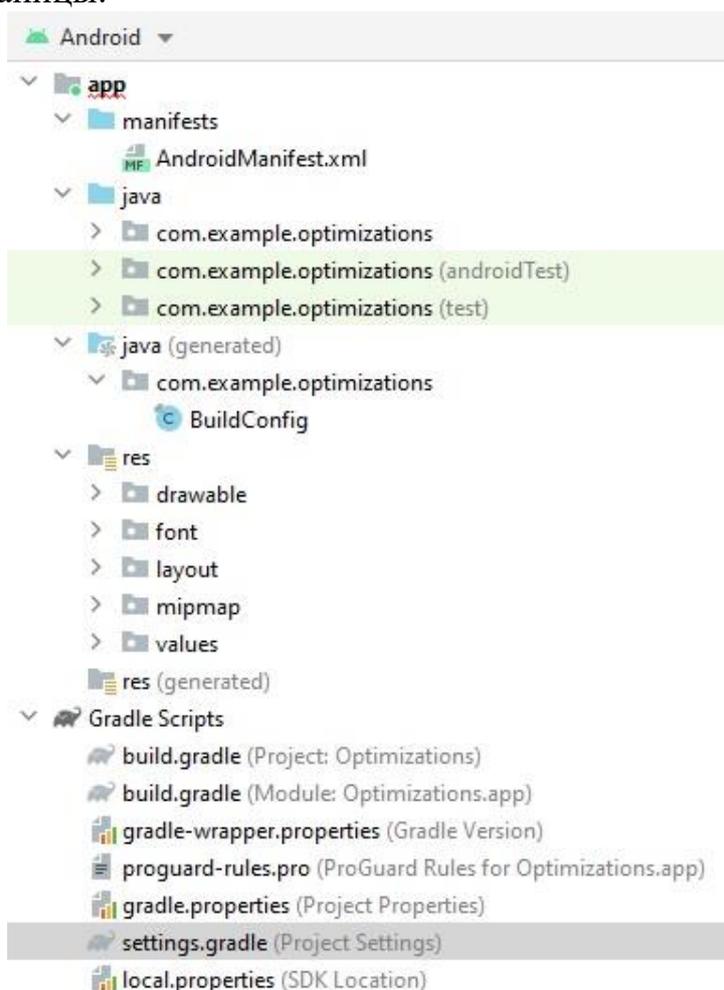


Рисунок 3 – Структура мобильного приложения оптимизации производства аграрной продукции в *Android Studio*

В папке «*Mipmap*» хранятся загруженные значки и иконки приложения. Файлы, находящиеся в папке «*Values*», отвечают за настройки текстовых надписей на страницах приложения, цветовой гаммы и стилями оформления страниц.

Сценарий *Gradle* используется для автоматизации сборки проекта. *Android Studio* выполняет сборку приложения в фоновом режиме без какого-

либо вмешательства со стороны разработчика. Этот процесс сборки осуществляется с использованием системы *Gradle* – инструментария для автоматической сборки с помощью набора конфигурационных файлов. *Gradle* скрипты написаны на языке *Groove* [2, 5, 11].

Графический пользовательский интерфейс для *Android* приложения построен с использованием иерархии *View* и *View Group* объектов. *View* объекты, как правило – это *UI* виджеты, такие как кнопки или текстовые поля и *View Group*, а также невидимые контейнеры, которые определяют, как будут использованы *child*-элементы, например, в сетке или вертикальном списке. С помощью *XML* файлов определяется разметка окон, а также меню опций и прочие элементы графического интерфейса пользователя [20].

На рисунке 4 показана главная страница мобильного приложения оптимизации производства аграрной продукции. Разработка позволяет решать задачи моделирования изменчивости гидрометеорологических событий и получать оптимальные планы в условиях рисков.



Рисунок 4 - Главная страница пользовательского интерфейса мобильного приложения для оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков

Основными функциональными объектами главной страницы приложения являются кнопки. После нажатия на кнопку запускается обработчик действий, выполняющий заложенные в коде операции. Затем открывается страница с результатом расчётов. На рисунке 5 показаны результаты работы системы.

Платформа *Android* самая популярная площадка разработчиков мобильных приложений. Программный комплекс *Android Studio* имеет большой инструментарий для работы с разного рода методами и функциями.

Применение мобильного приложения позволяет оценивать изменчивость климатических событий: ливни, засухи, ранний снегопад.

Оптимальные решения В условиях сильного ливня

№ п/п	Суть ограничения	Ед. изм.	Пшеница						Знак	Ограничения	
			x1	x2	x3	x4	x5	x6			
1	Посевная площадь	га	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	≤	3575,00	
2	Зарплата труда	ч. ден.	0,39	0,39	0,39	0,27	0,40	0,40	≤	1550,00	
3	Сыпота труда	руб.	140,000	136,000	138,000	280,000	200,000	160,000	≤	587468,00	
4	Производство пшеницы, т	т	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≥	2247,00	
5	Производство картофеля минимальное	т	0,00	0,00	0,00	15,50	0,00	0,00	≥	8680,00	
6	Производство овса	т	0,00	0,00	1,87	0,00	0,00	0,00	≥	300,00	
7	Производство рапса	т	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	≥	136,00	
8	Производство ячменя	т	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	≥	565,76	
9	Митравы	т	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	≥	150,00	
10	Посевная площадь пшеницы, га	га	1,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	2100,00	
11	Посевная площадь картофеля минимальные	га	0,00	0,00	0,000	1,00	0,00	0,00	≤	350,00	
12	Площадь многолетних трав минимальная	га	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	≤	139,00	
13	Площадь ячменя	га	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	486,00	
14	Площадь овса	га	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	≤	200,00	
15	Реализация	т	1,07	1,16	1,87	15,50	1,20	1,40	≤	12117,58	
16	Площадь рапса	га	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	≤	90,00	
Стоимость			руб.	10162,86	10716,08	15362,33	172950,00	12000,00	21000,00	→	max
			x1	x2	x3	x4	x5	x6	ЦФ		
				2100	486	200	500	139	90	329 529 486,88	факт

НАЗАД

Рисунок 5 – Результат работы мобильного приложения для оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков

Выводы. Отличительной особенностью и достоинством разработки является возможность её применения при решении задач математического программирования для планирования аграрного производства в условиях формирования засухи, ливня и раннего снегопада, которые часто влияют на результаты деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя.

Кроме того, полученная разработка в зависимости от особенностей экстремальных событий позволяет моделировать различные ситуации сельскохозяйственного производства в неблагоприятной среде на основе предложенных моделей, алгоритмов, информации и программного обеспечения.

Список литературы

1. Астафьева, М.Н. Пространственно - временные закономерности изменчивости климатических параметров и продуктивности сельскохозяйственных культур на юге Восточной Сибири / М.Н. Астафьева, Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // Экологический вестник. - 2013. - № 3 (25). - С. 13 - 18.
2. Аллан, А. Программирование для мобильных устройств на iOS: Профессиональная разработка приложений для iPhone, iPad, and iPod Touch / А. Аллан. - СПб. : Питер. - 2013. - 416 с.
3. Бужинская, Н.В. Проектирование мобильных приложений для смартфонов на базе операционной системы Android / Н.В. Бужинская, Д. С. Стародумова // Современная техника и технологии. - 2017. - № 4. – С. 16 - 18.
4. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех». - 2019. – 48 с.
5. Голощапов, А.Л. Google Android : Программирование для мобильных устройств / А.Л. Голощапов. - СПб. : БХВ - Петербург, 2011. - 448 с.
6. Дубровин, И.А. Организация и планирование производства на предприятиях / И.А. Дубровин. – М. : Колос. С. –2008. – 359 с.
7. Иваньо, Я.М. Экономико - математические модели аграрного производства региона с интервальными природными и производственно - экологическими параметрами / Я.М. Иваньо, Е.А. Хогоева // Известия Иркутской государственной экономической академии. - 2013. - № 6. - С. 138 - 143.

8. Иваньо, Я.М. Управление рисками аграрного производства в условиях влияния ливней и засух / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, М.Н. Полковская, Ю.А. Попкова // Всероссийская научно - практическая конференция с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса», посвящённая памяти А.А. Ежевского (15 - 16 ноября 2018 г.). – Иркутск : Изд - во Иркутский ГАУ, 2018. - С. 125 - 134.

9. Калашников, П.Н. Математическое обеспечение информационной системы моделирования получения продовольственной продукции при воздействии метеорологических событий / Я.М. Иваньо, П.Н. Калашников / Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК // Материалы всероссийской научно - практической конференции (п. Молодёжный, Иркутский ГАУ, 6 - 7 марта 2020 г.). – Иркутск : Изд - во Иркутский ГАУ, 2020. – Т. II. - С. 105 - 113.

10. Калашников, П.Н. Оценка рисков, связанных с ливнями, ранними снегопадами и засухами, и планирование аграрного производства / П.Н. Калашников // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона : сборник научных тезисов студентов. – Молодёжный : Изд - во Иркутский ГАУ, 2020. – С. 150 - 151.

11. Костюк, Л.В. Теоретические основы проектирования дизайна интерфейсов мобильных приложений / Л.В. Костюк, М.Н. Марченко // Дизайн - образование: проблемы и перспективы. – Краснодар : Кубанский государственный университет, 2016. – С. 189 - 193.

12. Макарецев, А.В. Сравнение сред разработки android приложений eclipse и android studio / А.В. Макарецев, В.Ю. Пирогов // В сборнике: Актуальные проблемы теории и методики обучения информатике, математике и экономике. Материалы молодежной всероссийской научно - практической конференции. Шадринский государственный педагогический университет; ответственный редактор: И.Н. Слинкина. - 2016. - С. 57 - 58.

13. Маклаков, С.В. Vрwin и Erwin. CASE - средства разработки информационных систем / С.В. Маклаков. – М. : "ДИАЛОГ - МИФИ", 1999. – 256 с.

14. Марсикано, К. Android. Программирование для профессионалов / К. Марсикано, К. Стюарт, Филлипс Б. - Питер – 2017. – 704 с.

15. Петрова, С.А. Моделирование производства сельскохозяйственной продукции в условиях проявления редких природных событий // Сборник научных трудов по материалам III этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений Минсельхоза России. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2012. – С. 138 - 143.

16. Петрова, С.А. Природные и техногенные события на территории Иркутской области / С.А. Петрова // Научные достижения производству: Материалы научно - практической конференции молодых учёных с международным участием. – Иркутск : Изд - во ИрГСХА, 2011. – С. 280 - 285.

17. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области : В 2 ч. Монография / Под редакцией Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск : ООО «Мегапринт», 2019. – Ч. 2. - 321 с.

18. Ургенчев, А.Р. Анализ современных средств для разработки мобильных приложений под ОС Android / А.Р. Ургенчев, А.Т. Байбактина // Научный журнал. 2017. - № 3. – С. 10 - 12.

19. Ivanyo, Y. Mathematical models of agricultural production management in high risk environments / Y. Ivanyo, N. Fedurina, Z. Varanitsa - Gorodovskaya // E3S Web of conferences. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Development of the agro-Industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and Abroad", DAIC 2020", 2020, p. 1018.

20. Mobile Operating System Market Share Russian Federation [Электронный ресурс]. – (<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/russian-federation>). (дата обращения 10.02.2022).

References

1. Astafieva, M.N. Spatio - temporal patterns of variability of climatic parameters and productivity of agricultural crops in the south of Eastern Siberia / M.N. Astafieva, Ya.M. Ivanyo, S. A. Petrova // Ecological Bulletin. - 2013. - No. 3 (25). – Pp. 13 - 18.

2. Allan, A. Programming for mobile devices on iOS: Professional development of applications for iPhone, iPad, and iPod Touch / A. Allan. - St. Petersburg : Peter. 2013. - 416 p.

3. Buzhinskaya, N.V. Designing mobile applications for smartphones based on the Android operating system / N.V. Buzhinskaya, D.S. Starodumova // Modern equipment and technologies. - 2017. - No. 4. – Pp. 16 - 18.

4. Departmental project "Digital Agriculture": official publication. - M. : FGBNU "Rosinformagrotech". - 2019. - 48 p.

5. Goloshchapov, A.L. GoogleAndroid: Programming for mobile devices / A.L. Goloshchapov. - St. Petersburg : BHV - Petersburg, 2011. - 448 p.

6. Dubrovin, I.A. Organization and planning of production at enterprises / I.A. Dubrovin. – M. : Kolos. S. - 2008. – 359 p.

7. Ivanyo, Ya.M. Economic and mathematical models of agricultural production in the region with interval natural and production - ecological parameters / Ya.M. Ivanyo, E.A. Khogoeva // News of the Irkutsk state economic academy. - 2013. - No. 6. - Pp. 138 - 143.

8. Ivanyo, Ya.M. Risk management of agricultural production under the influence of rainstorms and droughts / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, M.N. Polkovskaya, Yu.A. Popkova // All - Russian scientific and practical conference with international participation "Problems and prospects for sustainable development of the agro - industrial complex", dedicated to the memory of A.A. Yezhevsky (November 15 - 16, 2018). – Irkutsk : Publishing House of the Irkutsk state agrarian university, 2018. - Pp. 125 - 134.

9. Kalashnikov, P.N. Mathematical support of the information system for modeling the receipt of food products under the influence of meteorological events / Ya.M. Ivanyo, P.N. Kalashnikov / Scientific research of students in solving urgent problems of the agro - industrial complex // Materials of the All - Russian scientific and practical conference (village of Molodezhny, Irkutsk state agrarian university, March 6 - 7, 2020). – Irkutsk : Irkutsk SAU Publishing House, 2020. - T. II. - Pp. 105 - 113.

10. Kalashnikov, P.N. Assessment of risks associated with rainstorms, early snowfalls and droughts, and planning of agricultural production / P.N. Kalashnikov // The significance of scientific student circles in the innovative development of the agro - industrial complex of the region: a collection of students' scientific theses. - Youth: Publishing House of the Irkutsk state agrarian university, 2020. - Pp. 150 - 151.

11. Kostyuk, L.V. Theoretical foundations of designing the design of mobile application interfaces / L.V. Kostyuk, M.N. Marchenko // Design education : problems and prospects. – Krasnodar : Kuban state university, 2016. - Pp. 189 - 193.

12. Makartsev, A.V. Comparison of development environments for android applications eclipse and android studio / A.V. Makartsev, V.Yu. Pirogov // In the collection: Actual problems of the theory and methods of teaching informatics, mathematics and economics. Materials

of the youth all - Russian scientific - practical conference. Shadrinsk state pedagogical university; executive editor: I.N. Slinkin. 2016. - Pp. 57 - 58.

13. Maklakov, S.V. Bpwin and Erwin. CASE - information systems development tools / S.V. Maklakov. - M. : "DIALOGUE - MEPhI", 1999. - 256 p.

14. Marsicano, K. Android. Programming for professionals / K. Marsicano, K. Stewart, Phillips B. - Peter - 2017. - 704 p.

15. Petrova, S.A. Modeling the production of agricultural products under the conditions of manifestation of rare natural events // Collection of scientific papers based on the materials of the III stage of the All - Russian competition for the best scientific work among students, graduate students and young scientists of higher educational institutions of the Ministry of Agriculture of Russia. - Yaroslavl: FGBOU VPO "Yaroslavl state agricultural academy", 2012. - Pp. 138 - 143.

16. Petrova, S.A. Natural and technogenic events on the territory of the Irkutsk region / S.A. Petrova // Scientific achievements in production: Materials of the scientific - practical conference of young scientists with international participation. - Irkutsk : Izd - vo IrGSHA, 2011. - S. 280 - 285.

17. The system of agriculture in the Irkutsk region: At 2 pm Monograph / Edited by Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitriev. - Irkutsk : Megaprint, 2019. - Part 2. - 321 p.

18. Urgenchev, A.R. Analysis of modern tools for developing mobile applications for Android OS / A.R. Urgenchev, A.T. Vaibaktina // Scientific journal. 2017. - No. 3. - Pp. 10 - 12.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и цифровой трансформации, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Калашников Павел Николаевич – магистрант 2-го курса института экономики управления и прикладной информатики, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89996400210, e-mail: kalachnikov_pavel98@mail.ru).

Information about the authors

Ivanyo Yaroslav M. – doctor of technical sciences, professor, vice-rector for research and digital transformation, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, tel. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Kalashnikov Pavel N. – undergraduate of the 2nd year of the institute of management economics and applied informatics, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel. 89996400210, e-mail: kalachnikov_pavel98@mail.ru).

УДК 519.863:63

МНОГОЭТАПНАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Иваньо Я.М., Сеницын М.Н.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодежный, Иркутский район, Иркутский район, Россия

В работе приведена многоэтапная параметрическая задача оптимизации производства аграрной продукции с неопределенными оценками. Проанализированы работы различных авторов, описывающих задачи параметрического программирования примени-

тельно к сельскому хозяйству, согласно которым коэффициенты и правые части ограничений, входящие в оптимизационные модели, могут быть описаны регрессионными выражениями. Предложен алгоритм построения многоэтапной параметрической задачи. На первом этапе предлагается получить оптимальное решение с учетом прогностических значений производственно-экономических показателей. Для этого применены нелинейные тренды. В случае выявления вероятностных показателей они учитываются совместно с прогностическими значениями. На втором этапе осуществляется корректировка показателей моделей на основе сравнения прогностических и фактических данных. При осуществлении этой процедуры исправлению подвержены определенные ранее тенденции. После корректировки строится новый план. Подобные операции повторяются многократно в зависимости от установленного периода планирования деятельности исследуемого объекта. Упрощенный вариант детерминированной модели реализован для растениеводческой отрасли Усольского района. Рассмотрена двухэтапная задача с использованием данных 2021 года и прогностических значений 2022 года. В приведенном примере наблюдалось положительное расхождение между прогнозами и фактическими значениями по зерновым культурам и картофелю и отрицательное по овощным культурам. Согласно целевой функции имело место уменьшение производства продукции более чем на 5 %. На втором этапе выполнена корректировка плана на следующий год с учетом сохранения тенденций роста показателей. В результате увеличение объемов продукции составило немногим более 1,2 %. Таким образом, полученные результаты показывают возможности применения многоэтапных параметрических задач для планирования производства.

Ключевые слова: многоэтапные модели, параметрическое программирование, производство аграрной продукции.

MULTI-STAGE PARAMETRIC MODEL OF OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Ivanyo Ya. M., Sinitsyn M. N.

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Yezhevsky,
Molodyozhny, Irkutsk district, Irkutsk district, Russia

The paper presents a multi-stage parametric problem of optimizing the production of agricultural products with uncertain estimates. The scientific works of various authors describing the problems of parametric programming in relation to agriculture are analyzed, according to which the coefficients and right parts of the constraints included in the optimization models can be described by regression expressions. An algorithm for constructing a multi-stage parametric problem is proposed. At the first stage, it is proposed to obtain the optimal solution, taking into account the predictive values of production and economic indicators. For this, non-linear trends are applied. If probabilistic indicators are identified, they are taken into account together with predictive values. At the second stage, the model indicators are adjusted based on a comparison of forecast and actual data. When this procedure is carried out, the previously identified trends are subject to correction. After the adjustment, a new plan is built. Such operations are repeated many times depending on the established period of planning the activity of the object under study. A simplified version of the deterministic model is implemented for the crop industry of the Usolsky district. A two-stage problem is considered using data for 2021 and predictive values for 2022. In this example, there was a positive discrepancy between forecasts and actual values for cereals and potatoes, and a negative discrepancy for vegetables. According to the objective function, there was a decrease in production by more than 5%. At the second stage, the plan for the next year was adjusted, taking into account the continued growth trends in indicators. As a result, the increase in production volumes amounted to a little more than 1.2%. Thus,

the results obtained show the possibility of using multi-stage parametric problems for production planning.

Key words: multi-stage models, parametric programming, agricultural production.

Введение. Задачи математического программирования нашли широкое применение, как в сельском хозяйстве, так и в других сферах жизнедеятельности человека [2, 4, 9, 10, 11, 13, 14, 15]. Поскольку производство продукции в разных секторах экономики представляет собой многоэтапный процесс для управления различными процессами можно использовать многоэтапные модели [4, 5-8, 11, 15]. В дополнение к этому для уменьшения неопределенности при оптимизации производственных процессов применимы задачи параметрического программирования, которые связаны с разными параметрами, в том числе временем [1, 2]. Это позволяет описывать динамику развития показателей в условиях неопределенности, применяя различные способы прогнозирования, например те, которые предложены в [3].

Модели, описывающие сельскохозяйственное производство, характеризуются большим числом различных показателей: трудозатраты на получение животноводческой и растениеводческой продукции, урожайность сельскохозяйственных культур, земельные, топливные ресурсы и другие. При этом они могут представлять собой случайные величины, изменяться в некоторых интервалах или описываться некоторыми функциональными зависимостями [12].

Статистический анализ производственно-экономических показателей деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей показывает, что многие из них могут быть описаны с помощью трендов, факторных, авторегрессионных и смешанных моделей [1, 2, 7, 12]. При этом полученные зависимости показателей от предшествующих значений, времени или факторов должны быть качественными, что позволяет осуществлять прогнозирование коэффициентов и правых частей ограничений оптимизационной модели. Для описания многоэтапного процесса производства сельскохозяйственной продукции предлагается использовать многоэтапную задачу параметрического программирования, поскольку ряд коэффициентов этой задачи могут быть описаны регрессионными выражениями.

Следует отметить, что некоторые переменные, входящие в целевую функцию и ограничения задачи математического программирования, являются неопределенными. В случаях, если переменная входящая в модель является случайной и известен ее закон распределения вероятностей, при расчетах можно использовать значения данной величины для заданных вероятностей. В противном случае, когда нельзя сопоставить вероятности результатов при выборе того или иного решения, хотя возможный набор результатов известен, можно использовать модели с интервальными оценками в целевой функции и в ограничениях.

Целью работы является описание многоэтапной параметрической задачи оптимизации производства аграрной продукции с неопределенными оценками и практическое применение модели.

Для достижения цели решались следующие **задачи**: 1) построение многоэтапной параметрической задачи оптимизации производства аграрной продукции с неопределенными оценками; 2) реализация предложенной модели на реальном объекте Иркутской области.

Материалы и методы. Для оценки возможностей многоэтапных математических моделей использованы данные по производственно-экономическим показателям сельскохозяйственного производства в Усольском районе за период 1996 – 2021 гг. При решении задачи оптимизации производства аграрной продукции применялись методы параметрического программирования и имитационного моделирования.

Основные результаты и обсуждение. Использование параметрических задач математического программирования позволяет сельскохозяйственному товаропроизводителю оценить возможный потенциал своей деятельности на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу при наличии необходимой информации.

Рассмотрим двухэтапную задачу. На первом шаге ее решения необходимо выделить особенности параметров входящих в модель [5, 6, 7, 8]. Затем нужно построить зависимости различных производственно-экономических показателей от параметров и оценить их качество. На основе полученных моделей осуществляется прогноз показателей, входящих в оптимизационную задачу. Кроме того, оцениваются неопределенные показатели. В зависимости от их особенностей выделяются вероятностные или интервальные оценки. Заключительным шагом является решение задачи параметрического программирования с учетом полученных значений прогноза и неопределенных показателей. На первом шаге определяется оптимальный план, который затем корректируется благодаря уточнению показателей, входящих в модель.

Приведем многоэтапную задачу параметрического программирования с неопределенными коэффициентами в виде вероятностных оценок. Рассмотрим отраслевую модель, характеризующую растениеводство. В качестве целевой функции использована прибыль, которая должна достигнуть максимального значения:

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} d_{is}^k x_{is}^k - \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} c_{is}^k x_{is}^k \rightarrow \max (h \in H), \quad (1)$$

при условиях:

ограниченности производственных ресурсов

$$\sum_{s \in S} v_{lis}^{k(p)} x_{is}^k \leq V_{li}^k (l \in L, i \in I); \quad (2)$$

ограниченности размера растениеводческой отрасли

$$\underline{n} \leq \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} (1 + \alpha_s^k) x_{is}^k \leq \bar{n}; \quad (3)$$

производства конечной продукции не менее заданного объема

$$\sum_{i \in I} y_{is}^k(t) x_{is}^k \geq Y_s^k \quad (s \in S), \quad (4)$$

ограниченности вносимых удобрений и средств защиты растений

$$\sum_{s \in S} w_{mis}^{k(p)} x_{is}^k \leq W_{mi}^k \quad (m \in M, i \in I); \quad (5)$$

неотрицательности переменных

$$x_{is}^k \geq 0, \quad (6)$$

где d_{is}^k – цена реализации культуры s , произведенной на поле i ; $y_{is}^k(t)$ – выход продукции с единицы площади культуры s на поле i , характеризующийся некоторой функциональной зависимостью; x_{is}^k – площадь возделывания культуры s на поле i ; c_{is}^k – затраты на 1 га поля i с производством культуры s ; $v_{lis}^{k(p)}$ – расход ресурса l на единицу площади для культуры s поля i ; V_{li}^k – наличие ресурса вида l поля i ; Y_s^k – гарантированный (минимальный) объем производства продукции культуры s ; \bar{n} , \underline{n} – максимально и минимально возможная площадь возделывания культур; α_s – коэффициент, учитывающий площадь посевов семян культуры s ; $w_{mis}^{k(p)}$ – расход удобрения (средства защиты растений) вида m на единицу площади поля i для культуры s ; W_{mi}^k – наличие удобрения вида m поля i ; k – номер этапа.

В этой задаче производственные параметры $v_{lis}^{k(p)}$ и $w_{mis}^{k(p)}$ могут быть неопределенными и использоваться в модели в виде случайных величин. Их значения связаны с вероятностями p . Что касается параметра t , от которого зависит выход продукции с единицы площади $y_{is}^k(t)$, то он изменяется в интервале $[a, \beta]$. В приведенной задаче этот параметр характеризует время.

Приведенная модель (1) - (6) предполагает корректировку плана на каждом этапе. Поскольку планирование обычно осуществляется на один год в рамках многолетнего периода, на первом этапе разрабатывается план на год, по результатам которого на втором этапе выполняется его корректировка.

Сформулированная задача является многоэтапной, поэтому ее можно использовать для планирования производства продовольственной продукции не менее чем на 2 года. На первом этапе рассчитываются значения критерия оптимальности и оптимальные планы. На втором этапе прогностические сравниваются с фактическими данными, после чего осуществляется корректировка прогноза с учетом динамики рассматриваемых показателей. На основе откорректированных показателей строится новая модель для получения оптимального решения задачи на втором этапе. Затем процедура повторяется на следующем этапе.

В таблице приведен пример реализации приведенного алгоритма согласно производственно-экономическим данным за многолетний период по Усольскому району.

Таблица - Оптимальные решения двухэтапной детерминированной задачи параметрического программирования по данным о производственно-экономических показателях Усольского района за период 1996 – 2021 гг.

Характеристика результата	год	Пшеница	Ячмень	вес	Картофель	Капуста	Морковь	Целевая функция, тыс. руб.
		x_1 , т	x_2 , т	x_3 , т	x_4 , т	x_5 , т	x_6 , т	
Прогноз	2021	67159,7	44858,9	7023	2587,2	10610	1133,7	2184595,5
Факт		56001,2	44254,7	7000	2252,4	12336	1245	2076950,3
Прогноз	2022	67664,6	45161,0	7162	2596,8	10948	1161,6	2215147,5
Исправленный прогноз		56635,2	44556,8	7000	2262	12674	1272,9	2103213,6

При моделировании производства растениеводческой продукции использован частный случай модели (1) – (6). Во-первых, рассматривается детерминированная задача. Во-вторых, в качестве целевой функции использован доход от производства растениеводческой продукции. В-третьих, некоторые показатели оптимизационной модели являются имитационными. В-четвертых, при решении задачи сделано допущение, что стоимостные показатели за рассматриваемый период являются постоянными. В-пятых, в работе использованы прогностические значения урожайности на основе логистической и линейной функций до 2025 года, полученные Я.М. Иваньо и В.В. Цыренжаповой.

Согласно приведенным результатам на первом шаге (2021 год) расхождение между плановыми и фактическими значениями целевой функции составили -5,18 %, а на втором шаге (2022 год) относительная разность между первоначальным прогнозом и исправленным предсказанием соответствует -5,32 %. При этом производство продукции на втором этапе или шаге должно увеличиться на 1,26 %.

Отметим также, что фактических значения урожайности пшеницы, овса и картофеля получились несколько ниже прогностических, а для биопродуктивности ячменя практически совпали. Что касается урожайности капусты и моркови, то здесь фактические значения оказались выше прогнозов.

Выводы. Приведена многоэтапная модель параметрического программирования, в которую входят вероятностные показатели.

Подготовлены данные для ее реализации на основе производственно-экономических показателей сельского хозяйства Усольского района за 1996 – 2021 гг.

Упрощенная детерминированная двухэтапная модель параметрического программирования реализована для растениеводческой отрасли Усольского района. Модель показывает возможности развития отрасли.

Список литературы

1. Асалханов П.Г. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в задачах параметрического программирования / П.Г. Асалханов, Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 2 (121). – С. 57-66.

2. Барсукова М.Н. Классификация прикладных моделей параметрического программирования для оптимизации производства сельскохозяйственной продукции / Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. материалы международной научно-практической конференции. 2013. – С. 205-209.

3. Воронцовский А.В. Прогнозирование развития экономики на основе стохастической модели экономического роста с учетом точки поворота / А.В. Воронцовский, Л.Ф. Вьюненко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2016. – № 4. – С. 4-32.

4. Гамбаров Л.А. Инструментарий построения моделей многоэтапных задач производственно-транспортной логистики / Л.А. Гамбаров, Н.В. Кузьминчук, Н.П. Чернышёва // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2015. – № 49. – С 221-229.

5. Иваньо Я.М. Двухэтапная модель оптимизации структуры посевов с учетом рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, М.Н. Полковская // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2018. – Вып. №4 (12). - С. 88-95.

6. Иваньо Я.М. О многоэтапных моделях оптимизации структуры посевов / Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская // Известия Иркутской государственной экономической академии. - 2014. – № 1 (93). – С.121–125.

7. Иваньо Я.М. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур. Монография / Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская. - Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2016. – 150 с.

8. Иваньо Я.М. Планирование аграрного производства с учетом своевременности посевов и предшественников сельскохозяйственных культур / Я.М. Иваньо, М.Н. Полковская, М.Н. Синицын // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. материалы XI Международной научно-практической конференции. - Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2022. - С. 159-166.

9. Иващенко С.М. Многосекторная модель динамического стохастического общего экономического равновесия российской экономики / С.М. Иващенко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. - 2016. – № 3. – С. 176-202.

10. Кулясова А.С. Экономико-математическое моделирование как эффективный инструмент анализа экономических процессов в промышленности / А.С. Кулясова, А.Р. Есина, В.Д. Свирчевский // Экономика промышленности. – 2019. – Т. 12. – № 3. – С. 316-322.

11. Колбин В.В. Распределение ресурсов. Двухэтапная задача принятия решений / В.В. Колбин, И.Ю. Быкова // Математическое моделирование сложных систем. - СПбГУ: НИИХ СПбГУ, 1999. – С. 133-136.

12. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции: монография / Я.М. Иваньо, П.Г. Асалханов, М.Н. Барсукова [и др.]; под редакцией Я.М. Иваньо. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2021. – 219 с.

13. Смагин Б.И. Оптимизация отраслевой структуры производства как стратегическое направление эффективного функционирования аграрного сектора экономики / Б.И. Смагин, А.Б. Смагина // Вестник МичГАУ. – 2014. – № 2. – С. 97-101.

14. Умнов Е.А. Параметрический анализ в задачах математического программирования / Е.А. Умнов, А.Е. Умнов // Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). - 2014. – Т. 6. – № 3(23). – С. 73-83.

15. Galán Martín Ángel (2015). Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. / Galán Martín Ángel, Pozo Carlos, Guillén-Gosálbez Gonzalo, Antón Assumpció, Jiménez Esteller Laureano. Available at: https://www.researchgate.net/publication/287197716_Graphical_abstract_Multi-stage_linear_programming_model_for_optimizing_cropping_plan_decisions_under_the_new_Common_Agricultural_Policy

References

1. Asalkhanov P.G. Models for predicting the productivity of agricultural crops in parametric programming problems / P.G. Asalkhanov, Ya. M. Ivanyo, M.N. Polkovskaya // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. - 2017. - Vol. 21. - No. 2 (121). - Pp. 57-66.
2. Barsukova M.N. Classification of applied models of parametric programming for optimizing the production of agricultural products / Barsukova M.N., Ivanyo Ya.M. // In the collection: Climate, ecology, agriculture of Eurasia. Materials of the international scientific-practical conference. 2013. - Pp. 205-209.
3. Vorontsovsky A.V. Forecasting the development of the economy based on a stochastic model of economic growth, taking into account the turning point / A.V. Vorontsovsky, L.F. Vyunenko // Bulletin of St. Petersburg University. Economy. - 2016. - No. 4. - Pp. 4-32.
4. Gambarov L.A. Toolkit for building models of multi-stage problems of production and transport logistics / L.A. Gambarov, N.V. Kuzminchuk, N.P. Chernysheva // Bulletin of the economy of transport and industry. - 2015. - No. 49. - Pp. 221-229.
5. Ivanyo Ya. M. A two-stage model for optimizing the structure of crops, taking into account risks / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, M.N. Polkovskaya // Information and Mathematical Technologies in Science and Management. - 2018. - No. 4 (12). - Pp. 88-95.
6. Ivanyo Ya. M. On multi-stage models for optimizing the structure of crops / Ya.M. Ivanyo, M.N. Polkovskaya // Proceedings of the Irkutsk State Economic Academy. - 2014. - No. 1 (93). - Pp. 121-125.
7. Ivanyo Ya. M. Optimization of the structure of crops, taking into account the variability of climatic parameters and bioproductivity of crops. Monograph / Ya. M. Ivanyo, M.N. Polkovskaya. - Irkutsk: Irkutsk SAU, 2016. - 150 p.
8. Ivanyo Ya.M. Planning of agricultural production taking into account the timeliness of crops and predecessors of agricultural crops / Ya.M. Ivanyo, M.N. Polkovskaya, M.N. Sinitsyn // In the collection: Climate, ecology, agriculture of Eurasia. materials of the XI International Scientific and Practical Conference. - Molodezhny: Irkutsk SAU, 2022. - Pp. 159-166.
9. Ivashchenko S.M. Multi-sector model of dynamic stochastic general economic equilibrium of the Russian economy / S.M. Ivashchenko // Bulletin of St. Petersburg University. Economy. - 2016. - No. 3. - Pp. 176-202.
10. Kulyasova A.S. Economic and mathematical modeling as an effective tool for analyzing economic processes in industry / A.S. Kulyasova, A.R. Esina, V.D. Svirchevsky // Economics of Industry. - 2019. - Vol. 12. - No. 3. - Pp. 316-322.
11. Kolbin V.V. Resource allocation. Two-stage decision-making problem / V.V. Kolbin, I.Yu. Bykova // Mathematical modeling of complex systems. - St. Petersburg State University, 1999. - Pp. 133-136.
12. Mathematical and digital technologies for optimizing food production: monograph / Ya.M. Ivanyo, P.G. Asalkhanov, M.N. Barsukova [and others]; edited by Ya.M. Ivanyo. - Molodezhny: Irkutsk SAU, 2021. - 219 p.
13. Smagin B.I. Optimization of the sectoral structure of production as a strategic direction for the effective functioning of the agrarian sector of the economy / B.I. Smagin, A.B. Smagina // Bulletin of MichSAU. - 2014. - No. 2. - Pp. 97-101.
14. Umnov E.A. Parametric analysis in problems of mathematical programming / E.A. Umnov, A.E. Umnov // Proceedings of the Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University). - 2014. - Vol. 6. - No. 3 (23). - Pp. 73-83.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – проректор по научной работе и цифровой трансформации Иркутского ГАУ, доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237491, e-mail: iymex@rambler.ru).

Синицын Максим Николаевич – аспирант кафедры информатики и математического моделирования. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500808807, e-mail: maks.sinitsyn.94@mail.ru).

Information about authors

Ivanyo Yaroslav M. – vice-rector for research and digital transformation of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, doctor of technical sciences, professor of the department of informatics and mathematical modeling (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny, tel.: 83952237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Sinitsyn Maxim N. – PhD student of the department of informatics and mathematical modeling. Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny, tel.: 89500808807, e-mail: maks.sinitsyn.94@mail.ru).

УДК 519.85:631.153::591.2

О НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Я.М. Иваньо, И.М. Колокольцева, С.А. Петрова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье приведены некоторые модели оптимизации производство аграрной продукции в условиях биологических рисков. К биологическим рискам, причиняющим большие ущербы сельскому хозяйству, отнесены потери, связанные с жизнедеятельностью вредителей сельскохозяйственных растений и их болезнями, нашествием саранчовых, а также болезнями сельскохозяйственных животных и эпидемиями. При наличии зависимостей в моделях оптимизации производства аграрной продукции коэффициентов и правых частей ограничений от параметра или параметров применимы задачи параметрического программирования. Одна из таких задач решена в условиях влияния на получения продукции полевых грызунов. Чаще не удаётся описывать показатели моделей математического программирования одномерными или многомерными регрессионными выражениями. В этом случае можно использовать экстремальные задачи с интервальными или вероятностными оценками. В первом случае моделируется множество оптимальных решений, из которых особый интерес вызывают оптимальные планы, соответствующие медиане, наибольшему и наименьшему значениям целевой функции, ориентированной на максимум прибыли или доходов. Оптимизационная модель с интервальными оценками применима при малом количестве эмпирических данных об урожайности и производственном потенциале. В приведённой задаче стохастического программирования результатом моделирования являются оптимальные решения, связанные с вероятностями. В качестве вероятностных оценок используются производственные ресурсы, объёмы получаемой продукции, трудозатраты и показатели, характеризующие риски. При этом высоким рискам подвержена, прежде всего, растениеводческая отрасль. По итогам обзора трёх видов моделей приведены некоторые результаты моделирования. В продолжение развития разработанных моделей предлагается использовать модели с учётом сочетания биологических климатических и техногенных рисков. В этом случае необходимо решение задачи оценки связей между разными видами рисков.

Ключевые слова: Растениеводство, животноводство, биологические риски, модели оптимизации.

ON SOME PLANNING MODELS OF AGRICULTURAL PRODUCTION UNDER THE CONDITIONS OF BIOLOGICAL RISKS

Ya.M. Ivanyo, I.M. Kolokoltseva, S.A. Petrova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article presents some models for optimizing the production of agricultural products under conditions of biological risks. Biological risks that cause great damage to agriculture include losses associated with the vital activity of pests of agricultural plants and their diseases, locust invasions, as well as diseases of farm animals and epidemics. If there are dependencies in the models for optimizing the production of agricultural products, the coefficients and the right parts of the restrictions on the parameter or parameters, parametric programming problems are applicable. One of these problems was solved under conditions of influence on the production of field rodents. More often it is not possible to describe the indicators of mathematical programming models by one-dimensional or multidimensional regression expressions. In this case, extreme problems with interval or probabilistic estimates can be used. In the first case, a set of optimal solutions is modeled, of which of particular interest are optimal plans corresponding to the median, the largest and smallest values of the objective function, focused on the maximum profit or income. An optimization model with interval estimates is applicable when there is a small amount of empirical data on yield and production potential. In the above problem of stochastic programming, the simulation results are optimal solutions associated with probabilities. As probabilistic estimates, production resources, volumes of products received, labor costs and indicators characterizing risks are used. At the same time, the crop industry is primarily exposed to high risks. Based on the review of three types of models, some simulation results are presented. In continuation of the development of the considered models, it is proposed to use models taking into account a combination of biological, climatic and technogenic risks. In this case, it is necessary to solve the problem of assessing the links between different types of risks.

Key words: Crop production, animal husbandry, biological risks, optimization models.

Введение. Производство сельскохозяйственной продукции связано со множеством биологических рисков. Ветеринарные риски связаны с болезнями сельскохозяйственных животных. Снижение урожая, вызываемое вредителями и болезнями растений, а также сорной растительностью, относят к фитосанитарным рискам. Всё это проявляется как утрата и снижение качества продукции, дополнительные затраты трудовых, материальных и финансовых ресурсов [1]. Поэтому моделирование и планирование производства аграрной продукции с учётом подобных явлений является необходимым для устойчивого развития и эффективной работы предприятия.

Целью статьи является описание некоторых математических моделей планирования производства аграрной продукции с учётом биологических рисков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: классифицировать модели оптимизации производства аграрной продукции с учётом биологических рисков; описать некоторые модели планиро-

вания производства аграрной продукции в условиях биологических рисков и реализовать их на реальных объектах агропромышленного комплекса.

Материалы и методы. В работе использованы результаты разных авторов, полученные для повышения эффективности управления аграрного производства в условиях неопределенности [1 - 3, 6, 7, 8, 9 - 20].

Для моделирования рисков и планирования аграрной продукции применены методы теории вероятностей и математической статистики, а также технологии математического программирования.

Основные результаты. Для эффективного планирования аграрного производства важно знание и понимание процессов, состояния материально-технической базы, качества кадрового состава и его потенциала. Кроме того, важны качество, адекватность и точность используемых моделей. Классифицировать математические модели планирования аграрного производства в условиях рисков можно по различным признакам. Так, в работе [11] приведена классификация задач оптимизации производства сельскохозяйственной продукции с учётом влияния экстремальных гидрометеорологических и техногенных событий. Данная классификация учитывает модели с одним редким явлением или серией событий, различные свойства изменчивости параметров модели, влияние событий на левые, правые части ограничений и критерий оптимальности и др.

По отраслевому признаку математические модели планирования производства продовольственной продукции подразделяются на растениеводческие, животноводческие и модели сочетания отраслей. Кроме того, интерес представляет дополнение видов деятельности аграрного предприятия заготовкой дикорастущих ресурсов.

В статье [2] рассматривается классификация эколого-математических моделей оптимизации аграрного производства в зависимости от вида мелиоративных работ, неопределённости параметров, происхождения внешних воздействий на почву и водную среду и содержанию критерия оптимальности.

Что касается видов моделей математического программирования, учитывающего биологические события, то можно выделить модели с: 1) интервальными параметрами; 2) вероятностными параметрами; 3) функционально-зависимыми параметрами.

Кроме того, интерес представляет моделирование смешанного воздействия на производство аграрной продукции гидрометеорологических, биологических и техногенных событий. Такая модель учитывает большее число фактов и видов рисков, влияющих на аграрное производство и, как следствие, более полно и точно описывает деятельность предприятия в реальных условиях, что позволяет принимать более качественные управленческие решения.

Выбор вида модели зависит от биологического явления. В статье [12] определены самые распространённые биологические риски, наблюдаемые в Иркутской области. В растениеводческой отрасли по ним ведётся фитосанитарный мониторинг, выполняется прогноз развития вредных объектов и про-

водятся профилактические мероприятия. Ветеринарные риски возникают при появлении и распространении особо опасных и экономически значимых болезней животных, требующих проведения противоэпизоотических, диагностических и лечебных мероприятий.

В [9] приведены результаты оценки распространения саранчовых вредителей и численности их личинок на основе методов статистической обработки собранных данных, с применением законов распределения вероятностей и определением повторяемостей наибольших площадей охвата вредителями и максимальных значений численности личинок саранчовых. Для определения распространения не стадных саранчовых с применением метода статистических испытаний можно использовать алгоритмы, основанные на использовании закона распределения вероятностей Пирсона III типа и трёхпараметрического степенного гамма-распределения.

Модели планирования аграрного производства, учитывающие биологические риски, как правило, содержат в себе неопределённые коэффициенты и правые части ограничений, которые могут быть интервальными или вероятностными. В свою очередь интерес представляют параметрические задачи, позволяющие получать оптимальные решения в зависимости от времени, предшествующих значений и разных факторов.

Отраслевая задача оптимизации производства растениеводческой продукции с функционально зависимыми параметрами в левых и правых частях ограничений и целевой функцией на максимум дохода может быть записана следующим образом.

Критерий оптимальности:

$$\sum_{s \in S} c_s x_s \rightarrow \max, \quad (1)$$

при условиях:

- ограниченности производственных ресурсов

$$\sum_{s \in S} b_{ls}(t) x_s \leq B_l, l \in L; \quad (2)$$

- ограниченности размера растениеводческой отрасли

$$\underline{\psi}_w \leq \sum_{s \in S_r} (1 + \alpha_s) x_s \leq \bar{\psi}_w, w \in W; \quad (3)$$

- производства конечной продукции не менее заданного объёма

$$\sum_{s \in S} u_{qs}(t) x_s \geq U_q(t), q \in Q; \quad (4)$$

- определённого количества вносимых удобрений и средств защиты растений

$$\sum_{s \in S} f_{ms} x_s \leq F_m, m \in M; \quad (5)$$

- не отрицательности переменных

$$x_s \geq 0, \quad (6)$$

где x_s - искомая переменная, площадь культуры s или вида кормовых угодий;

c_s - доход с 1 га s -культуры или вида кормовых угодий;

$b_{ls}(t)$ - расход ресурса l на единицу площади культуры s или вида кормовых угодий, зависящий от параметра t ;

B_l - наличие ресурса l -вида;

$\underline{\psi}_w, \overline{\psi}_w$ - минимально и максимально возможная площадь культур группы w ;

α_s - коэффициент, учитывающий площадь семенных посевов для культуры s ;

$u_{qs}(t)$ - выход товарной продукции q -вида с единицы площади культуры s -вида, зависящий от времени t ;

$U_q(t)$ - гарантированный (обязательный) объём производства продукции вида q , зависящий от времени t ;

f_{ms} - расход m -удобрений и средств защиты на единицу площади культуры s или вида кормовых угодий;

F_m – необходимый объём удобрений вида m .

В задаче (1) - (6) затраты некоторых видов ресурсов на обработку единицы площади, количества вносимых удобрений и средств защиты растений зависят от некоторого фактора t , под влиянием которого изменяется затрата того или иного ресурса на единицу площади (например, трудозатраты на проведение дополнительных работ по устранению последствий вредного влияния на посевы саранчовых). Урожайность культур и гарантированный объём произведённой продукции (4) можно описать трендовыми моделями.

Неопределённость некоторых коэффициентов и правых частей ограничений модели оптимизации аграрного производства с учётом биологических событий может быть выражена интервальными оценками. В случае решения подобной задачи выражения (1), (2), (4) и (5) модели (1) - (6) могут быть записаны следующим образом:

- критерий оптимальности:

$$\sum_{s \in S} \tilde{c}_s x_s \rightarrow \max, \quad (7)$$

- ограниченность производственных ресурсов:

$$\sum_{s \in S} \tilde{b}_{ls} x_s \leq \tilde{B}_l, l \in L; \quad (8)$$

- объём производства продукции:

$$\sum_{s \in S} \tilde{u}_{qs} x_s \geq U_q, q \in Q; \quad (9)$$

- определённое количество вносимых удобрений и средств защиты растений:

$$\sum_{s \in S} \tilde{f}_{ms} x_s \leq F_m, m \in M; \quad (10)$$

где \tilde{c}_s – доход с 1 га s -культуры или вида кормовых угодий, изменяющийся в пределах верхних и нижних оценок $\underline{\tilde{c}}_s \leq \tilde{c}_s \leq \overline{\tilde{c}}_s$;

\tilde{b}_{ls} - расход ресурса l на единицу площади культуры s вида кормовых угодий, варьирующий в пределах нижних и верхних оценок $\underline{\tilde{b}}_{ls} \leq \tilde{b}_{ls} \leq \overline{\tilde{b}}_{ls}$;

\tilde{B}_l - ресурс l -вида, изменяющийся в пределах нижних и верхних оценок $\underline{\tilde{B}}_l \leq \tilde{B}_l \leq \overline{\tilde{B}}_l$;

\tilde{u}_{qs} - выход товарной продукции q -вида с единицы площади культуры s -вида, варьирующий в пределах верхних и нижних оценок $\underline{\tilde{u}_{qs}} \leq \tilde{u}_{qs} \leq \overline{\tilde{u}_{qs}}$;

\tilde{f}_{ms} - расход m -удобрений и средств защиты на единицу площади культуры s или вида кормовых угодий, колеблющийся в пределах верхних и нижних оценок $\underline{\tilde{f}_{ms}} \leq \tilde{f}_{ms} \leq \overline{\tilde{f}_{ms}}$.

Приведём несколько иную модель на основании работы [7, 11] с вероятностными параметрами в левых частях ограничений, учитывающую влияние на производство биологических событий. Критерий оптимальности направлен на максимизацию выручки, задача учитывает две основные отрасли аграрного производства – растениеводство и животноводство.

Целевая функция такой модели может быть записана в следующем виде:

$$\sum_{s \in S} d_s x_s + \sum_{h \in H} d_h x_h \rightarrow \max, \quad (11)$$

при следующих условиях:

- ограниченность производственных ресурсов:

$$\sum_{s \in S} b_{is}^p x_s + \sum_{h \in H} c_{ih} x_h \leq B_i \quad (i \in I), \quad (12)$$

- применение в животноводстве побочной продукции растениеводства, описывающее количество продукции для обеспечения кормами животных:

$$\sum v_{js} x_s \geq x_j \quad (j \in J), \quad (13)$$

- ограничение по размеру отрасли растениеводства:

$$\underline{\psi}_w \leq \sum_{s \in S} (1 + \alpha_s) x_s \leq \overline{\psi}_w \quad (w \in W), \quad (14)$$

- ограничение по размеру отрасли животноводства:

$$x_h = \lambda_{hh'} x_{h'} \quad (h, h' \in H), \quad (15)$$

- объём производства конечной продукции:

• растениеводства:

$$\sum_{s \in S} u_{q_1 s}^p x_s \geq U_{q_1} \quad (q_1 \in Q_1); \quad (16)$$

• животноводства:

$$\sum_{h \in H} u_{q_2 h} x_h \geq U_{q_2} \quad (q_2 \in Q_2), \quad (17)$$

- баланс рационов животных по элементам питания:

$$\sum_{s \in S} a_{is} l_s x_s + \sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq \sum_{h \in H} \beta_{ih} x_h \quad (i \in I), \quad (18)$$

- структура производства кормов:

$$\sum_{h \in H} \varphi_{kh} \leq \sum_{s \in S} a_{is} l_s x_s + \sum_{j \in J} a_{ij} x_j \leq \sum_{h \in H} \overline{\varphi}_{kh} x_h \quad (k \in K), \quad (19)$$

- неотрицательность переменных:

$$x_s, x_h \geq 0 \quad (20)$$

где d_s – стоимость единицы продукции s -культуры ($s \in S$);

d_h – стоимость единицы h -вида животноводческой продукции ($h \in H$);
 x_s – искомая переменная: объём производства s -культуры, ц;
 x_h – искомая переменная: продукция животноводства h -вида;
 S – множество видов культур;
 H – множество животноводческой продукции;
 b_{is}^p – расход i -го ресурса на единицу продукции s -культуры, соответствующий вероятности p ;
 B_i – ограничения по использованию ресурса i ;
 I – множество видов ресурсов;
 v_{js} – выход с единицы площади s -культуры j -вида корма;
 x_j – объём производства кормов вида j ;
 $\underline{\psi}_w$ ($\bar{\psi}_w$) – минимальная (максимальная) площадь культур w -вида (группы);
 α_s – коэффициент, учитывающий площадь посевов семян для s -культур;
 W – множество агротехнических групп культур;
 $\lambda_{hh'}$ – коэффициент пропорциональности между поголовьем животных h и их группами h' ;
 h' – группы животных;
 $u_{q_1s}^p$ и u_{q_2h} – выход продукции растениеводства s -культуры и животноводства h -вида, соответствующий вероятности p для растениеводческой продукции;
 U_{q_1} и U_{q_2} – заданный объём производства продукции растениеводства и животноводства;
 q_1 и q_2 – вид товарной продукции;
 Q_1 и Q_2 – множества товарной продукции;
 a_{is} – содержание элемента питания i в единице кормовой продукции, получаемое от культуры s ;
 l_s – выход основной кормовой продукции от культуры s ;
 a_{ij} – содержание элемента i питания в виде корма j или компоненте кормосмеси;
 β_{ih} – минимальная потребность в элементе питания i единицы поголовья вида (группы) h ;
 $\underline{\varphi}_{kh}$, $\bar{\varphi}_{kh}$ – минимально и максимально допустимый нормативный размер потребности в кормах группы k единицы поголовья вида (группы) животных h , выраженный в кормовых единицах.

Решения задачи оптимизации производства аграрной продукции с учётом биологических, агрометеорологических и техногенных событий приведены в разных работах [2, 7, 8, 11]. Например, решение задачи линейного программирования для усреднённых условий и с учётом влияния на аграрное производство вредителей и болезней сельскохозяйственных растений (нижние и верхние оценки критерия оптимальности) по данным 10-и культур Иркутского района показало, что потери доходов в результате жизнедеятельности вредителей могут составить 5,5 - 5,7 % [9]. При этом в условиях проявления высоких рисков потери могут достигать более 20 %.

Выводы. В работе приведены модели оптимизации производства аграрной продукции в условиях проявления биологических рисков с неопределёнными оценками и функционально зависимыми параметрами. Выделены некоторые результаты планирования производства аграрной продукции в условиях биологических рисков.

Практическую значимость представляет разработка моделей оптимизации производства сельскохозяйственной продукции с учётом совместного влияния техногенных, климатических и биологических рисков.

Список литературы

1. Бендик, Н.В. Информационные технологии в решении задачи оптимизации аграрного производства с учётом проявления высоких паводков и половодий / Н.В. Бендик, Я.М. Иванько, С.А. Петрова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 38 - 45.
2. Бендик, Н.В. Эколого - математические модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции / Н.В. Бендик, Я.М. Иванько, Е.А. Ковалева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 4 (111). – С. 66 - 74.
3. Борисовская, К.А. Экономико - математическое моделирование и среднесрочное прогнозирование объема экспорта продовольствия российской федерации / К.А. Борисовская // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). - 2017. - № 3 (59). - С. 23 - 29.
4. Губенко, Д.С. Экономико - математические методы и модели в сельском хозяйстве // Д.С. Губенко, А.Е. Сенникова // Эпомен. – 2020. - № 42. – С. 94 - 100.
5. Живора, А.А. Классификация рисков сельского хозяйства / А.А. Живора // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2016. - № 1 (135). - С. 186 - 190.
6. Жуковский, В.И. Многокритериальное принятие решений в условиях неопределённости / В.И. Жуковский, В.С. Молоствов. - М. : МНИИПУ. - 1988. – 131с.
7. Иванько, Я.М. Управление производством сельскохозяйственной продукции в условиях изменчивости климата / Я.М. Иванько, С.А. Петрова, М.Н. Полковская // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы VII международной научно - практической конференции, Иркутск, 24 - 26 мая 2018 года. – Иркутск: Изд - во Иркутский ГАУ. - 2018. – С. 18 - 29.
8. Иванько, Я.М. Задача параметрического программирования с моделями прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / Я.М. Иванько, С.А. Петрова, М.Н. Барсукова, Ю.В. Столопова // Прикладная информатика. – 2021. – Том 16. - № 6 (96). – С. 131-143. DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-6-131-143.
9. Иванько, Я.М. Моделирование биологических рисков в оптимизации производства аграрной продукции / Я.М. Иванько, И.М. Колокольцева, С.А. Петрова, А.С. Батомункуев, О.Н. Кузнецова // Комплексное развитие сельских территорий : Материалы всероссийской (национальной) научно - практической конференции с международным участием, посвященной 85 - летию со дня рождения Почетного работника высшего профессионального образования РФ, кандидата экономических наук, профессора Зверева Александра Федоровича (г. Иркутск, 14 сентября 2022 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского). 2022. – С. 73 - 79.
10. Иванько, Я.М. Риски производства аграрной продукции в Предбайкалье: классификация, моделирование, управление / Я.М. Иванько, С.А. Петрова, И.М. Колокольцева // В сборнике: Труды II Гранберговской конференции. Сборник докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой памяти

академика А.Г. Гранберга «Пространственный анализ социально - экономических систем: история и современность». Сибирское отделение Российской академии наук институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. - Новосибирск, 2021. - С. 365 - 375.

11. Иваньо, Я.М. Оптимизационные модели аграрного производства в решении задач оценки природных и техногенных рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова. – Иркутск : Изд - во Иркутский ГАУ. - 2015. – 180 с.

12. Колокольцева, И.М. Информационное обеспечение моделирования биологических рисков / И.М. Колокольцева, Я.М. Иваньо // В сборнике: Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Материалы международной научно - практической конференции молодых ученых. – Молодёжный: Изд - во Иркутский ГАУ - 2021. - С. 181 - 194.

13. Применение математических методов в управлении АПК Беларуси и России. Светлов Н.М., Буць В.И., Карачевская Е.В. и др. – Москва: Изд - во Центральный экономико - математический институт РАН. - 2020. - 177 с.

14. Романенко, И.А. Теоретические основы размещения сельского хозяйства с учетом экономических и природно-климатических факторов / И.А.Романенко, С.О. Сиптиц // Экономика сельского хозяйства России. - 2016. - № 3. - С. 60 - 65.

15. Скульская, Л.В. Риски в сельскохозяйственном производстве и пути нейтрализации их негативного воздействия / Л.В. Скульская, Т.К. Широкова // Научные труды : Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2010. – Т. 8. – С. 478 - 501.

16. Смагин, Б.И. Эффективность и оптимизация функционирования аграрной сферы производства / Б.И.Смагин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2019. - № 4 (59). - С. 141 - 147.

17. Чибис, В.В. Моделирование продуктивности севооборотов в условиях лесостепи Западной Сибири / В.В. Чибис // Живые и биокосные системы. -2017. - № 20. - С. 5.

18. Эффективность энергетических плантаций / Е.В. Губий, В.И. Зоркальцев. – Новосибирск : Изд - во Сибирского отделения РАН, 2018. – 92 с.

19. Ivanyo, Ya. Mathematical models of agricultural production management in high risk environments / Y. Ivanyo, N. Fedurina, Z. Varanitsa - Gorodovskaya // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15 - 16 октября 2020 года. – Yekaterinburg, 2020. – P. 1018. – DOI 10.1051/e3sconf/202022201018.

20. Ivanyo, Ya. Mathematical Modeling of Different Aspects of Agricultural Production under Climatic and Biological Risks / Ya. Ivanyo, S. Petrova, I. Kolokoltseva // Critical Infrastructures in the Digital World : Proceeding of International Workshop, Bolshoe Goloustnoe, 16 - 21 марта 2022 года / ИСЭМ СО РАН. – Bolshoe Goloustnoe : ИСЭМ СО РАН, 2022. – P. 25.

References

1. Bendik, N.V. Information technologies in solving the problem of optimizing agricultural production, taking into account the manifestation of high floods and high waters / N.V. Bendik, Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova // Bulletin of the Voronezh state university. Series : System analysis and information technologies. - 2016. - No. 2. – Pp. 38 - 45.

2. Bendik, N.V. Ecological and mathematical models for optimizing the production of agricultural products / N.V. Bendik, Ya.M. Ivanyo, E.A. Kovaleva // Bulletin of the Irkutsk state technical university. - 2016. - No. 4 (111). - Pp. 66 - 74.

3. Borisovskaya, K.A. Economic - mathematical modeling and medium-term forecasting of the volume of food exports of the Russian Federation / K.A. Borisovskaya // Bulletin of the Rostov state economic university. - 2017. - No. 3 (59). – Pp. 23 - 29.

4. Gubenko, D.S. Economic and mathematical methods and models in agriculture // D.S. Gubenko, A.E. Sennikov // Epomen. - 2020. - No. 42. – Pp. 94 - 100.

5. Zhivora, A.A. Classification of risks in agriculture / A.A. Zhivora // Bulletin of the Altai state agrarian university. - 2016. - No. 1 (135). - Pp. 186 - 190.
6. Zhukovsky, V.I. Multi - criteria decision making under uncertainty / V.I. Zhukovsky, V.S. Molostov. M. : MNIIPU. 1988. - 131p.
7. Ivanyo, Ya.M. Management of agricultural production in conditions of climate variability / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, M.N. Polkovskaya // Climate, ecology, agriculture of Eurasia: Proceedings of the VII International scientific and practical conference , Irkutsk, may 24 - 26, 2018. – Irkutsk : Publishing house of the Irkutsk SAU. - 2018. - Pp. 18 - 29.
8. Ivanyo, Ya.M. The task of parametric programming with models for predicting the productivity of agricultural crops / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, M.N. Barsukova, Yu.V. Stolopova // Applied Informatics. - 2021. - Volume 16. No. 6 (96). - Pp. 131 - 143. DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-6-131-143.
9. Ivanyo, Ya.M. Modeling of biological risks in optimizing the production of agricultural products / Ya.M. Ivanyo, I.M. Kolokoltseva, S.A. Petrova, A.S. Batomunkuev, O.N. Kuznetsova // Comprehensive development of rural areas: Materials of the All - Russian (national) scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 85th anniversary of the birth of the Honorary worker of higher professional education of the Russian federation, candidate of economic sciences, professor Zverev Alexander Fedorovich (Irkutsk, september 14 2022. - Molodezhny village : Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky). 2022. - Pp. 73 - 79.
10. Ivanyo, Ya.M. Risks of agricultural production in Cisbaikalia: classification, modeling, management / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, I.M. Kolokoltseva // In the collection: Proceedings of the II Granberg Conference. Collection of reports of the All - Russian conference with international participation, dedicated to the memory of Academician A.G. Granberg "Spatial analysis of socio - economic systems: history and modernity". Siberian branch of the Russian academy of sciences institute of economics and organization of industrial production of the Siberian branch of the Russian academy of sciences. - Novosibirsk, 2021. - Pp. 365 - 375.
11. Ivanyo, Ya. M. Optimization models of agricultural production in solving problems of assessing natural and technogenic risks / Ya. M. Ivanyo, SA Petrova. – Irkutsk : Publishing house of the Irkutsk state agrarian university. 2015. - 180 p.
12. Kolokoltseva, I.M. Information support for modeling biological risks / I.M. Kolokoltseva, Ya.M. Ivanyo // In the collection: Scientific research and development for implementation in the agro - industrial complex. Materials of the international scientific - practical conference of young scientists. Youth. - 2021. - Pp. 181 - 194.
13. Application of mathematical methods in the management of the agro-industrial complex of Belarus and Russia. Svetlov N.M., Buts V.I., Karachevskaya E.V. etc. – Moscow : Publishing house of the central economics and mathematics institute of the Russian academy of sciences. - 2020. - 177 p.
14. Romanenko, I.A. Theoretical foundations of the location of agriculture, taking into account economic and natural - climatic factors / I.A. Romanenko, S.O. Siptits // Economics of agriculture in Russia. - 2016. - No. 3. - Pp. 60 - 65.
15. Skulskaya, L.V. Risks in agricultural production and ways to neutralize their negative impact / L.V. Skulskaya, T.K. Shirokova // Scientific Works: Institute of economic forecasting RAS. - 2010. - T. 8. - Pp. 478 - 501.
16. Smagin, B.I. Efficiency and optimization of the functioning of the agrarian sphere of production / B.I. Smagin // Bulletin of the Michurinsk state agrarian university. - 2019. - No. 4 (59). - Pp. 141 - 147.
17. Chibis, V.V. Modeling the productivity of crop rotations in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia / V.V. Lapwing // Living and bio - inert systems. - 2017. - No. 20. - P. 5.
18. Efficiency of energy plantations / E.V. Gubiy E.V., V.I. Zorkaltsev. – Novosibirsk : Publishing House of the SBRAS, 2018. - 92 p.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Колокольцева Ирина Михайловна - аспирант, кафедра информатики и математического моделирования, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 8(3952)237491, e-mail: 89025190281@yandex.ru).

Петрова Софья Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89149325573, e-mail: sofia.registration@mail.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).

Kolokoltseva Irina M. – post-graduate student, department of informatics and mathematical modeling, Irkutsk SAU (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 8(3952)237491, e-mail: 89025190281@yandex.ru).

Petrova Sofya A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling of the institute of economics, management and applied informatics, Irkutsk SAU (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89149325573, e-mail: sofia.registration@mail.ru).

УДК 519.862.3: 631.559

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Иваньо Я.М., Цыренжапова В.В.

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Статья посвящена сравнительному анализу результатов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе статистических данных о многолетних рядах с применением нелинейных функций роста. В качестве нелинейных моделей были использованы степенная, экспоненциальная, асимптотическая и логистическая функции. Сравнение приводилось на примере временных рядов урожайности пшеницы, овса, ячменя, картофеля, капусты и моркови Усольского района Иркутской области за период 1996 – 2021 гг. Из временных рядов на основе выявления пиков и ложбин выделялись последовательности верхних и нижних уровней. Полный ряд характеризует усредненную тенденцию, верхние уровни благоприятную динамику, а нижние – плохие условия получения урожая. В качестве критериев выбора наилучших моделей использованы коэффициент детерминации, F -критерий Фишера и t -статистики Стьюдента. Согласно полученным результатам наиболее приемлемой для прогнозирования урожайности зерновых культур и картофеля является логистическая функция. Причем она устойчива для всех рассматриваемых последовательностей временных рядов. Для описания временного ряда урожайности капусты применима линейная модель, что подчеркивает высокий потенциал произ-

водства этой культуры. Помимо оценки трендовых моделей определены возможные риски получения урожая в будущем. Для этого реализован прогноз на разных уровнях, по которому рассчитана разность между значениями трендов полного ряда и последовательностей нижних уровней. Полученные результаты показывают возможности прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур и рисков на основе многоуровневых нелинейных моделей с неограниченным ростом и насыщением, что имеет большое значение для управления аграрным производством.

Ключевые слова: нелинейные функции роста, урожайность, аграрное производство, прогнозирование, риски.

COMPARATIVE ANALYSIS OF NONLINEAR MULTILEVEL MODELS USED TO FORECAST CROP YIELD

Ivanyo Ya. M., Tsyrenzhapova V. V.

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Yezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article is devoted to a comparative analysis of the results of predicting crop yields based on statistical data on long-term series using nonlinear growth functions. Power, exponential, asymptotic and logistic functions were used as nonlinear models. The comparison was given on the example of time series of yields of wheat, oats, barley, potatoes, cabbage and carrots in the Usolsky district of the Irkutsk region for the period 1996-2021. From the time series, sequences of upper and lower levels were distinguished based on the identification of peaks and troughs. The full series characterizes the average trend, the upper levels are favorable dynamics, and the lower levels are poor conditions for obtaining a crop. The coefficient of determination, Fisher's F-test and Student's t-statistics were used as criteria for choosing the best models. According to the results obtained, the most appropriate for predicting the yield of grain crops and potatoes is the logistic function. Moreover, it is stable for all considered sequences of time series. To describe the time series of cabbage yields, a linear model is applicable, which emphasizes the high potential for the production of this crop. In addition to evaluating trend models, the possible risks of obtaining a crop in the future are identified. To do this, a forecast is implemented at different levels, according to which the difference between the values of the trends of the complete series and the sequences of lower levels is calculated. The results obtained show the possibility of predicting crop yields and risks based on multilevel nonlinear models with unlimited growth and saturation. They are of great importance for the management of agricultural production.

Key words: non-linear growth functions, productivity, agricultural production, forecasting, risks.

Введение. Урожайность сельскохозяйственных культур является очень сложным показателем с точки зрения предвидения, поскольку формирование урожая связано не только с действием производственных факторов, но также погодных условий и биологических систем [12, 13]. Особую значимость, на наш взгляд, имеет построение прогноза урожайности на многолетнюю перспективу с целью разработки программ и планов развития хозяйств, муниципальных образований и регионов [5, 6, 12]. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур является важным звеном в системе поддержки принятия управленческих решений в аграрном секторе, способствующее эффективной деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя.

Целью статьи является описание результатов сравнительного анализа при моделировании урожайности сельскохозяйственных культур с помощью многоуровневых нелинейных моделей.

Для достижения цели решались задачи построения нелинейных трендовых моделей и выбора наилучших из них.

Материалы и методы. Для сравнительного анализа многоуровневых моделей выбран один из наиболее успешных муниципальных образований по развитию сельского хозяйства – Усольский район. В работе использованы многолетние данные об урожайности сельскохозяйственных культур в этом районе за период 1996 - 2021 гг. Для моделирования биопродуктивности сельскохозяйственных культур применен регрессионный анализ для многоуровневых трендов в виде нелинейных функций роста с насыщением и без насыщения. Кроме того, использован метод выделения последовательностей верхних и нижних уровней из ряда на основе определения пиков и ложбин ряда [3, 5, 6].

В настоящее время используется большое количество теоретических и прикладных моделей, применяемых для описания природных, социально-экономических и сельскохозяйственных процессов и их прогнозирования [1, 2, 9, 10, 11, 12]. При этом широкое распространение имеют трендовые модели, которые могут использоваться самостоятельно для решения прогностических задач или применяться для планирования показателей производственно-экономических процессов, например, в моделях математического программирования [4, 5, 7]. Вместе с тем следует учитывать неопределенность показателей моделей и возможные риски [6, 8, 15, 16, 17].

Поскольку динамика временных рядов производственно-экономических показателей сельскохозяйственного производства имеет, как правило, нелинейную тенденцию роста или убывания для построения трендов обычно используются нелинейные функции [4, 5, 6].

Основные результаты. Нелинейные модели широко применяются для прогнозирования различных сфер хозяйственной деятельности человека. В работах [5, 6] приведены примеры использования асимптотических и логистических функций для предсказания природных ресурсов. В работе [6] модели роста с насыщением и неограниченным увеличением значений использованы для моделирования урожайности сельскохозяйственных культур и выделения вероятностных событий для оценки возможных рисков в будущем.

Авторами работы [5] функция с насыщением применена для оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных условиях с целью планирования с учетом рисков.

В таблице 1 выделены наиболее распространенные нелинейные функции, адекватно описывающие тенденции изменения урожайности сельскохозяйственных культур. Приведенные математические выражения получены по данным многолетних рядов урожайности сельскохозяйственных культур в Иркутской области на основе результатов различных авторов [4, 5, 6].

Секция 5. Информационные технологии в агробизнесе

Таблица 1 - Нелинейные функции, используемые для описания динамики производственно-экономических показателей сельского хозяйства

№ п.п.	Функция	Обозначения
1	$y_t = a_0 t^{a_1}$	y_t – показатель, t – время, a_0 , a_1 – константа и коэффициент роста
2	$y_t = a_0 e^{a_1 t}$	
3	$y_t = y_{\max} - (y_{\max} - y_{\min}) e^{-at}$	y_{\max} – уровень насыщения, y_{\min} – уровень при начальных условиях
4	$y_t = \frac{y_{\max}}{1 + e^{-at}}$	

Степенная и экспоненциальная функции не имеют верхнего ограничения. Они ориентированы исключительно на эмпирические данные, характеризующие временной ряд. В отличие от этих функций выражения в виде асимптотической и логистической функции имеют ограничение роста, соответствующее некоторому уровню насыщения, который может быть определен экспертами или с помощью комплексной оценки развития событий. Кроме того, при оценке верхнего значения можно ориентироваться на аномальные значения временного ряда, которое характеризует потенциал объекта при благоприятных внешних условиях.

Эмпирические ряды могут быть разделены на три последовательности согласно методике [3, 6], включающие в себя все уровни ряда, верхние и нижние значения. Первая последовательность (весь ряд) характеризует усредненную тенденцию роста. Вторая последовательность описывает благоприятную ситуацию увеличения рассматриваемого показателя, а третья – неблагоприятную.

Используем рассмотренные функции для построения многоуровневых трендовых моделей урожайности сельскохозяйственных культур на примере Усольского района. В качестве сельскохозяйственных культур выделены зерновые (пшеница, овес, ячмень), овощные культуры (капуста, морковь) и картофель.

На основе многолетних данных по урожайности зерновых культур, картофеля и овощей за период с 1996 - 2021 гг., были выделены верхние и нижние уровни временных рядов, для которых сформированы последовательности. После этого для полного ряда и последовательностей верхних и нижних уровней построены асимптотическая, логистическая, степенная и экспоненциальная функции.

Из общего числа полученных регрессионных выражений были выбраны наиболее качественные по коэффициенту детерминации R^2 , F -критерию Фишера и t -статистике Стьюдента (табл. 2 и 3).

Таблица 2 – Наиболее качественные нелинейные модели для прогнозирования урожайности зерновых культур

№ п.п.	Уравнение	R^2	F -критерий	$ t$ -статистика	Прогноз риска на
--------	-----------	-------	---------------	------------------	------------------

Секция 5. Информационные технологии в агробизнесе

					2025 г., ц/га
Пшеница					
Полный ряд	$y_t=28,8/(1+e^{-0,0955t})$	0,75	75,1	8,67	3,66
Верхний уровень	$y_t=28,8/(1+e^{-0,152t})$	0,84	42,8	6,54	
Нижний уровень	$y_t=23,9/(1+e^{-0,145t})$	0,84	47,8	6,91	
Овес					
Полный ряд	$y=26,1/(1+e^{-0,105t})$	0,73	66,96	8,18	3,11
Верхний уровень	$y=26,1/(1+e^{-0,169t})$	0,87	51,96	7,21	
Нижний уровень	$y=22,2/(1+e^{-0,148t})$	0,79	30,65	5,54	
Ячмень					
Полный ряд	$y=31,5/(1+e^{-0,108t})$	0,63	42,94	6,55	3,40
Верхний уровень	$y=31,5/(1+e^{-0,166t})$	0,72	18,40	4,29	
Нижний уровень	$y=27,4/(1+e^{-0,134t})$	0,77	23,52	4,85	

В таблице 2 приведены результаты моделирования по временным рядам урожайности зерновых культур, а в таблице 3 выделены регрессионные выражения, оценки их точности и значимости для биопродуктивности картофеля и овощных культур.

Таблица 3 - Наиболее качественные нелинейные модели для прогнозирования урожайности картофеля и овощных культур

№ п.п.	Уравнение	R^2	F -критерий	$ t$ -статистика	Прогноз риска на 2025, ц/га
Картофель					
Полный ряд	$y=222,1/(1+e^{-0,135t})$	0,61	40,08	6,33	23,5
Верхний уровень	$y=222,1/(1+e^{-0,220t})$	0,73	24,62	4,96	
Нижний уровень	$y=196,3/(1+e^{-0,161t})$	0,54	9,49	3,08	
Капуста					
Полный ряд	$y=91,1+16,79t$	0,77	81,3	9,00	127,3
Верхний уровень	$y=135,7+16,37t$	0,88	47,71	6,73	
Нижний уровень	$y=92,1+12,51t$	0,57	8,02	2,81	

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что логистические модели качественно превосходят остальные функции по F -критериям Фишера и t -статистикам Стьюдента, которые характеризуют значимость выражений и их коэффициентов. При этом эти функции хорошо описывают не только полные ряды, но и выделенные последовательности верхних и нижних уровней ряда. Наиболее близкими к ним являются асимптотические функции.

Логистические функции имеют преимущество перед асимптотическими функциями, несколько быстрее приближаясь к уровню насыщения. При этом полученные тренды позволяют осуществлять среднесрочные и долгосрочные прогнозы.

Исключение составил ряд урожайности капусты, для которого наиболее приемлемой является линейная модель (таблица 3).

При использовании рассмотренных функций отрицательный результат получен для временного ряда урожайности моркови, что может быть вызвано не достоверным значением 2004 года, когда биопродуктивность этой культуры возросла почти в 2 раза по сравнению с прошедшим и последующим годами.

Помимо определенных трендовых моделей, на их основе выполнено прогнозирование рисков потери урожайности сельскохозяйственных культур. Для этого получены прогнозы по полному ряду и последовательности нижних уровней урожайности. Согласно таблице 2 потери урожайности зерновых могут составить от 3,11 до 3,66 ц/га, а уменьшение урожайности картофеля и капусты соответствует 23,5 и 127,3 ц/га. Эти результаты для примера приведены для 2025 года, хотя могут быть получены для любого года.

Выводы. Рассмотрены нелинейные трендовые модели роста для выявления наиболее качественных из них применительно к временным рядам урожайности зерновых, картофеля и овощных культур.

В качестве примера использованы данные Усольского района.

Результаты моделирования показывают преимущество логистических моделей перед другими моделями при описании рядов урожайности зерновых культур и картофеля. Исключение составили ряды овощных культур. Для капусты можно использовать линейную зависимость. Тренды, описывающие урожайность моркови являются неустойчивыми.

С помощью многоуровневых моделей спрогнозированы урожайности сельскохозяйственных культур с оценкой усредненных рисков. Для примера приведены прогнозы на 2025 год.

Список литературы

1. Бабешко Л.О. Модификация трендово-факторной модели при прогнозировании по многомерным временным рядам / Л.О. Бабешко, И.В. Орлова //Фундаментальные исследования. - 2019. - № 3. - С. 5-10
2. Вайс А.А. Особенности применения регрессионных уравнений при прогнозировании урожайности дикорастущих ягодников / А.А. Вайс //Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - 2019. - Т. 22. - С. 26-30.
3. Дружинин И.П. Динамика многолетних колебаний речного стока. /И.П. Дружинин, В.Р. Смага, А.Н. Шевнин. - М.: Наука, 1991. - 176 с.
4. Иваньо Я.М. Модели с детерминированными и неопределенными параметрами применительно к оптимизации сельскохозяйственных процессов /М.Н. Барсукова, Я.М. Иваньо //Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. - 2007. - № 6. - С. 156-160.
5. Иваньо Я.М. 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.

6. 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.
7. Иваньо Я.М. Экономико-математические модели аграрного производства региона с интервальными природными и производственно-экологическими параметрами /Я.М. Иваньо, Е.А. Хогоева //Известия Иркутской государственной экономической академии. - 2013. - № 6. – С. 138-143.
8. Иваньо, Я. М. Агроландшафтные районы, риски и модели оптимизации получения продовольственной продукции / Я. М. Иваньо, С. А. Петрова, Н. И. Федурин // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тезисы XXVII Байкальской Всероссийской конференции с международным участием, Иркутск, 29 июня – 08 2022 года. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2022. – С. 15.
9. Кравец А.Г Предсказательное моделирование трендов технологического развития /А.Г. Кравец, Н.А. Сальникова //Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). - 2020. - № 55 (81). - С. 103-108.
10. Нестеренко Е.А. Новый взгляд на проблемы экономического прогнозирования в условиях неопределенности //Е.А. Нестеренко, М.В. Киселев //Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. - 2019. - № 3 (77). - С. 164-167.
11. Роднина Н.В. Методологические особенности прогнозирования регионального АПК на современном этапе: проблемы, решения /Н.В. Роднина //АПК: экономика, управление. - 2021. - № 10. - С. 72-79.
12. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография /под редакцией Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Изд-во ООО «Мегапринт», 2019. - Ч. 1.- 319 с.
13. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография /под редакцией Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Изд-во ООО «Мегапринт», 2019. - Ч. 2.- 321 с.
14. Сотников А.И. Анализ временных рядов с использованием алгоритмов big data /А.А. Сотников //Информационно-технологический вестник. - 2021. - № 1 (27). - С. 118 - 124.
15. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации: Задачи и методы стохастического программирования /Д.Б. Юдин. - М.: Ленанд, 2017. - 400 с.
16. Asalkhanov P.G. Management of the agro-industrial enter prise: optimization, uncertainty, expert assessments/ P.G. Asalkhanov, N.V. Bendik, Ya. M. Ivanyo // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies 2019 (FarEastCon 2019), 1-4 October 2019.
17. Ivanyo Ya. M. Optimization models of food processing wild-growing products with expert assessments / Ya. M. Ivanyo, S.A. Petrova //В сборнике: 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. - Pp. 108-113.

References

1. Babeshko L.O. Modification of the trend-factor model for forecasting by multidimensional time series / L.O. Babeshko, I.V. Orlova // Fundamental research. - 2019. - No. 3. – Pp. 5-10
2. Weiss A.A. Features of the application of regression equations in predicting the yield of wild berries / A.A. Weiss // Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants. - 2019. - Vol. 22. - Pp. 26-30.
3. Druzhinin I.P. Dynamics of long-term fluctuations in river runoff. /I.P. Druzhinin, V.R. Smaga, A.N. Shevnin. - M.: Nauka, 1991. -176 p.
4. Ivanyo Ya. M. Models with deterministic and uncertain parameters in relation to the optimization of agricultural processes /M.N. Barsukova, Ya. M. Ivanyo // Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin. - 2007. - No. 6. - Pp. 156-160.
5. Ivanyo Ya.M. On one model of optimizing the production of agricultural products in favorable and unfavorable external conditions /M.N. Barsukova, Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova // Information and mathematical technologies in science and management, 2020. - No. 3 (19). - Pp. 73-85.
6. Ivanyo Ya.M. On one algorithm for selecting anomalous levels of a time series for risk assessment /Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova //Actual issues of agrarian science. - 2022. - No. 42. - Pp. 48-57.
7. Ivanyo Ya.M. Economic and mathematical models of agricultural production in the region with interval natural and production-environmental parameters / Ya.M. Ivanyo, E.A. Khogoeva //News of the Irkutsk State Economic Academy. - 2013. - No. 6. - Pp. 138-143.
8. Ivanyo, Ya. M. Agrolandscape areas, risks and optimization models for obtaining food products / Ya. M. Ivanyo, S. A. Petrova, N. I. Fedurina // Information and mathematical technologies in science and management: theses of XXVII Baikalskaya All-Russian conference with international participation, Irkutsk, June 29 - 08, 2022. - Irkutsk: ISEM SB RAS, 2022. - P. 15.
9. Kravets A.G. Predictive modeling of technological development trends /A.G. Kravets, N.A. Salnikova //News of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University). - 2020. - No. 55 (81). - Pp. 103-108.
10. Nesterenko E.A. A new look at the problems of economic forecasting under uncertainty // E.A. Nesterenko, M.V. Kiselev // Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University. - 2019. - No. 3 (77). - Pp. 164-167.
11. Rodnina N.V. Methodological features of forecasting the regional agro-industrial complex at the present stage: problems, solutions /N.V. Rodnina //APK: economics, management. - 2021. - No. 10. - Pp. 72-79.
12. The system of agriculture in the Irkutsk region: At 2 part. Monograph / edited by Ya. M. Ivanyo, N.N. Dmitriev. - Irkutsk Megaprint, 2019. - Part 1. – 319 p.
13. The system of agriculture in the Irkutsk region: At 2 part. Monograph / edited by Ya. M. Ivanyo, N.N. Dmitriev. - Irkutsk: Megaprint, 2019. - Part 2. - 321 p.
14. Sotnikov A.I. Time series analysis using big data algorithms /A.A. Sotnikov //Information and technological bulletin. - 2021. - No. 1 (27). - Pp. 118-124.
15. Yudin D.B. Mathematical methods of control in conditions of incomplete information: Problems and methods of stochastic programming. - M.: Lenand, 2017. - 400 p.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и

прикладной информатики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Цыренжапова Валентина Вячеславовна – аспирант кафедры информатики и математического моделирования, институт экономики, управления и прикладной информатики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 8(950)1411589, e-mail: tsyrenzhapova_v@mail.ru).

Information about authors

Ivanyo Yaroslav M. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Informatics and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.

Tsyrenzhapova Valentina V. – PhD-student of the Department of Informatics and Mathematical Modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(950)1411589, e-mail: tsyrenzhapova_v@mail.ru).

УДК 519.6:311

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

^{1,2}Ю.М. Краковский, ²В.О. Беляков

¹ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения
Иркутск, Россия

²ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Создано математическое и программное обеспечение для вычисления показателей надёжности многокомпонентного оборудования, основанное на методе Монте-Карло. В качестве вероятностной модели для наработки компонент оборудования выбрано трёхпараметрического треугольного распределения, значения параметров которых определяют эксперты. Учитывая неопределённость условий при эксплуатации оборудования, среднее значение наработки компонент считается случайной величиной. В качестве вероятностной модели для этого значения рекомендовано бета-распределение. В качестве показателей надёжности выбраны: вероятность безотказной работы; средняя наработка на отказ; гамма-процентный ресурс. Программное обеспечение создано в среде *Visual Studio 2019* с использованием языка программирования *C#*. Показано: 1) численные средние значения наработок на отказ для всех четырёх вариантов попадают в доверительные интервалы, что подтверждает достоверность расчётов; 2) численные средние значения наработок на отказ оборудования меньше, чем минимальное значение математического ожидания его компонент. Это связано с выбранной технологией обслуживания и ремонта оборудования и его структурой; 3) с увеличением числа компонент численное среднее значение наработки на отказ оборудования и его численный гамма-процентный ресурс уменьшаются.

Ключевые слова: Показатели надёжности, многокомпонентное оборудование, метод Монте-Карло.

CALCULATION OF EQUIPMENT RELIABILITY INDICATORS

BY THE MONTE CARLO METHOD WITH UNCERTAINTY OF THE INITIAL DATA

^{1,2}Y.M. Krakovsky, ²V.O. Belyakov

¹FSBEI HE Irkutsk state transport university

Irkutsk, Russia

² FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Mathematical and software for calculating reliability indicators of multicomponent equipment based on the Monte Carlo method has been created. As a probabilistic model for the operating time of equipment components, a three-parameter triangular distribution was chosen, the parameter values of which are determined by experts. Taking into account the uncertainty of the conditions during the operation of the equipment, the average value of the operating time of the components is considered to be a random variable. The beta distribution is recommended as a probabilistic model for this value. The following are selected as reliability indicators: the probability of failure-free operation; mean time to failure; gamma percentage resource. The software was created in the *Visual Studio 2019* environment using the C# programming language. It is shown: 1) the numerical average values of the operating time between failures for all four options fall within the confidence intervals, which confirm the reliability of the calculations; 2) the numerical mean values of the operating time between failures of the equipment are less than the minimum value of the mathematical expectation of its components. This is due to the chosen technology for maintenance and repair of equipment and its structure; 3) with an increase in the number of components, the numerical mean value of the time between failures of the equipment and its numerical gamma-percentage resource decrease.

Key words: Reliability indicators, multicomponent equipment, Monte Carlo method.

Оборудование в процессе его эксплуатации подвержено случайным и неслучайным воздействиям, что вызывает появление различных отказов. Развитие автоматизированных технологий привело к созданию различных методов и средств для надёжного функционирования оборудования, что обеспечивается технической диагностикой и теорией надёжности [2, 5, 6, 8]. Дополнительно совершенствуются и развиваются технологии обслуживания и ремонта оборудования, основанные на методах надёжности [1, 7, 8]. В связи с этим, улучшение методов расчёта показателей надёжности оборудования различного назначения, является актуальной задачей.

Данная работа является развитием работ [3, 4], в которых предложено наработку оборудования как случайной величины на примере рельсовых скреплений описывать треугольным распределением, параметры которого определяют эксперты. В данном исследовании рассматривается многокомпонентное оборудование, содержащее I компонент.

Наработку компонент обозначим y_i , $i = \overline{1, I}$, где i – номер компоненты. Предполагается, что эксперты для каждой компоненты задают диапазон изменения наработки (a_i, b_i) и её среднее значение (\bar{y}_i) , усл. ед. Постулируется, что эти наработки имеют трёхпараметрическое треугольное распределение. Третий параметр c_i для каждой компоненты находится по формуле [3]

$$c_i = 3 \cdot \bar{y}_i - (a_i + b_i). \quad (1)$$

В этих обозначениях функция распределения наработки для трёхпараметрического треугольного распределения имеет вид

$$F(y_i) = \begin{cases} 0, & y_i \leq a_i \\ \frac{(y_i - a_i)^2}{(b_i - a_i)(c_i - a_i)}, & a_i < y_i \leq c_i \\ 1 - \frac{(b_i - y_i)^2}{(b_i - a_i)(b_i - c_i)}, & c_i < y_i \leq b_i \\ 1, & y_i > b_i \end{cases}. \quad (2)$$

В данном исследовании, учитывая неопределённость условий при эксплуатации оборудования, не все исходные данные определяются до чисел. Средние значения наработок компонент считаются случайными величинами на интервале (m_{i1}, m_{i2}) . В качестве вероятностной модели для этих значений рекомендовано бета-распределение $B(\alpha, \beta)$ с параметрами $\alpha > 0, \beta > 0$.

Предложено рассмотреть два варианта значений этих параметров:

1) $\alpha = \beta = 1$, тогда средняя наработка \bar{y}_i при моделировании находится по формуле

$$\bar{y}_i = m_{i1} + (m_{i2} - m_{i1}) \cdot r. \quad (3)$$

Здесь r – значение случайной величины, распределённой на интервале $(0,1)$;

2) $\alpha = \beta = 4$, тогда моделирование средней наработки \bar{y}_i осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются две величины:

$$l_{i1} = r_1^{1/\alpha}, \quad l_{i2} = r_2^{1/\beta}; \quad (4)$$

на втором этапе проверяется условие: $(l_{i1} + l_{i2}) < 1$. Если оно не выполняется, то переходим к этапу один (4), иначе вычисляем значение средней наработки

$$\bar{y}_i = m_{i1} + (m_{i2} - m_{i1}) \cdot l_{i1} / (l_{i1} + l_{i2}). \quad (5)$$

Учитывая, что наработки компонент оборудования имеют треугольное распределение (2), моделирование их значений при методе Монте-Карло будем проводить по формуле [3]

$$y_i = \begin{cases} a_i + \sqrt{r(b_i - a_i)(c_i - a_i)}, & 0 < r \leq \frac{c_i - a_i}{b_i - a_i}; a_i < y_i \leq c_i \\ b_i - \sqrt{(1-r)(b_i - a_i)(b_i - c_i)}, & \frac{c_i - a_i}{b_i - a_i} < r < 1; c_i < y_i < b_i \end{cases}. \quad (6)$$

В соответствии с особенностями технического обслуживания и ремонта оборудования рассмотрим случай, когда при отказе любой компоненты происходит восстановление всех компонент до исходного состояния, временем восстановления можно пренебречь. В этом случае наработка многокомпонентного оборудования определяется по формуле

$$x = \min(y_i, i = \overline{1, I}). \quad (7)$$

В качестве показателей надёжности в данной работе выбраны: а) вероятность безотказной работы; б) средняя наработка на отказ; в) гамма-процентный ресурс. Для исследования этих показателей методом Монте-

Карло создана программа в среде *Visual Studio 2019* с использованием языка программирования *C#* [9]. Схема моделирования следующая.

1. Вводятся исходные данные. Для апробации выбрано шестикомпонентное оборудование с исходными данными, приведёнными в таблице 1; \tilde{y}_i – математическое ожидание средней наработки i -ой компоненты как случайной величины; (y_{ni}, y_{vi}) – доверительный интервал для \tilde{y}_i . Так как все значения \tilde{y}_i попали в свои доверительные интервалы, то качество моделирования исходных данных хорошее.

2. Создается выборка объёма n по наработкам многокомпонентного оборудования. Для этого:

2.1. Исходя из варианта значений параметров бета-распределения, для каждой компоненты определяем значения средних наработок: формулы (3) или (5) с учётом (4);

2.2. По формуле (1) для каждой компоненты определяем параметр c_i ;

2.3. По формуле (6) для каждой компоненты определяем наработку y_i ;

2.4. По формуле (7) определяем наработку многокомпонентного оборудования.

3. Используя полученные выборочные значения и числовые модели показателей надёжности [3, 4], определяем их значения.

Таблица 1 – Исходные данные

i	a_i	b_i	m_{i1}	m_{i2}	\tilde{y}_i	y_{ni}	y_{vi}
1	0,0	10,0	4,0	6,0	5,0	4,955	5,036
2	2,0	14,0	7,0	9,5	8,25	8,207	8,305
3	0,0	12,0	5,0	7,5	6,25	6,177	6,275
4	1,0	15,0	6,5	9,5	8,0	7,961	8,075
5	1,0	12,0	5,5	7,5	6,5	6,481	6,571
6	0,0	14,0	5,5	8,5	7,0	7,001	7,115

В таблице 2 приведены четыре варианта результатов моделирования, объём выборочных значений (7) равен 10000. Чтобы оценить влияние числа компонент, рассмотрено два случая, когда оборудование состоит из первых четырёх компонент или оборудование состоит из всех шести компонент: \bar{x}_r – численная средняя наработка оборудования на отказ, усл. ед.; $x_r(\gamma)$ – численный гамма-процентный ресурс, усл. ед.; \tilde{x} – оценка средней наработки оборудования на отказ, полученная по выборочным значениям, усл. ед.; (x_n, x_6) – доверительный интервал средней наработки, усл. ед.

Таблица 2 – Результаты моделирования

I	$\alpha = \beta$	\bar{x}_r	$x_r(\gamma)$	\tilde{x}	x_n	x_6
4	1	3,797	1,661	3,796	3,763	3,829
6	1	3,197	1,395	3,198	3,169	3,225
4	4	3,854	1,692	3,853	3,821	3,886

6	4	3,324	1,433	3,323	3,295	3,352
---	---	-------	-------	-------	-------	-------

По полученным результатам можно сделать такие выводы: 1) численные средние значения наработок оборудования на отказ для всех четырёх вариантов попадают в доверительные интервалы, что подтверждает достоверность расчётов; 2) численные средние значения наработок на отказ меньше, чем минимальное значение математического ожидания его компонент (таблица 1). Это связано с выбранной технологией обслуживания и ремонта оборудования и его структурой; 3) с увеличением числа компонент численное среднее значение наработки оборудования на отказ и его численный гамма-процентный ресурс уменьшаются; 4) значения параметров вероятностной модели для среднего значения компонент не существенно влияют на значения рассмотренных показателей надёжности.

Список литературы

1. Калитенков, Н.В. Надёжность и диагностика транспортного радиооборудования и средств автоматики. / Н.В. Калитенков, В.С. Солодов. – М. : МОРКНИГА, 2012. – 521 с.
2. Ковалевский, В.М. Диагностика и надёжность транспортных технических систем / В.М. Ковалевский, Б.В. Туробов, И.Б. Артемьев // Контроль. Диагностика. – 2015. – № 7. – С. 33 - 36.
3. Краковский, Ю.М. Оценка надёжности рельсовых креплений на основе экспертной информации с использованием метода Монте - Карло / Ю.М. Краковский, В.О. Беляков, В.А. Начигин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 1 (73). – С. 163 - 169. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.1(73).163 - 169.
4. Краковский, Ю.М. Моделирование перевозочного процесса железнодорожным транспортом: анализ, прогнозирование, риски / Ю.М. Краковский, С.К. Каргапольцев, В.А. Начигин; под ред. проф. Ю.М. Краковского. – СПб. : «ЛИТЕО», 2018. – 240 с.
5. Крестин, Е.А. Диагностика машин и оборудования. / Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. – СПб. : Лань, 2016. – 376 с.
6. Малафеев, С.И. Надёжность электроснабжения. / С.И. Малафеев. – СПб. : «Лань», 2018. – 368 с.
7. Носов, В.В. Диагностика машин и оборудования. / В.В. Носов. – СПб. : «Лань», 2017. – 376 с.
8. Солодов, В.С. Надёжность радиоэлектронного оборудования и средств автоматики / В.С. Солодов, Н.В. Калитенков. – Санкт - Петербург : Лань, 2018. – 220 с.
9. Троелсен, Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа NET 4.5 / Э. Троелсен. Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1312 с.
10. Шишмарев, В.Ю. Диагностика и надёжность автоматизированных систем / В.Ю. Шишмарев. – М. : Academia, 2013. – 352 с.

References

1. Kalitenkov, N.V. Reliability and diagnostics of transport radio equipment and automation equipment. / N.V. Kalitenkov, V.S. Solodov. - M. : MORKNIGA, 2012. - 521 p.
2. Kovalevsky, V.M. Diagnostics and reliability of transport technical systems / V.M. Kovalevsky, B.V. Turobov, I.B. Artemiev // Control. Diagnostics. - 2015. - No. 7. – P. 33 - 36.
3. Krakovsky, Y.M. Reliability assessment of rail fasteners based on expert information using the Monte Carlo method / Y.M. Krakovsky, V.O. Belyakov, V.A. Nachigin // Modern technologies. System analysis. Modeling. - 2022. - No. 1 (73). - P. 163-169. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.1(73).163 - 169.

4. Krakovsky, Y.M. Modeling of the transportation process by rail: analysis, forecasting, risks / Y.M. Krakovsky, S.K. Kargapoltsev, V.A. Nachigin; edited by prof. Y.M. Krakovsky. - St. Petersburg: «LITEO», 2018. - 240 p.

5. Krestin, E. A. Diagnostics of machines and equipment. / E.A. Krestin, I.E. Krestin. - St. Petersburg : Lan, 2016. - 376 p.

6. Malafeev, S.I. Reliability of power supply. / S.I. Malafeev. - St. Petersburg : «Lan», 2018. - 368 p.

7. Nosov, V.V. Diagnostics of machines and equipment. / V.V. Nosov. - St. Petersburg : «Lan», 2017. - 376 p.

8. Solodov, V.S. Reliability of radio - electronic equipment and means of automation / V.S. Solodov, N.V. Kalitenkov - St. Petersburg : Lan, 2018. - 220 p.

9. Troelsen, E. Programming language C# 5.0 and platform NET 4.5 / E. Troelson. Tr. from eng. - М. : LLC «I.D. Williams», 2013. - 1312 p.

10. Shishmarev, V.Y. Diagnostics and reliability of automated systems / V.Y. Shishmarev. - М. : Academia, 2013. - 352 p.

Сведения об авторах

Краковский Юрий Мечеславович – доктор технических наук, профессор Иркутского государственного университета путей сообщения, профессор Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р - он, пос. Молодёжный, тел. +79149267772. e-mail: 79149267772@yandex.ru).

Беляков Вячеслав Олегович – аспирант кафедры информатика и математическое моделирование Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, г. Иркутск, пос. Молодёжный, тел. +7 9148791195. e-mail: surelok1@yandex.ru).

Information about authors

Krakovsky Yuri M. – doctor of technical sciences, professor of Irkutsk state transport university, professor of Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Irkutsk sau, Molodezhnyi settlement, Irkutsk region, 664038, Russia, ph.: +7 9149267772. e-mail: 79149267772@yandex.ru).

Belyakov Vyacheslav O. – PhD student of the department of computer science and mathematical modeling of Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk, Molodezhnyi settlement, ph.: +7 9148791195. e-mail: surelok1@yandex.ru).

УДК 62-192

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ СПОСОБОВ АНАЛИЗА РАБОТЫ АГРЕГАТОВ И 3D-АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК

С.С. Ус, А.Н. Щитков, Е.Е. Кузнецов

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
Благовещенск, Россия

Применение перспективных цифровых способов анализа работы агрегатов, удешевление и упрощение ремонта технических систем является важной частью совершенствования объектов агропромышленного комплекса.

На современном этапе развития техники и технологий актуальным является исследование возможностей применения современных цифровых средств и приборов, способ-

ных на достаточном уровне достоверности при минимальном времени проведения исследований провести безразборную диагностику или фиксацию рабочих параметров систем и элементов сложных восстанавливаемых объектов, используемых в сельском хозяйстве [1]. Так же актуальным является рассмотрение методов удешевления совершенствования объектов агропромышленного комплекса, в частности и за счёт использования 3D-технологий и аддитивного метода производства запасных частей или элементов.

На данный момент аддитивные технологии в агропромышленном комплексе России практически не применяются на том технологическом уровне, на каком могли бы быть использованы. Учитывая, что их применение способно значительно удешевить и ускорить все виды ремонта, а также значимо облегчить модернизацию материально-технической базы предприятий.

В предлагаемой статье рассматривается применение методов цифровой инклинометрии и внедрение 3D-аддитивных технологий для удешевления и упрощения ремонта и анализа работы полезных моделей и прототипов в агропромышленном комплексе за счёт использования 3D-печати и проектирования.

Ключевые слова: 3D-аддитивные технологии, цифровой инклинометр, прототипирование, модернизация, эффективность.

APPLICATION OF PROMISING DIGITAL METHODS FOR ANALYZING THE OPERATION OF UNITS AND 3D-ADDITIVE TECHNOLOGIES IN AIC

S.S. Us, A.N. Shchitkov, E.E. Kuznetsov

FSBEI HE Far Eastern SAU
Blagoveshchensk, Russia

The use of promising digital methods for analyzing the operation of units, reducing the cost and simplification of the repair of technical systems is an important part of improving the objects of the agro-industrial complex.

At the present stage of development of engineering and technology, it is relevant to study the possibilities of using modern digital tools and devices, capable of carrying out in-place diagnostics or fixing the operating parameters of systems and elements of complex recoverable objects used in agriculture at a sufficient level of reliability with a minimum research time. Also relevant is the consideration of methods to reduce the cost of improving the objects of the agro-industrial complex, in particular through the use of 3D technologies and an additive method for the production of spare parts or elements.

At the moment, additive technologies in the agro-industrial complex of Russia are practically not used at the technological level at which they could be used. Given that their use can significantly reduce the cost and speed up all types of repairs, as well as significantly facilitate the modernization of the material and technical base of enterprises.

The proposed article discusses the use of digital inclinometry methods and the introduction of 3D additive technologies to reduce the cost and simplify the repair and analysis of utility models and prototypes in the agro-industrial complex through the use of 3D printing and design.

Key words: 3D additive technologies, digital inclinometer, prototyping, modernization, efficiency.

Несмотря на достаточно большой спектр известных в действующих отраслях техники и применяемых в промышленности способов обнаружения возможных отказов и неисправностей, к основным из которых относятся:

- органолептический (аудиовизуальный);

- с помощью встроенных в исследуемый объект средств контроля и выявления поломок и неисправностей;
- с использованием внешних штатных средств контроля и диагностирования технического состояния объекта [2, 3, 4, 5, 8].

По прежнему актуальным является исследование возможностей применения современных цифровых средств и приборов, способных на достаточном уровне достоверности при минимальном времени проведения исследований провести безразборную диагностику или фиксацию рабочих параметров систем и элементов такого сложного восстанавливаемого объекта, каким является технологический комплекс, используемый в сельском хозяйстве, при нахождении его как в стационарных условиях производственно-диагностического корпуса, так и в движении, когда наиболее явственно проявляются факториальные зависимости климатических факторов, условий поверхности движения, технологических параметров, тяговых и массогабаритных характеристик звеньев, входящих в состав автопоезда (машинно-тракторного или тракторно-транспортного агрегата) [6, 7].

Учитывая, что в ходе движения возникает необходимость фиксации одномоментно нескольких параметров движения, наиболее перспективным прибором для выполнения обозначенной выше задачи был определён цифровой инклинометр – прибор для измерения угла наклона объектов относительно гравитационного поля планеты, с возможностью записи параметров по беспроводной связи при помощи *Bluetooth*, представленный на рисунке 1, который показал высокую степень эффективности при проведении экспериментальных исследований по безразборной диагностике автомобиля.

Анализируя полученные данные о выгоде безразборной диагностики при помощи инклинометрического комплекса, оптимальным решением для ремонта выявленных неисправностей сельскохозяйственной техники, можно предложить изготовление запасных частей агрегатов при помощи аддитивных технологий.

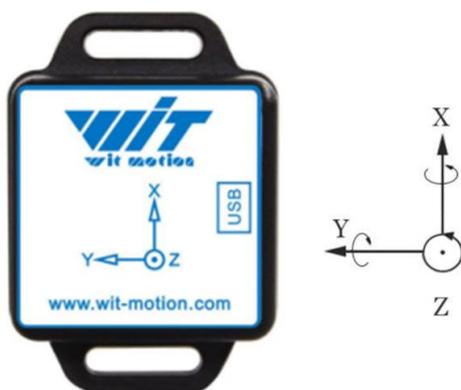


Рисунок 1 – Цифровой инклинометр с указанием осей вращения

Аддитивные технологии (англ. *Additive Manufacturing*, *AM*, от *add* – добавлять) – обобщённый термин, описывающий процесс изготовления изделия на основе *CAD*-модели путём послойного добавления материала. Создание (или, иначе говоря, выращивание) детали происходит за счёт последова-

тельного формирования слоёв материала, их фиксации или отверждения и соединения между собой.

Автомобилестроение – одна из первых отраслей, где 3D-технологии нашли коммерческое применение: ещё в 1988 год концерн *Ford* начал использовать 3D-принтеры для печати отдельных элементов прототипов.

Сегодня этот сектор экономики по максимуму использует достижения аддитивных технологий и 3D-сканирования. Трёхмерная печать является идеальным способом создания прототипов, функциональных деталей и узлов, а также оснастки и пресс-форм. Она позволяет сэкономить время и деньги на стадиях разработки продукта и литья, обеспечивая изготовление геометрически сложных деталей с высокой детализацией. 3D-сканеры и специализированное программное обеспечение на новом уровне решают задачи контроля геометрии и реверс-инжиниринга, сокращая сроки производства автомобилей, способствуя повышению качества продукции и уменьшению процента брака.

Однако стоит отметить, что применение аддитивных технологий в агропромышленном комплексе России применяется в малых масштабах, а учитывая все плюсы данной технологии – это может стать новым прорывом в изготовлении запчастей и элементов конструкций. Так же это может способствовать изготовлению запасных частей отсутствующих на данный момент в Российской Федерации по причине всевозможных санкций.

Всё вышеперечисленное приводит нас к тому, что на современном этапе развития технологий мы имеем возможность удешевить безразборную диагностику объектов агропромышленного комплекса, а также удешевить производство запасных частей особенно учитывая уход с Российского рынка зарубежных импортёров.

Стоимость 3D-принтеров, которые на данный момент доступны на рынке начинается от 12 тыс. рублей. А расчётный срок окупаемости внедрения принтера может составлять одну рабочую неделю, в зависимости от масштабов предприятия [9].

В качестве особенности 3D-печати также хочется отметить возможность с помощью 3D-принтера изготовить запчасти для самого принтера или же новый принтер.

Разнообразие моделей позволяет создавать изделия из самых разных по характеристикам пластиков:

- *PLA* (полилактид) – биоразлагаемый пластик, в основе которого находится молочная кислота (рисунок 2);
- *ABS* (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочный пластик, очень популярен в промышленности и 3D-печати;
- *HIPS* (ударопрочный полистирол);
- *PVA* (поливиниловый спирт);
- *PETG* (полиэтилентерефталат);
- *SBS* (стиролбутадиен – стирол) – основное его преимущество в его прозрачности;
- Нейлон (полиамид);

Секция 5. Информационные технологии в агробизнесе

- *Wax (MOLDLAY)* (литьевой воск) – используется для изготовления выжигаемых моделей для литья;

- *PEEK* (полиэфирэфиркетон) – современный полукристаллический материал, обеспечивает уникальную комбинацию механической, химической и тепловой стойкости, тугоплавкость;

- *FLEX (TPU, TPE, TPC)* – мягкие пластики.

Так же на рынке присутствует огромное количество пластиков с различными добавками или присадками в составе:

- *Magnetic* (Магнитный) – в основе данного пластика всё те же *PLA* или *ABS*, только на этот раз в качестве присадки используется ферромагнетик;

- *Carbon Fiber* (с углеродным волокном) – инженерный пластик, рассчитанный на высокие нагрузки [10].

Такой объём общедоступных материалов позволяет изготавливать для сельхозтехники:

- Втулки;
- Шестерни;
- Ролики;
- Шкивы;
- Подшипники скольжения;
- Педали;
- Уплотнительные элементы;

и многое другое.

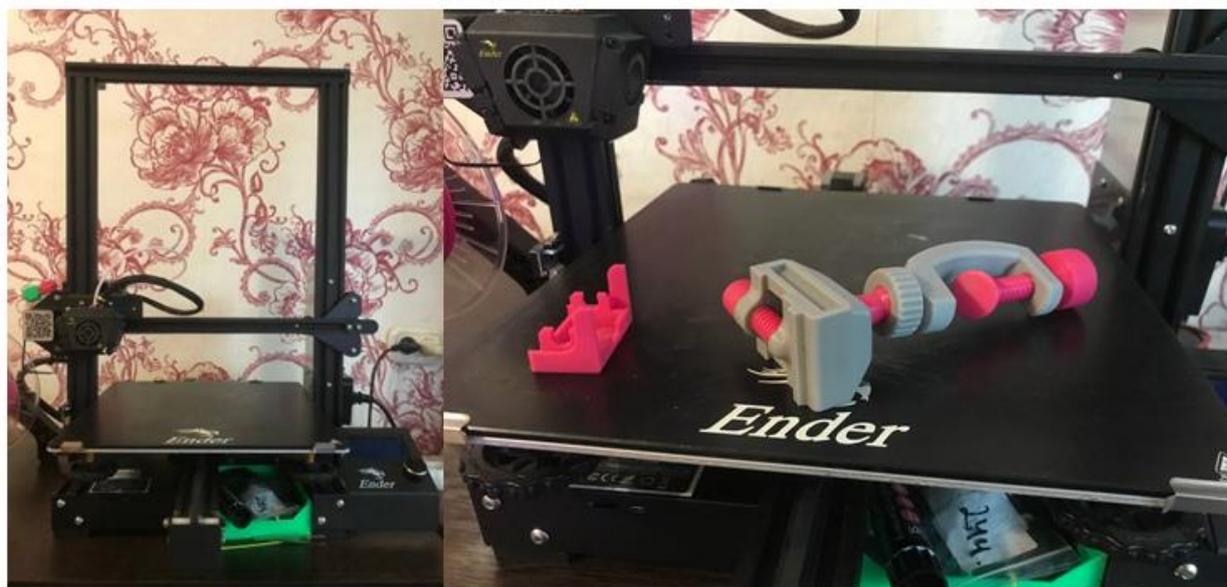


Рисунок 2 – 3D-принтер – *Creality Ender-3 Max*, оборудование изготовленное из *PLA* пластика

Говоря об аддитивных методах изготовления запасных частей и комплектующих для узлов и агрегатов, не стоит обходить стороной порошковую 3D-печать. Самые распространённые порошковые технологии: *SLS* – выборочное лазерное спекание; *SLM* – лазерное сплавление частиц; *DMLS* – прямое лазерное спекание; технология *CJP (3DP)* послойного изготовления из гипсового композита. По технологии выборочного спекания работают с ме-

таллами, полиамидами и пластиковыми порошками. Сплавление и прямое лазерное спекание – для работы с металлическими порошками.

Достоинства порошковой технологии печати:

- отсутствует необходимость в материале поддержки;
- процесс изготовления изделия происходит быстрее, ввиду отсутствия необходимости полного расплавления частиц;
- есть возможность одновременного производства нескольких изделий;
- есть возможность изготовления изделий больших размеров;
- высокие показатели механических свойств изделий;
- посильность любых категории сложности геометрии изделий;
- высокая точность воссоздания копий;
- высокие прочностные характеристики [11].

Применение аддитивных технологий в АПК не ограничивается изготовлением запчастей и ремонтом сельскохозяйственной техники. В России на данный момент активно развивается строительство зданий при помощи 3D-печати (рисунок 3).



Рисунок 3 – Строительный 3D-принтер

Такая технология может позволить возводить производственные корпуса буквально за несколько дней, при этом стоимость такой постройки не сильно отличается от альтернативных методов.

Выводы. На основании проведённых теоретических и практических исследований установлено, что использование предлагаемого метода выявления неисправностей с применением инклинометрического комплекса и ремонта с помощью аддитивных методов объектов АПК, позволяет уменьшить стоимость не только диагностики, но и ремонта сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. Курносков, А.Ф. Импульсно - силовой способ оценки технического состояния цилиндра - поршневой группы двигателя внутреннего сгорания / А.Ф. Курносков, Ю.А. Гуськов // АгроЭкоИнфо. - 2020. № 3.

2. Ус, С.С. Высокоточная цифровая инклинометрическая диагностика ходовой части легкового автомобиля / С.С. Ус, М.В. Черноус // Молодёжь XXI века: шаг в будущее : материалы XXII региональной научно - практической конференции (20 мая 2021 года) – Благовещенск : Изд - во БГПУ, 2021. – С. 827 - 828.

3. Ус, С.С. Дисперсионно - статистический анализ опорных реакций экспериментального транспортного агрегата / С.С. Ус, А.Н. Щитков // Молодёжь XXI века : шаг в будущее: Материалы XXI региональной научно - практической конференции, том 4 (Благовещенск, 20 мая 2020 г.). – Благовещенск : Изд. ДальГАУ - 2020. - С. 170 - 171.

4. Ус, С.С. Применение прикладного программирования при решении задач экономико - математического обоснования и моделирования технических средств и процессов технологического обеспечения сельскохозяйственного производства / С.С. Ус, А.Н. Щитков // Молодёжь XXI века: шаг в будущее : Материалы XXI региональной научно - практической конференции, том 4 (Благовещенск, 20 мая 2020 г.). – Благовещенск: Изд. ДальГАУ. - 2020. - С. 178 - 179.

5. Ус, С.С. Применение цифровой инклинометрии для диагностики системы зажигания двигателя / С.С. Ус, М.В. Черноус // Молодёжь XXI века: шаг в будущее: материалы XXII региональной научно - практической конференции (20 мая 2021 года) – Благовещенск: Изд - во БГПУ, - 2021. – С. 827 - 828.

6. Ус, С.С. Применение цифровой инклинометрии при технической диагностике опор двигателя / С.С. Ус, Е.Е.Кузнецов // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона» материалы Всероссийской (национальной) научно - практической конференции, посвящённой Дню Российской науки, Улан - Удэ, 04 - 10 февраля, 2021. - Изд. Бурятская сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (Улан - Удэ). - 2021. - С. 117 - 120 https://elibrary.ru/download/elibrary_45753472_52761208.pdf.

7. Ус, С.С. Применение цифровых методов фиксации данных для безразборной диагностики транспортно - технологических машин и комплексов в АПК / С.С. Ус, Е.Е. Кузнецов // 83 - я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения ISSN 2411 – 1899. Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия / Сборник научных работ 83 - й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, январь 2022). - № 1 (83). – Москва: ЕНО, 2022. - С. 175 - 177. <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2022/02/esa-january-2022-part2.pdf>.

8. Щитов, С.В. Определение силовых параметров при работе тросового корректора машинно - тракторного агрегата (Программа для ЭВМ) / С.В. Щитов, Е.С. Поликутина, А.И. Гончарук, О.А. Кузнецова, А.Е. Слепенков, А.Н. Щитков, С.С. Ус // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615367 Заявка № 2020611833 от 20.02.2020, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21.05.2020.

9. Электронный источник: <https://3dradar.ru>.

10. Электронный источник: <https://top3dshop.ru>.

11. Электронный источник: <https://3dlbl.ru/stati/>.

References

1. Kurnosov, A.F. Pulse - power method for assessing the technical condition of the cylinder - piston group of an internal combustion engine / A.F. Kurnosov, Yu.A. Guskov // AgroEcoInfo. - 2020. No. 3.

2. Us, S.S. High - precision digital inclinometric diagnostics of the undercarriage of a passenger car / S.S. Us, M.V. Chernous - 2021. - S.827 - 828.

3. Us, S.S. .Dispersive statistical analysis of the support reactions of an experimental transport unit / S.S. Us, A.N. Shchitkov // Youth of the XXI century: a step into the future : Ma-

materials of the XXI regional scientific and practical conference, volume 4 (Blagoveshchensk, May 20, 2020). : Ed. DalGAU - 2020. - P. 170 - 171.

4. Us, S.S., The use of applied programming in solving problems of economic mathematical justification and modeling of technical means and processes of technological support of agricultural production / S.S. Us, A.N. Shchitkov). – Blagoveshchensk : DalGAU Publishing House. - 2020. - P. 178 - 179.

5. Us, S.S. The use of digital inclinometry for diagnosing the engine ignition system / S.S. Us, M.V. Chernous // - 2021. - S. 827 - 828.

6. Us, S.S. The use of digital inclinometry in the technical diagnostics of engine mounts / S.S. Us, E.E. Kuznetsov // Actual issues of development of the agricultural sector of the economy of the Baikal region” materials of the All - Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science, Ulan - Ude, February 04 - 10, 2021. - Ed. Buryat agricultural academy named after V.R. Filippov (Ulan - Ude). - 2021. - P. 117 - 120. https://elibrary.en/download/elibrary_45753472_52761208.pdf.

7. Us, S.S. Application of digital data recording methods for in-place diagnostics of transport - technological machines and complexes in the agro - industrial complex / S.S. Us, E.E. Kuznetsov // 83 rd International scientific conference of the Eurasian scientific association ISSN 2411 - 1899 Priorities of world science: experiment and scientific discussion / Collection of scientific papers of the 83 rd international scientific conference of the Eurasian scientific association (Moscow, January 2022). - No. 1 (83). – Moscow : ENO, 2022. - p. 175 - 177. <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2022/02/esa-january-2022-part2.pdf>.

8. Shields, S.V. Determination of power parameters during the operation of the cable corrector of the machine - tractor unit (Computer program) / S.V. Shields, E.S. Polikutina, A.I. Goncharuk, O.A. Kuznetsova, A.E. Slepnev, A.N. Shchitkov, S.S. Us // Certificate of state registration of the computer program No. 2020615367 Application No. 2020611833 dated 02/20/2020, Registered in the Register of computer programs on 05/21/2020.

9. Electronic source: <https://3dradar.ru>.

10. Electronic source: <https://top3dshop.ru>.

11. Electronic source: <https://3dlbl.ru/stati/>.

Сведения об авторах

Ус Семён Сергеевич – магистрант, Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86). SPIN-код 9320-7774, AuthorID: 1073468, тел. +79145917444, e-mail: magusus@mail.ru.

Щитков Артём Николаевич – магистрант, Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86) SPIN-код: 7169-1686, AuthorID: 1071029, тел. +79143889755, e-mail: artemka.28.rus@gmail.com.

Кузнецов Евгений Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, доцент кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов. Дальневосточный государственный аграрный университет (675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86). Scopus ID 57196088562, ORCID 0000-0003-0725-4444, SPIN-код 6082, AuthorID: 772631, тел. +79619523270, e-mail: ji.tor@mail.ru.

Information about the authors

Us Semyon S. – master, student. Far Eastern state agrarian university (675005, Far Eastern federal district, Amur region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya st. 86). SPIN code 9320-7774, AuthorID: 1073468, tel. +79145917444, e-mail: magusus@mail.ru.

Секция 5. Информационные технологии в агробизнесе

Shchitkov Artyom N. – master, student. Far Eastern state agrarian university (675005, Far Eastern federal district, Amur region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya st. 86) SPIN-code: 7169-1686, AuthorID: 1071029, tel. +79143889755, e-mail: artemka.28.rus@gmail.com.

Kuznetsov Evgeny E. – doctor of technical sciences, professor, associate professor of the department of operation and repair of transport and technological machines and complexes. Far Eastern state agrarian university (675005, Far Eastern federal district, Amur region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya st. 86). Scopus ID 57196088562, ORCID 0000-0003-0725-4444, SPIN 6082, AuthorID: 772631, tel. +79619523270, e-mail: ji.tor@mail.ru.

**ФОРМИРОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ
К ИННОВАЦИОННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
СТУДЕНТОВ В ХОДЕ ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА
«ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ»**

С.В. Алтухов, Т.А. Алтухова, Н.В. Степанов

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

Россия выбрала инновационный путь развития экономики, в основе которого лежат развитая теория инноваций, понимание закономерностей цикличности смены поколений и направлений техники и технологий, технологических укладов и способов производства, соответствующих им институциональных форм, умелое использование рыночного хозяйственного механизма. Этот путь реализуется за счёт инновационной деятельности – цикла работ от создания перспективного инновационного продукта до освоения его промышленного производства и реализации на рынке. В этих условиях одной из главных задач высшего образования является подготовка специалистов, способных к инновационной деятельности [5, 6].

Ключевые слова: Детали машин, учебные планы, учебные дисциплины, знания.

**FORMATION OF STUDENTS' ABILITIES
FOR INNOVATIVE ENGINEERING ACTIVITIES DURING
THE STUDY OF THE SUBJECT
"MACHINE PARTS AND DESIGN BASICS"**

S.V. Altukhov, T.A. Altukhova, N.V. Stepanov

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Russia has chosen an innovative way of economic development, which is based on a developed theory of innovation, an understanding of the patterns of cyclical change of generations and directions of technology and technology, technological structures and methods of production, their corresponding institutional forms, the skillful use of the market economic mechanism. This path is realized through innovative activity – a cycle of work from the creation of a promising innovative product to the development of its industrial production and sale on the market. In these conditions, one of the main tasks of higher education is to train specialists capable of innovation.

Key words: Details machine parts, curricula, academic disciplines, knowledge.

Содержание основного курса «Детали машин и основы конструирования» реализуется во всех формах учебных занятий (лекции, практические, лабораторные занятия, курсовое проектирование). Профессионально-направленное содержание курса определено, исходя из анализа межпредметных связей основного курса «Детали машин» и специальных дисциплин. Кроме того, анализ учебных планов и содержания учебных дисциплин позволяет установить связи между общетехническими, и специальными дисциплинами.

Цели обучения и содержание курса «Детали машин и основы конструирования» реализуются в учебном процессе в рамках процессуально-технологического компонента модели методической системы, который включает методы, формы и средства обучения. Принцип интеграции фундаментальных, профессионально-направленных и проектных знаний и умений реализуется в методах обучения. Так, наряду с информационно-иллюстративным и репродуктивным, применяются частично-поисковый, проблемный и исследовательский методы [1, 2, 3].

В рамках этого компонента рассмотрен основной курс «Детали машин и основы конструирования» как учебный предмет, формирующий у специалистов в области техники и технологий СИИД. Именно «Детали машин» содержит основы инженерных знаний и позволяет сформировать у студентов соответствующие им необходимые общие (ключевые), предметные и частично специальные компетенции, определяющие СИИД.

На рисунке 1 приведена обобщённая модель методической системы формирования СИИД.

Как учебный предмет «Детали машин и основы конструирования» представляет собой науку, изучающую теорию, расчёт и конструирование типичных деталей и узлов машин.

«Детали машин и основы конструирования» как наука изучает законы исследования машин, механизмов и механических систем, а также их расчёта, проектирования и создания. То есть наиболее полно отвечает требованиям инновационной инженерной деятельности (ИИД). Опираясь на знания естественно-научного цикла дисциплин, «Детали машин и основы конструирования» наша дисциплина является носителем фундаментальных знаний и ретранслятором их в специальные дисциплины. Выполненный анализ структуры общепрофессионального знания позволил формулировать конкретные требования к содержанию курса «Детали машин и основы конструирования», способствующего формированию СИИД [4]:

- содержание дисциплины «Детали машин и основы конструирования», в соответствии с поставленной целью, формируется и реализуется через структурные компоненты методической системы – целевой, содержательный, процессуальный и диагностический;

- содержание общетехнической подготовки, способствующей формированию у студентов СИИД, должно формироваться на основе интеграции основного курса «Детали машин и основы конструирования», сопутствующих формированию СИИД курсов и самостоятельной работы в условиях олимпиадной и научно-исследовательской среды;

- учебные дисциплины общетехнической подготовки должны рассматриваться в единстве содержательного и процессуального компонентов;

- в содержании основного курса «Детали машин и основы конструирования», как и в содержании других общетехнических дисциплин и сопутствующих дисциплин, фундаментальное научное и техническое знание должны быть представлены в единстве;

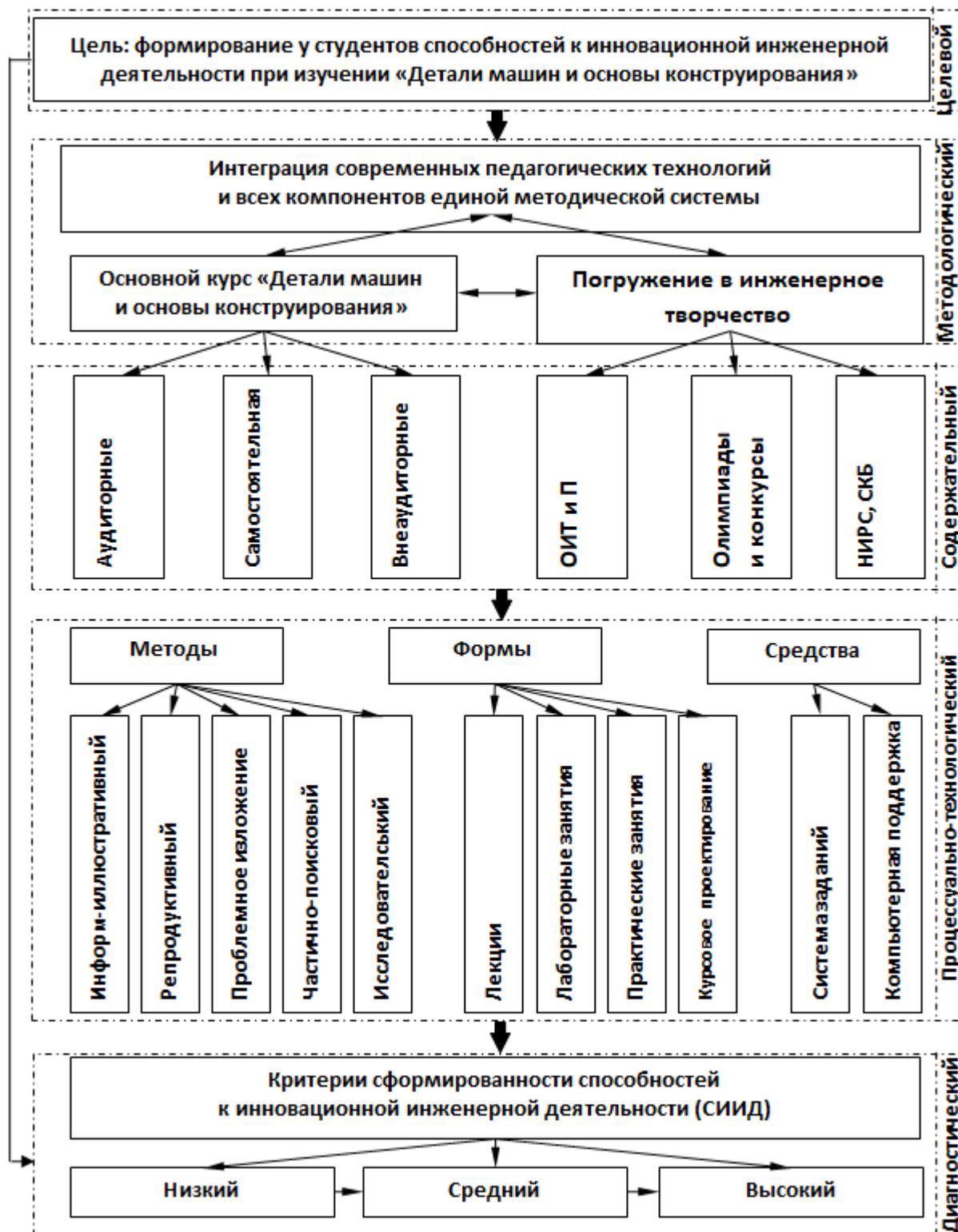


Рисунок 1 – Обобщённая модель методической системы формирования СИИД

- содержание курсов общетехнических дисциплин следует группировать вокруг фундаментальных физических и научно-технических теорий, что позволяет реализовать целостность профессионального образования;

- учебно-методический комплекс, направленный на формирование у студентов СИИД, должен включать наряду с традиционными структурными элементами (рабочие программы, учебно-методический материал лекций и

т.п.), систему информационно-компьютерной поддержки курса в виде электронных учебников, пакетов прикладных программ и других программных средств, позволяющую студентам самостоятельно получать знания и умения по основному курсу «Детали машин и основы конструирования» и осуществлять самоконтроль уровня усвоения материала.

Таким образом, в результате выполненных исследований разработана концепция методической системы формирования у студентов технических специальностей СИИД и её модель, включающая обучение общетехнической дисциплине «Детали машин и основы конструирования», а также обучение в олимпиадной и научно-исследовательской среде.

Список литературы

1. Алтухов, С.В. Трудоёмкость самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины Детали машин и основы конструирования с учётом использования ЭВМ / С.В. Алтухов // Система образования в аграрном вузе: проблемы и тенденции. Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 55 - летию образования аспирантуры в ИрГСХА. 2008. С. 203 - 205.

2. Алтухов, С.В. Использование прикладных компьютерных программ в учебном процессе по общеинженерным дисциплинам / С.В. Алтухов // Инновационные технологии в профессиональном образовании Иркутск, 08 - 09 декабря 2010 года. С. 14 - 17.

3. Алтухов С.В. Самостоятельная работа студентов при изучении общеинженерных дисциплин с использованием ЭВМ / Алтухов С.В. // Журнал Актуальные вопросы аграрной науки. № 3. 2012. С. 22 - 25.

4. Алтухов, С.В. Использование компьютерных программ в самостоятельной работе студентов при изучении предмета «Детали машин и основы конструирования» / С.В. Алтухов, Т.А. Алтухова // Наука и просвещение: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей II Международной научно - практической конференции. В 2 частях. Пенза, 2020. С. 190 - 193.

5. Наумкин, Н.И. Формирование способности к инновационной инженерной деятельности у студентов технических вузов [Текст] / Н.И. Наумкин, Г.И. Шабанов, Е.П. Грошева // Интеграция образования. – 2008. – № 3 (52). – С. 3 - 8.

6. Наумкин, Н.И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности: моногр. [Текст] / Н.И. Наумкин ; под ред. П.В. Сенина, Л.В. Масленниковой, Д.Я. Тамарчака ; Моск. пед. гос. ун - т. – Саранск : Изд - во Мордов. ун - та, 2008. – 172 с.

References

1. Altukhov, S.V. The complexity of independent work of students in the study of the discipline Machine parts and design basics, taking into account the use of computers / S.V. Altukhov // The system of education in an agrarian university: problems and trends. Proceedings of the international scientific - practical conference dedicated to the 55th anniversary of the establishment of postgraduate studies at the Irkutsk State Academy of Arts. 2008. S. 203 - 205.

2. Altukhov, S.V. The use of applied computer programs in the educational process in general engineering disciplines / S.V. Altukhov // Innovative technologies in vocational education Irkutsk, December 08 - 09, 2010. pp. 14 - 17.

3. Altukhov S.V. Independent work of students in the study of general engineering disciplines using computers / Altukhov S.V. // Journal of Current Issues of Agrarian Science. No. 3. 2012. S. 22 - 25.

4. Altukhov, S.V. The use of computer programs in the independent work of students in the study of the subject "Machine parts and design principles" / S.V. Al-tukhov, T.A. Altukhova // Science and education: topical issues, achievements and innovations. Collection of articles II

International scientific - practical conference. In 2 parts. Penza, 2020, pp. 190 - 193.

5. Naumkin, N.I. Formation of the ability for innovative engineering activity among students of technical universities [Text] / N.I. Naumkin, G.I. Shabanov, E.P. Grosheva // Education Integration. - 2008. - No. 3 (52). - P. 3 - 8.

6. Naumkin, N.I. Methodical system for the formation of students of technical universities of the ability to innovative engineering activities: monograph. [Text] / N.I. Naumkin; ed. P.V. Senina, L.V. Maslennikova, D.Ya. Tamarchak; Moscow ped. state un - t. - Saransk: Publishing House of Mordov. un - ta, 2008. - 172 p.

Сведения об авторах

Алтухов Сергей Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры Технического сервиса и общинженерных дисциплин Иркутского аграрного университета имени А.А. Ежовского.

Алтухова Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения Иркутского аграрного университета имени А.А. Ежовского.

Степанов Николай Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения Иркутского аграрного университета имени А.А. Ежовского.

Information about the authors

Altukhov Sergey V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines of the Irkutsk agrarian university named after A.A. Yezhevsky.

Altukhova Tatyana A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of machine and tractor fleet operation, life safety and vocational training, Irkutsk agrarian university named after A.A. Yezhevsky.

Stepanov Nikolay V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of operation of the machine and tractor park, life safety and vocational training, Irkutsk agrarian university named after A.A. Yezhevsky.

УДК 159.9.07

ВЫЯВЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГОВ КОЛЛЕДЖА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Т.А. Алтухова, А.Р. Сухаева, М.В. Чубарева, П.И. Ильин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Представленная статья посвящена проблеме психологических барьеров в профессиональной деятельности педагогов. В ней мы изучали и исследовали феномен психологического барьера, а так же факторы, влияющие на формирование и развитие данного явления. Мы постарались обосновать причины формирования психологического барьера, рассмотрели динамику его развития в зависимости от стажа практической деятельности [1, 2, 4, 5]. В работе были выявлены личностные качества педагогов, а также организационные характеристики, влияющие на формирование и развитие данного явления.

Ключевые слова: Методика, опросник, педагог, психологический барьер, исследование.

**IDENTIFICATION OF PSYCHOLOGICAL BARRIERS
IN PROFESSIONAL ACTIVITIES
TEACHERS OF THE COLLEGE OF AUTOMOBILE TRANSPORT
AND AGRICULTURAL TECHNOLOGIES**

T.A. Altukhova, A.R. Sukhaeva, M.V. Chubareva, P.I. Ilyin

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The presented article is devoted to the problem of psychological barriers in the professional activity of teachers. In it, we studied and investigated the phenomenon of the psychological barrier, as well as the factors influencing the formation and development of this phenomenon. We tried to substantiate the reasons for the formation of a psychological barrier, examined the dynamics of its development depending on the experience of practical activity. The work revealed the personal qualities of teachers, as well as organizational characteristics that affect the formation and development of this phenomenon.

Key words: Methodology, questionnaire, teacher, psychological barrier, research.

Цель нашего исследования заключалась в исследовании психологических барьеров педагогов и выявления влияния на них личностных факторов.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

1. Диагностика наличия психологических барьеров у педагогов колледжа агротехнологий и автомобильного транспорта;
2. Диагностика личностных факторов педагогов;
3. Анкетирование, с целью выявления влияния личностных факторов на развитие психологических барьеров;
4. Анализ влияния личностных факторов на развитие психологических барьеров педагогов.

Для проведения данного исследования нами была выбрана следующая методика:

Многофакторный личностный опросник FPI. Авторы И. Фаренберг, Х. Зарг, Р. Гампел (модифицированная форма «В»).

Опросник и его структура соответствуют традиционным личностным опросникам: содержит вопросы, высказывания, касающиеся способов поведения, состояний, ориентаций, навыков и физических трудностей, на которые испытуемый отвечает «Согласен» или «Нет». Опросник предназначен для диагностики таких личностных свойств как:

- невротичность;
- спонтанная агрессивность;
- депрессивность;
- раздражительность;
- общительность;

- уравновешенность;
- реактивная агрессивность;
- застенчивость;
- открытость;
- экстраверсия – интроверсия;
- эмоциональная лабильность;
- маскулинизм – феминизм.

Этот опросник предназначен для широкого круга испытуемых, возможно индивидуальное и групповое предъявление.

Исследование проводилось в колледже автомобильного транспорта и агротехнологий.

Испытуемыми стали 25 педагогов с разным профессиональным стажем.

Тестирование испытуемых проводилось индивидуально. Испытуемые получали инструкции и бланки ответов. На основе полученных данных мы попытались проследить зависимость влияния личностных на развитие психологических барьеров.

Всю выборку можно разделить на три группы, по такому критерию как, сформированность фаз:

1 группа – психологический барьер полностью сформировался хотя бы в одной из фаз (т.е. итоговое количество баллов в одной из фаз больше или равно 61);

2 группа – психологический барьер находится в стадии формирования хотя бы в одной из фаз (т.е. итоговое количество баллов в одной из фаз находится в промежутке от 37 до 60 баллов);

3 группа – психологический барьер не сформировался (т.е. итоговое количество баллов ни в одной из фаз не превышает 36 баллов).

В первую группу вошло 13 педагогов, что составляет 47,5 %;

во вторую группу 7 человек, что составляет 32,5 %;

в третью группу 5 человек, что составляет 20 %.

Таким образом, мы видим, что самой многочисленной оказалась группа педагогов с психологическими барьерами, сформировавшимся хотя бы в одной из фаз. А самой малочисленной – группа с не сформировавшимся психологическим барьером.

Таким образом, формирование и развитие психологических барьеров связано с наличием у педагогов данных личностных характеристик.

В результате исследования было выявлено, что упражнения и занятия, направленные на преодоление у преподавателей психологических барьеров помогают эффективно преодолению психологических барьеров в профессиональной деятельности педагогов.

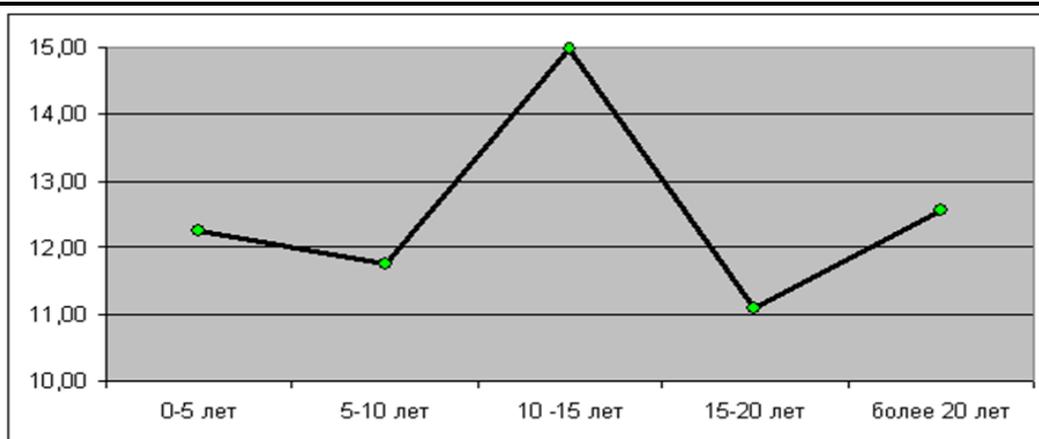


Рисунок 1 – Значения развития психологических барьеров у педагогов с различным стажем работы

На рисунке 1 показаны средние значения развития психологических барьеров у педагогов с различным стажем работы. Наиболее высокие показатели имеют педагоги со стажем работы от 10 до 15 лет. Причём педагогов с наличием в их профессиональной деятельности психологических барьеров в этой группе не оказалось, Развитие психологических барьеров в стадии формирования у 12,5 % и сформировался у 87,5 %. То есть, педагоги, вошедшие в данную группу, возрастные границы которой 29 - 39 лет, оказались наиболее подверженными психологическим барьерам. Можно предположить, что это связано с особенностями возраста, а именно с частично совпадающим с этим возрастом кризисом середины жизни. Примерно в этом возрасте наступает момент, когда человек в первый раз оглядывается назад, оценивает прошлое, он задумывается о том, чего достиг, оценивает свои профессиональные достижения, в виде повышения заработной платы, статуса, должности и т.д. Если этого не происходит, осознанно или нет, человек начинает испытывать эмоциональный дискомфорт, психическое напряжение, неудовлетворенность трудом, переутомление. И, возможно, это может быть одним из факторов формирования психологических барьеров. Важно отметить, что все испытуемые педагоги это женщины, а у женщин стадии жизненного цикла в большей мере структурированы не хронологическим возрастом, а стадиями семейного цикла – брак, появление детей, оставление выросшими детьми родительской семьи. Возраст 29 - 39 лет – это тот возраст, когда первый ребенок, уже возможно, подросток, а если есть другие дети, то ещё не совсем самостоятельные. Специальные исследования показывают, что на рабочую усталость женщины не так влияют какие-то специфические особенности, связанные с её профессиональным трудом, как семейное положение и количество детей. Этот факт также может быть одним из возможных факторов возникновения психологического барьера. Ещё одной причиной может быть так называемый «Педагогический криз», это спад профессиональной деятельности учителя после 10 - 15 лет работы [3].

Педагоги со стажем 0 - 5 лет. Возрастные границы в данной группе 23 - 29 лет. Возможной причиной психологических барьеров в этом возрасте может стать несоответствие ожиданий связанных с профессией и реальной дей-

ствительностью. Один из источников этих ожиданий – это набор верований относительно профессионалов и их работы, которые заложены в нас обществом. Например, мы ожидаем, что, как только профессионал закончил обучение, он автоматически становится компетентным. И, конечно, молодые педагоги сами ожидают от себя компетентности. Они чувствуют себя неадекватными, когда сталкиваются с ситуациями, к которым не были подготовлены. Это также средний возраст создания семьи (24 года, по Абрамовой, 1999 г.) и молодых педагогов вступивших в брак ждёт не только начало семейной жизни, но и критический период её становления, что может быть одним из факторов возникновения психологических барьеров. И, напротив, неудачные попытки создать семью в более старшем возрасте, на наш взгляд могут накладывать отпечаток на профессиональную деятельность педагога.

У педагогов со стажем работы более 20 лет, возрастные границы 40 - 53 года, все фазы развития психологических барьеров также имеют тенденцию к росту. Но среди них педагогов со сформировавшимся, формирующимся и не сформировавшимся уровнем психологических барьеров оказалось примерно равное количество (35,7 %, 35,7 % и 28,5 %). Можно предположить, что данный подъём также связан с возрастными особенностями. Этот период связан с кризисом идентичности личности. Перед человеком встаёт вопрос: «А зачем всё это? Зачем я работаю, зачем живу?». Тот, кто избегает работы по изменению себя, к старости может оказаться в трагической ситуации. Единственным её содержанием могут стать болезни, одиночество и ожидание смерти. Если человек успешно решает жизненные задачи, то в возрасте 50 - 55 лет он переживает новый подъём творческих сил. Возможно, поэтому в данной группе оказались педагоги с разными стадиями формирования психологических барьеров.

Наиболее устойчивой к психологическим барьерам оказалась группа педагогов со стажем работы от 15 до 20 лет, возрастные границы 35 - 41 год. Для этого возрастного периода характерно освоение родительской дистанции с детьми, появляется возможность больше времени и внимания уделять своей собственной жизни. Это приводит к обновлению переживаний, появляется чувство полноты жизни, причастности ко всем её проявлениям. Таким образом, можно предположить, что достижение определённой душевной гармонии, стабильности этого возрастного периода являются положительными факторами формирования устойчивости к психологическим барьерам.

Что касается ведущего типа межличностных отношений, то в группе педагогов с психологическими барьерами и в группе педагогов, не имеющих психологических барьеров, преобладающим является независимо-доминирующий тип отношений (59,3 % и 43,7 %). Властно-лидирующий тип проявляется одинаково в обеих группах (25 %), а группа педагогов без психологических барьеров имеет ещё достаточно высокий уровень такого типа взаимоотношений как недоверчиво-скептический (31,3 %). Таким образом, очень значимых различий между результатами, полученными в разных группах не наблюдается, следовательно, можно предположить, что на фор-

мирование и развитие психологических барьеров оказывают и другие факторы, такие как организационные.

Заключение. Результаты, полученные в ходе исследования, подтверждают гипотезу о том, что на развитие психологического барьера оказывают влияние как личностные, так и организационные факторы, и эти факторы взаимно усиливают друг друга, а правильно организованная работа помогает эффективно преодолению психологических барьеров в профессиональной деятельности педагога.

Список литературы

1. Алтухова, Т.А. Результаты психологической диагностики личностно - деловых качеств студентов - выпускников Иркутского аграрного университета им. А.А. Ежевского / Т.А. Алтухова, С.Н. Шуханов // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 70 - й международной научно - практической конференции : в 3 - х т. – Караваево : Костромская ГСХА, 2019. С. 10 - 14.

2. Алтухова, Т.А., Шуханов С.Н. Psychological readiness for career advancement of students of senior courses of the Irkutsk agricultural university (Научная статья) 13 - th International Scientific conference «Science and Society» by SCIEURO in London, 24 - 29 May 2019 С. 101 - 104.

3. Бабанский, Ю.К. Избранные педагогические труды [Текст] / Ю.К. Бабанский, - М. : Педагогика, 1989. – 558 с.

4. Смышляев, А.А. Современное профессиональное образование в аграрном вузе / А.А. Смышляев, Ж.В. Медведева // Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2021. С. 798 - 803.

5. Смышляев, А.А. Опыт взаимодействия в системе « Сельская школа - аграрный вуз» / А.А. Смышляев, О.А. Камалова // Сборник материалов XVII Международной научно - практической конференции. В 2 - х книгах. Барнаул, 2022. С. 35 - 37.

6. Смышляев, А.А. Принципы непрерывного аграрного образования / А.А. Смышляев, О.Н. Инкина // Мир науки, культуры, образования. - 2009. - № 5 (17). - С. 157 - 160.

References

1. Altukhova, T.A. The results of psychological diagnostics of personal and business qualities of students - graduates of the Irkutsk Agrarian University. A.A. Ezhevsky / T.A. Altukhova, S.N. Shukhanov // Actual problems of science in the agro-industrial complex: collection of articles of the 70th international scientific and practical conference: in 3 volumes - Karaevovo: Kostroma State Agricultural Academy, 2019. P. 10 - 14.

2. Altukhova, T.A., Shukhanov S.N. Psychological readiness for career advancement of students of senior courses of the Irkutsk agricultural university (Scientific article) 13 - th International Scientific conference "Science and Society" by SCIEURO in London, 24 - 29 May 2019 pp. 101 - 104.

3. Babansky, Yu.K. Selected pedagogical works [Text] / Yu.K. Babansky, - M. : Pedagogy, 1989. - 558 p.

4. Smyshlyaev, A.A. Modern professional education in an agrarian university / A.A. Smyshlyaev, Zh.V. Medvedev // Collection of the VI All-Russian (national) scientific conference with international participation. Novosibirsk, 2021, pp. 798 - 803.

5. Smyshlyaev, A.A. Experience of interaction in the system "Rural school - agricultural university" / A.A. Smyshlyaev, O.A. Kamalova // Collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference. In 2 books. Barnaul, 2022. S. 35 - 37.

6. Smyshlyaev, A.A. Principles of continuous agrarian education / A.A. Smyshlyaev, O.N. Inkina // World of science, culture, education. - 2009. - No. 5 (17). - S. 157 - 160.

Сведения об авторах

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. Ежовского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89027674765, e-mail: suhaewa@yandex.ru).

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. Ежовского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭМТП, БЖД и ПО инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89086567154 chubarevamarina@rambler.ru).

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. Ежовского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89836938151 e-mail: ipi.academy@mail.ru).

Information about the authors

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).

Altukhova Tatiana A. – 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. 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Chubareva Marina V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of EMTP, BZHD and PO of the Faculty of Engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel. 89086567154 chubarevamarina@rambler.ru).

Iyin Petr I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training" of the faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, tel. 89836938151, e-mail: ipi.academy@mail.ru).

УДК 316.4

**ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЁННОСТИ СТУДЕНТОВ
ИРКУТСКОГО ГАУ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКОЙ**

А.А. Бричагина, С.Н. Ильин, В.В. Пальвинский

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

Производственные практики на сельскохозяйственных предприятиях являются неотъемлемой частью учебного процесса в аграрном вузе. Основной образовательной программой 35.03.06 Агроинженерия, профили «Технические системы в агробизнесе» и «Технический сервис в АПК» предусмотрена производственная практика «Технологиче-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

ская (проектно-технологическая)». В соответствии с программой в период прохождения практики студенты должны: закрепить и углубить знания, полученные на теоретических занятиях по изучению сельскохозяйственной техники; приобрести практические навыки по подготовке машинно-тракторных агрегатов к работе, проведении технических и технологических регулировок сельскохозяйственных машин; приобрести навыки работы на агрегатах в полевых условиях; освоить методику оценки качества выполнения работ. С целью повышения качества организации практической подготовки было проведено исследование удовлетворенности студентов практикой путем анкетирования. Установлено, что производственная практика была организована на достаточно высоком уровне. При этом в дальнейшем необходимо усилить контроль со стороны руководителя практикой от учебного заведения за обеспечением условий реализации компонентов образовательной программы в форме практической подготовки в объёме, позволяющем выполнять определённые виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся, это позволит повысить эффективность прохождения практики.

Ключевые слова: Производственная практика, сельскохозяйственное предприятие, практическая подготовка, сельскохозяйственная техника, профессиональные навыки.

ASSESSMENT OF SATISFACTION OF STUDENTS OF IRKUTSK SAU WITH INTERNSHIP

A.A. Brichagina, S.N. Ilyin, V.V. Palvinsky

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Industrial practices at agricultural enterprises are an integral part of the educational process in an agricultural university. The main educational program 35.03.06 Agroengineering, profiles "Technical systems in agribusiness" and "Technical service in the agro-industrial complex" provides for the production practice "Technological (design and technological)". In accordance with the program, during the period of internship, students must: consolidate and deepen the knowledge gained in theoretical classes on the study of agricultural machinery; acquire practical skills in preparing machine-tractor units for work, carrying out technical and technological adjustments of agricultural machines; acquire the skills to work on the units in the field; master the methodology for assessing the quality of work. In order to improve the quality of the organization of practical training, a study of students' satisfaction with practice was conducted through a survey. It was established that the production practice was organized at a fairly high level. At the same time, in the future it is necessary to strengthen control by the head of the practice from the educational institution over ensuring the conditions for the implementation of the components of the educational program in the form of practical training in an amount that allows performing certain types of work related to the future professional activities of students, which will increase the efficiency of internship.

Key words: Industrial practice, agricultural enterprise, practical training, agricultural machinery, professional skills.

Получение обратной связи от обучающихся в отношении того насколько, по их мнению, эффективны студенческие практики – важный инструмент управления качеством практической подготовки в вузе [9].

Производственная практика «Технологическая (проектно-технологическая)» на инженерном факультете Иркутского ГАУ является составной частью основной образовательной программы 35.03.06 Агроинженерия. Вид, тип и объём практики определяются Федеральным государ-

ственным образовательным стандартом 3++ и Положением о практической подготовке обучающихся, утверждённым приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Министерства просвещения Российской Федерации 5 августа 2020 г. [7].

Практика проводится в 6 семестре 3 курса при очной форме обучения. При составлении графика прохождения практик были учтены пожелания предприятий – баз практики, в связи, с чем практика проводится в период весенних полевых работ. Продолжительность практики составляет 6 недель. Базами практики являются более 200 сельскохозяйственных предприятий, с которыми заключены договоры о практической подготовке обучающихся. В результате прохождения практики у обучающихся должны быть сформированы универсальные и общепрофессиональные компетенции [4, 7].

В соответствии с программой в период прохождения практики студенты должны: закрепить и углубить знания, полученные на теоретических занятиях по изучению сельскохозяйственной техники; приобрести умения и навыки подготовки машинно-тракторных агрегатов к работе, проведения технических и технологических регулировок сельскохозяйственных машин; работы на агрегатах в полевых условиях и т.д. Конкретное содержание технологической практики определяется руководителем практики и отражается в плане и в индивидуальном задании обучающегося [3].

С целью повышения качества организации практической подготовки по окончании практики в 2021 - 2022 учебном году было проведено исследование удовлетворённости студентов практикой путём анкетирования. Анкета содержала закрытые вопросы. При составлении анкеты ориентировались на опыт исследований по аналогичным темам [5, 6, 8].

В анкетировании принимали участие все студенты, проходившие практику в количестве 34 человек. Большая часть студентов – 59 % проходила практику в организациях, предварительно подавшим заявки – приглашения на работу студентам, имеющим удостоверения тракториста-машиниста; 22 % студентов были распределены вузом в учебное хозяйство университета, 19 % – договорились о месте прохождения практики самостоятельно.

Перед выездом на практику студенты должны освоить основные дисциплины профессионального цикла учебного плана, в рамках которых, приобретаются необходимые знания, умения и навыки работы с сельскохозяйственной техникой [1, 2]. Чтобы понять, насколько студенты были подготовлены к прохождению производственной практики был задан вопрос: «Считаете ли Вы достаточными теоретические знания, которые даются в стенах нашего вуза?». Респонденты достаточно высоко оценили качество образования в университете, были получены следующие ответы: 52,9 % – да; 41,2 % – скорее да, чем нет; 5,9 % затруднились ответить.

Объём освоения студентами программы практики и соответствие выполняемых работ находятся в прямой зависимости от организации процесса практики студентов непосредственно в организации, базовой для прохождения практики. В соответствии с «Договором о практической подготовке обучающихся, заключаемым между организацией, осуществляющей образова-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

тельную деятельность, и организацией, осуществляющей деятельность по профилю соответствующей образовательной программы» на профильную организацию возложена обязанность по созданию условий для реализации компонентов образовательной программы в форме практической подготовки, предоставлению оборудования в объёме, позволяющем выполнять определённые виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся [9]. При этом на вопрос «Дала ли производственная практика Вам возможность наработать профессиональные навыки, необходимые для вашей будущей профессиональной деятельности?» положительный ответ дали 58,8 % отвечающих; скорее да, чем нет – 11,8 %; затруднились ответить 23,5 %.

Кроме того, Положением о практической подготовке обучающихся, предусмотрена процедура согласования содержания практики с руководителем практики от профильной организации. Тем не менее, на вопрос о том, часто ли Вы выполняли работы, не связанные с ремонтом, обслуживанием сельскохозяйственной техники или оборудования, были получены следующие ответы: да – 17,6 %; скорее нет, чем да – 52,9 %; нет – 29,4 % ответ.

Так же 17,6 % респондентов сообщили, что ни разу не работали на технике в качестве трактористов-машинистов; 52,9 % смогли поработать несколько раз; 17,6 % большую часть времени работали на технике и 11,8 % практически всё время работали на технике. В связи с этим, необходимо усилить контроль за выполнением соответствующих пунктов Договора о практической подготовке. Подавляющее большинство практикантов трудились на оплачиваемых рабочих местах – 76,5 %; 82,4 % из них остались, удовлетворены размером денежных выплат.

Профильная организация берёт на себя ответственность за обеспечение безопасных условий реализации компонентов образовательной программы в форме практической подготовки, выполнение правил противопожарной безопасности, правил охраны труда, техники безопасности и санитарно-эпидемиологических правил и гигиенических нормативов. На вопрос о том, строго ли контролировали ответственные за прохождение практики в хозяйстве (инженеры, бригадиры и т.д.) соблюдение Вами трудовой дисциплины, были получены следующие ответы: да – 23,5 %; скорее да, чем нет – 58,8 %; затрудняюсь ответить – 17,7 %. На вопрос о том, строго ли контролировали ответственные за прохождение практики в хозяйстве (инженеры, бригадиры и т.д.) соблюдение Вами техники безопасности, были получены следующие ответы: да – 64,7 %; скорее да, чем нет 35,3 %. Все опрашиваемые отметили дружелюбное отношение к ним со стороны работников организаций сельскохозяйственных предприятий. Так как большинство практикантов проживали в общежитиях, предоставляемых организациями – базами практик, необходимо было оценить имеющиеся условия проживания. В результате установлено, что только 52,9 % респондентов устраивали бытовые условия; 11,8 % ответивших – скорее да, чем нет; 35,3 – скорее нет, чем да. При этом организация питания была налажена хорошо – 88,2 % респондентов удовлетворены качеством пищи; 11,8 % – скорее да, чем нет.

В целом респонденты высоко оценили условия и организацию прохождения практики на сельскохозяйственных предприятиях. В результате опроса установлено, что 52,9 % опрошенных, удовлетворены местом прохождения практики; 17,6 % – скорее да, чем нет; 5,9 % – не удовлетворены и 23,6 % затруднились ответить на заданный вопрос. Производственная практика дала возможность студентам лучше понять содержание трудовой деятельности инженера в аграрной отрасли. В результате прохождения практики на вопрос «Подтвердила ли практика правильность выбора вами профессии?» только 41,2 % респондентов дали положительный ответ, 11,8 % разочаровались в выбранной профессии, 47 % затруднились ответить. На вопрос о том, чем для Вас является производственная практика, были получены ответы (респонденты имели возможность выбрать несколько вариантов): получение профессиональных навыков – 82,4; шаг в будущую профессию – 58,8 %; возможность дальнейшего трудоустройства – 23,5; интересно проведённое время – 11,8; неизбежная необходимость – 11,8.

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимо усилить контроль со стороны руководителя практикой от учебного заведения за обеспечением условий реализации компонентов образовательной программы в форме практической подготовки в объёме, позволяющем выполнять определённые виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся, что позволит повысить эффективность прохождения практики.

Список литературы

1. 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 : Матери международной научно - практической конференции, Красноярск, 21 - 23 апреля 2020 года. - 2020. – С. 10 - 12.
2. Бричагина, А.А. Организация производственной практики на кафедре «Техническое обеспечение АПК» / А.А. Бричагина, М. В. Синько // Образовательные технологии и качество обучения : Материалы научно - методической конференции с международным участием, посвященной 80-летию образования ИрГСХА, Иркутск, 28 - 29 мая 2014 года. – Иркутск : ИрГАУим. А.А. Ежевского. - 2014. – С. 52 - 57.
3. Доржеев, А.А. Содержание и вопросы индивидуальных заданий производственной практики по направлению «агроинженерия» / А.А. Доржеев, Н.В. Кузьмин, В.А. Козлов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Матери международной научно - практической конференции, Красноярск, 20 - 22 апреля 2021 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 225 - 227.
4. Компетентностный подход в практической подготовке обучающихся по направлению Агроинженерия / Е.В. Демчук, В.В. Мяло, А.С. Союнов [и др.] // Электронный научно - методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № S 1. – С. 4.
5. О методике организации студенческого мобильного отряда по изучению проблем надежности сельскохозяйственной техники / В.П. Гуляев, М.С. Иванов, Ж.А. Иванова, Е.А. Филиппова // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 83 - 87.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

6. Соколова, С.В. Мониторинг удовлетворенности студентов качеством процесса проведения практики / С.В. Соколова // Система менеджмента качества: опыт и перспективы. – 2016. – № 5. – С. 21 - 24.

7. ФГОС 35.03.06 Агроинженерия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-35-03-06-agroinzheneriya-813/>.

8. Чиркова, Ю.Р. Комплексный подход к организации и проведению студенческих практик как средство управления качеством образования в вузе / Ю.Р. Чиркова // Актуальные проблемы социально - гуманитарного и научно - технического знания. – 2019. – № 4(20). – С. 36 - 38.

9. Чиркова, Ю.Р. Оценка учебной удовлетворенности обучающихся как фактор эффективности студенческих практик в вузе / Ю.Р. Чиркова // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2021. – № 1(25). – С. 41 - 47.

10. Щитов, С.В. Роль практики в формировании профессиональных навыков у студентов направления «Агроинженерия» профиль «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВПО дальгау / С.В. Щитов, Н.В. Спириданчук // Инновационные технологии в управлении качеством образования : Материалы региональной научно - методической конференции. В 3 - х частях, Благовещенск, 02 - 03 февраля 2012 года. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. – С. 73 - 76.

References

1. Brichagina, A.A. K voprosu praktiko-orientirovannogo obucheniya v agrarnom vuze / A.A. Brichagina, S.N. Il'in, V.V. Pal'vinskij // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya : Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnoyarsk, 21 - 23 aprelya 2020 goda. - 2020. – S. 10 - 12.

2. Brichagina, A.A. Organizaciya proizvodstvennoj praktiki na kafedre “tekhnicheskoe obespechenie APK” / A.A. Brichagina, M.V. Sin'ko // Obrazovatel'nye tekhnologii i kachestvo obucheniya : Materialy nauchno-metodicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 80 - letiyu obrazovaniya IrGSKHA, Irkutsk, 28 - 29 maya 2014 goda. – Irkutsk : IrGAU im. A.A. Ezhevskogo. - 2014. – S. 52 - 57.

3. Dorzheev, A.A. Soderzhanie i voprosy individual'nyh zadaniy proizvodstvennoj praktiki po napravleniyu «agroinzheneriya» / A.A. Dorzheev, N.V. Kuz'min, V.A. Kozlov // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya : Materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii, Krasnoyarsk, 20 - 22 aprelya 2021 goda. – Krasnoyarsk : Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 225 - 227.

4. Kompetentnostnyj podhod v prakticheskoy podgotovke obuchayushchihsya po napravleniyu agroinzheneriya / E.V. Demchuk, V.V. Myalo, A.S. Soyunov [i dr.] // Elektronnyj nauchno - metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2016. – № S1. – S. 4.

5. O metodike organizacii studencheskogo mobil'nogo otryada po izucheniyu problem nadezhnosti sel'skohozyajstvennoj tekhniki / V.P. Gulyaev, M.S. Ivanov, Zh.A. Ivanova, E.A. Filippova // Vestnik IrGSKHA. – 2017. – № 80. – S. 83 - 87.

6. Sokolova, S.V. Monitoring udovletvorennosti studentov kachestvom processa provedeniya praktiki / S.V. Sokolova // Sistema menedzhmenta kachestva: opyt i perspektivy. – 2016. – № 5. – S. 21 - 24.

7. FGOS 35.03.06 Agroinzheneriya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://fgos.ru/fgos/fgos-35-03-06-agroinzheneriya-813/>.

8. Chirkova, Yu.R. Kompleksnyj podhod k organizacii i provedeniyu studencheskih praktik kak sredstvo upravleniya kachestvom obrazovaniya v vuze / Yu.R. Chirkova // Aktual'nye problemy social'no - gumanitarnogo i nauchno - tekhnicheskogo znaniya. – 2019. – № 4 (20). – S. 36 - 38.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

9. СHirkova, Yu.R. Ocenka uchebnoj udovletvorennosti obuchayushchihsya kak faktor effektivnosti studencheskih praktik v vuze / Yu.R. СHirkova // Aktual'nye problemy social'no-gumanitarnogo i nauchno-tekhnicheskogo znaniya. – 2021. – № 1 (25). – S. 41 - 47.

10. SHCHitov, S.V. Rol' praktiki v formirovanii professional'nyh navykov u studentov napravleniya "agrozhenneriya" profil' "tekhnicheskie sistemy v agrobiznese" FGBOU VPO dal'gau / S.V. SHCHitov, N.V. Spiridanchuk // Innovacionnye tekhnologii v upravlenii kachestvom obrazovaniya : Materialy regional'noj nauchno - metodicheskoy konferencii. V 3 - h chastyah, Blagoveshchensk, 02 - 03 fevralya 2012 goda. – Blagoveshchensk : Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2012. – S. 73 - 76.

Сведения об авторах

Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

Ильин Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

Пальвинский Виктор Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

Information about the authors

Brichagina Anastasia A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of agriculture, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A. A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

Ilyin Sergey N. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical support of agriculture, faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A. A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

Palvinsky Viktor V. – candidate of technical Sciences, associate professor of the department of technical support of agriculture, faculty of engineering, irkutsk state agrarian university named after A. A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

УДК 378

АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА ПОСРЕДСТВОМ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

С.П. Голышева

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

Статья посвящена вопросу активизации познавательной деятельности студентов аграрного вуза. Формирование и развитие познавательной активности происходит на основе решения учебно-дисциплинарных задач, нацеленных, в свою очередь, на развитие личностных качеств обучающегося. В этом случае задачи используются как средство передачи содержания обучения и развития познавательной активности студентов. Однако первоначальной задачей, как и в любой деятельности, является мотивационная установка и стимуляция к действиям. В рамках изучения математических дисциплин учебные задачи должны быть максимально приближены к реальным жизненным условиям, иметь прикладной характер. И такие задачи мы приняли называть профессионально ориентированными (далее ПОЗ).

Актуализация математических знаний – необходимое требование в образовательном процессе в рамках математической подготовки студентов. Системный подход в выборе методов, средств, технологий обучения, а также содержания и формы подачи учебного материала благотворно влияет на формирование познавательной активности студентов. В данной статье сформулировано определение профессионально ориентированного обучения математике (далее ПООМ); разработана модель решения ПОЗ по математике, принцип работы которой проиллюстрирован на примере решения профессионально ориентированной задачи.

Ключевые слова: Познавательная деятельность, профессионально ориентированные задачи, математика, математические методы, математическая подготовка, студенты аграрного вуза.

ACTIVATION OF COGNITIVE ACTIVITY OF AGRICULTURAL UNIVERSITY STUDENTS BY SOLVING PROFESSIONALLY ORIENTED TASKS IN TEACHING MATHEMATICS

S.P. Golysheva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article is devoted to the issue of activating the cognitive activity of students of an agricultural university. The formation and development of cognitive activity takes place on the basis of solving educational and disciplinary tasks aimed, in turn, at the development of personal qualities of the student. In this case, the tasks are used as a means of transmitting the content of learning and the development of cognitive activity of students. However, the initial task, as in any activity, is a motivational attitude and stimulation to action. Within the framework of studying mathematical disciplines, educational tasks should be as close as possible to real life conditions, have an applied character. And we decided to call such tasks professionally oriented (hereinafter POS).

Actualization of mathematical knowledge is a necessary requirement in the educational process within the framework of mathematical training of students. A systematic approach to the choice of methods, tools, teaching technologies, as well as the content and form of presentation of educational material has a beneficial effect on the formation of cognitive activity of students. In this article, the definition of professionally oriented teaching of mathematics (hereinafter referred to as POOM) is formulated; a model for solving POS in mathematics is developed, the principle of which is illustrated by the example of solving a professionally oriented problem.

Key words: Cognitive activity, professionally oriented tasks, mathematics, mathematical methods, mathematical training, agricultural students.

Сегодня такая крупная отрасль агропромышленного комплекса (АПК) как сельское хозяйство РФ претерпевает ряд изменений, связанных со сложившейся за последние 10 лет экономико-политической обстановкой в мире. Между тем, интерес к сельскому хозяйству наблюдается не только со стороны инвесторов, производителей, партнеров и т.д., но и со стороны потенциальных аграриев – выпускников средних общеобразовательных учреждений, которые в выборе своей профессии отдают предпочтение сельскому хозяйству. Становление специалиста, обладающего высококвалифицированными способностями, в совершенстве владеющим знаниями, умениями и навыками, необходимыми для осуществления профессиональной деятельности – цели, которые преследует профессиональное образование. Специфика профессиональной подготовки студентов в высшем аграрном вузе характеризуется направленностью на получение знаний, умений, навыков и в последующем применении их в решении задач сельскохозяйственной отрасли. Качественная подготовка будущих аграриев невозможна без формирования должного уровня их математического образования.

Теоретической основой исследования явились основополагающие работы по профессиональной направленности обучения математике (Т.А. Бродской [1], Е.А. Василевской [2], М.А. Васильевой [3], Р.М. Зайкина, М.И. Зайкина [5], Л.В. Котовой [6], М.А. Семиной [7], А.А. Соловьевой [8], Е.Н. Трофимец [9] и др.).

В Иркутском государственном аграрном университете им. А.А. Ежевского обучение математике студентов ведётся по инженерно-техническим, экономическим, биологическим направлениям подготовки бакалавриата. Главной задачей в обучении математике студентов аграрного вуза является умение применять математический аппарат, которым обучающиеся овладели в процессе изучения дисциплины «Математика», в решении задач будущей профессиональной сельскохозяйственной деятельности. Однако исследования указывают на факт «Отсутствия преемственности между курсом фундаментальной математики и профилирующими дисциплинами, а в преподавании математики – на недостаток соблюдения профессиональной направленности» [6]. Семина М.А. считает, что «В основе разработки профессионально направленной непрерывной математической подготовки лежат системно-функциональный и личностно-деятельностный подходы», которые «Позволяют решить вопрос о функциях процесса обучения математике в формировании у студентов готовности к профессиональной деятельности» [7].

Анализ научных работ по теме исследования позволил установить факт отсутствия общепринятого определения ПООМ. Вместо этого рассматриваются синонимичные с ним понятия: профессионально-прикладная направленность обучения математике; профилированное обучение и профессиональная направленность непрерывной математической подготовки; профессионально направленная математическая компетентность. По мнению Л.В. Котовой, профессиональная направленность обучения математике рассматривается как совокупность методологических основ образовательного про-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

цесса «С учётом практической значимости, прикладной направленности и общекультурной составляющей математических знаний в соответствии с профессиональными требованиями к уровню математической подготовки» [6]. Мы же под ПООМ будем понимать такое обучение математике, основанное на методе математического моделирования, направленное на актуализацию математических знаний, преемственность, закрепление и, преимущественно, на их применение в решении прикладных, профессиональных задач.



Рисунок 1 – Модель решения ПОЗ с применением элементов математического моделирования

На рисунке 1 представлена модель решения ПОЗ на основе применения математического моделирования. Отметим, что в зависимости от условия задачи некоторые этапы (подэтапы) могут не рассматриваться, а п. 2.1, 2.2 и 3.1 и 3.2 – менять очерёдность. Рассмотрим на примере решения ПОЗ реализацию данной модели.

ПОЗ. На животноводческой ферме предусмотрено автоматическое водоснабжение, представляющее собой резервуар полусферической формы радиусом 15 см с датчиком воды (рисунок 2, 3). Резервуар соединён с трубой, по которой течёт вода, и вода подаётся непосредственно через круглое отверстие диаметром 2 см. Подача воды осуществляется в случае распознавания датчиком её отсутствия. Определите, через, сколько времени наполнится резервуар [4]?

¹Блок: ЕН – естественнонаучный, ОП – общепрофессиональный, С – специальный.



Рисунок 2 – Автоматическое водоснабжение коров



Рисунок 3 – Резервуар для воды

Решение данной задачи представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Решение ПОЗ

Этапы	Анализ условия ПОЗ	
1		
1.1	Объекты ПОЗ	Резервуар с автоматической подачей воды
1.2	Выбор постоянных и переменных величин, их обозначения	$V = V(t)$ – закон изменения объема воды в резервуаре в зависимости от времени t . Обозначим: $OB = R$, $AB = r_1$, $OA = h$. Предположим, что через t с уровень воды стал на отметке h м, спустя бесконечно малое время Δt ($\Delta t \rightarrow 0$) отметка поднялась на Δh м.
1.3	Графическое изображение объекта / связи элементов ПОЗ	<p>Рисунок 4 – Сечение резервуара для воды</p>
2	Математическая основа ПОЗ:	
2.1	Построение математической модели	<p>Из прямоугольного ΔOAB $AB = r_1 = \sqrt{R^2 - h^2}$ (по теореме Пифагора).</p> <p>С одной стороны, за время Δt объем воды будет равен объему цилиндра радиусом r_1 и высотой Δh, т.е.</p> $\Delta V = \Delta V_{\text{цил}} = \pi r_1^2 \Delta h = \pi (R^2 - h^2) \Delta h.$
2.2	Математический аппарат (математические законы, правила, применяемые при решении задачи)	Применение формулы объема кругового цилиндра $V_{\text{цил}} = \pi R^2 H$. Понятие предела функции в точке. Дифференциальное и интегральное исчисления функций одной переменной. Дифференциальные уравнения 1-го порядка, его тип и метод решения.
3	ЕН / ОП / С основа ПОЗ:	
3.1	Построение ЕН	С другой стороны, по формуле Бернулли

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

	(в данном случае физической) модели	$\Delta V = \pi r^2 \sigma \sqrt{2gh} \Delta t .$
3.2	Физический аппарат (физические законы, правила, применяемые при решении задачи)	Приравняв одинаковые величины и перейдя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, получим ДУ 1-го порядка с разделяющимися переменными. $\pi \left(R^2 - h^2 \right) h' = \pi r^2 \sigma \sqrt{2gh} \Rightarrow \frac{\left(R^2 - h^2 \right) h'}{\sqrt{h}} = r^2 \sigma \sqrt{2g} .$
4	Определение математического (-их) метода (-ов) решения ПОЗ	
4.1	Реализация математической модели (поиск решения ПОЗ)	Интегрируя ДУ и применяя начальное условие $h(0) = 0$, определим $C = 0$. Тогда $t = \frac{2 \left(R^2 \sqrt{h} - \frac{\sqrt{h^5}}{5} \right)}{r^2 \sigma \sqrt{2g}} .$
5	Анализ и интерпретация результатов решения ПОЗ	
5.1	Интерпретация полученных результатов	Резервуар полностью наполнится водой, если $h(t) = R$. Подставив данные задачи $(r = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}, R = 0,15 \text{ м}, g = 9,8 \text{ м/с}^2, \sigma = 0,6)$, получим $t = \frac{1,6 \cdot \sqrt{0,15^5}}{0,01^2 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,8}} = 52,5 \text{ с}$, в течение которого наполняется резервуар. <i>Ответ: 52,5.</i>
5.2	Установление корректности условий ПОЗ	Таким образом, анализируя полученные результаты, заключаем, что условия данной ПОЗ являются объективными, с точки зрения реальности рассматриваемого процесса.

Успешность решения ПОЗ гарантирована чётким, последовательно выстроенным, поэтапным развёртыванием исходных данных задачи и установлением связей между известными и неизвестными величинами, нахождением их с помощью математических, экономико-математических методов и моделей, проведения статистической обработки экспериментальных данных и т.п.

Заключение. В связи с отсутствием дидактического материала по решению ПОЗ по математике, предназначенного для студентов аграрного вуза, подобные задачи составляются обучающимися самостоятельно. Активизация познавательной деятельности студентов вуза возможна благодаря профессионально ориентированному подходу в обучении математике посредством решения задач из области профессиональной деятельности, будущих специалистов сельского хозяйства. Это способствует формированию устойчивых фундаментальных математических знаний, развитию логического мышления, раскрытию творческого потенциала, побуждению интереса к математи-

ке, что в свою очередь, усиливает значимость дисциплины с точки зрения её практического применения.

Список литературы

1. Бродская, Т.А. Непрерывная математическая подготовка в системе «ссуз - вуз» на основе фундаментализации содержания (на примере подготовки специалистов нефтегазового профиля): дисс. ... к. пед. н. / Институт педагогики и психологии профессионального образования РАО. Казань. 2005. 196 с.
2. Василевская, Е.А. Профессиональная направленность обучения высшей математике студентов технических вузов: дис. ... к. пед. н. Москва, 2000 229 с.
3. Васильева, М.А. Профессионально - прикладная направленность обучения математике как средство формирования математической компетентности (на примере аграрного вуза): автореферат дисс. ... к. пед. н. Саранск. 2014. 25 с.
4. Голышева, С.П. Математика. Приложения дифференциальных уравнений. Учеб. пособие для студентов первых, вторых курсов инженерно - технических, экономических и биологических направлений бакалавриата аграрных вузов очной формы обучения / С.П. Голышева // Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. Молодёжный. 2019. 116 с.
5. Зайкин Р.М. О принципе профессиональной направленности обучения математике и его реализации в образовательной практике / Р.М. Зайкин, М.И. Зайкин // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 3 (22). С. 238 - 240.
6. Котова, Л.В. Условия реализации профессиональной направленности обучения математике при подготовке учителей информатики // Наука и школа. 2014. № 6. С. 57 - 63.
7. Семина, М.А. Профессионально направленная непрерывная математическая подготовка в системе «школа - технический вуз» на основе укрупнения дидактических единиц / М.А. Семина // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Философия. Психология. Педагогика. 2018. Т. 18. № 3. С. 354 - 358.
8. Соловьева, А.А. Профессиональная направленность обучения математике студентов гуманитарных специальностей: дис. ... к. пед. н. Ярославль. 2006. 222 с.
9. Трофимец, Е.Н. Наглядное моделирование экономических явлений и процессов как средство интеграции математических знаний в процессе обучения математике студентов экономических специальностей вузов: дисс...к. пед. н. Ярославль. 2004. 193 с.
10. Ходырева, Н.Г. Возможности использования учебных задач при изучении теории дифференциальных уравнений для развития профессиональных компетенций студентов энергетического вуза / Н.Г. Ходырева, Л.Г. Устинова // Альманах современной науки и образования. 2015. № 6 (96). С. 146 - 150.

References

1. Brodskaya, T.A. Continuous mathematical training in the "ssuz - university" system based on the fundamentalization of content (on the example of training oil and gas specialists): diss... Candidate of pedagogical sciences / Institute of pedagogy and psychology of vocational education RAO. Kazan. 2005. 196 p.
2. Vasilevskaya E.A. Professional orientation of teaching higher mathematics to students of technical universities: diss... candidate of pedagogical sciences Moscow, 2000 229 p.
3. Vasilyeva M.A. Professionally applied orientation of teaching mathematics as a means of forming mathematical competence (on the example of an agricultural university): abstract diss... candidate of pedagogical sciences Saransk. 2014. 25 p.
4. Golysheva S.P. Mathematics. Applications of differential equations. Textbook for students of the first and second courses of engineering, economic and biological directions of bachelor's degree of agrarian universities of full - time education / S.P. Golysheva // Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky. Youth. 2019. 116 p.

5. Zaikin, R.M. On the principle of professional orientation of teaching mathematics and its implementation in educational practice / R.M. Zaikin, M.I. Zaikin // The world of science, culture, education. 2010. No. 3 (22). pp. 238 - 240.

6. Kotova, L.V. Conditions for the implementation of the professional orientation of teaching mathematics in the training of computer science teachers / L.V. Kotova, // Science and school. 2014. No. 6. pp. 57 - 63.

7. Semina, M.A. Professionally directed continuous mathematical training in the "school-technical university" system based on the consolidation of didactic units / M.A. Semina // News of Saratov university. A new series. Philosophy series. Psychology. Pedagogy. 2018. Vol. 18. No. 3. pp. 354 - 358.

8. Solovyova, A.A. Professional orientation of teaching mathematics to students of humanities: diss... candidate of pedagogical sciences Yaroslavl. 2006. 222 p.

9. Trofimets, E.N. Visual modeling of economic phenomena and processes as a means of integrating mathematical knowledge in the process of teaching mathematics to students of economic specialties of universities: diss...PhD Yaroslavl. 2004. 193 p.

10. Khodyreva, N.G. The possibilities of using educational tasks in the study of the theory of differential equations for the development of professional competencies of students of an energy university / N.G. Khodyreva, L.G. Ustinova // Almanac of modern science and education. 2015. No. 6 (96). pp. 146 - 150.

Сведения об авторе

Гольшева Светлана Павловна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89247013521, e-mail: golyshevasp@yandex.ru).

Information about the author

Golysheva Svetlana P. – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of mathematics (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89247013521, e-mail: golyshevasp@yandex.ru).

УДК 378

ИНФОГРАФИКА КАК СРЕДСТВО ВИЗУАЛЬНОЙ НАГЛЯДНОСТИ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ ВУЗА

С.П. Гольшева

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

Данной статья обращена к актуальности использования средств визуальной наглядности в обучении математическим дисциплинам студентов вуза. Непрерывный поток учебной информации, получаемой студентами в процессе обучения, обозначил необходимость в поиске средств быстрого восприятия, переработки, хранения, накопления и передачи текущей информации. В связи с закономерностью сокращения объёма часов в учебном плане по математическим дисциплинам, встаёт проблема как перед преподавателем, так и перед студентом: каким образом первым перестроить методологию обучения, чтобы она была продуктивной, эффективной, результативной, всеобъемлющей и опирающейся на практическое применение; а вторым – принять, осознать и овладеть знаниями, умениями, навыками применения математического аппарата в интегрированных

науках, а также в будущей профессиональной деятельности? Одним из подходов в обучении, опирающийся на дидактический принцип обучения, называемый принципом наглядности, является использование инфографики. Информационная графика, служащая дополнительным инструментом подачи учебной информации для лаконичного, содержательного, красочного восприятия, обработки материала, частично разрешает выше указанную проблему и способствует развитию визуального мышления у обучающихся.

Ключевые слова: Инфографика, методология, наглядное средство обучения, визуализация, математика, математическая подготовка, студенты вуза.

INFOGRAPHICS AS A MEANS OF VISUAL VISUALIZATION IN TEACHING MATHEMATICS TO UNIVERSITY STUDENTS

S.P. Golysheva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

This article addresses the relevance of the use of visual visualization tools in teaching mathematical disciplines to university students. The continuous flow of educational information received by students in the learning process has indicated the need to find means of rapid perception, processing, storage, accumulation and transmission of current information. Due to the regularity of reducing the amount of hours in the curriculum in mathematical disciplines, a problem arises for both the teacher and the student: how to first rebuild the teaching methodology so that it is productive, effective, efficient, comprehensive and based on practical application; and in the second – to accept, realize and master knowledge, skills, the skills of applying mathematical apparatus in integrated sciences, as well as in future professional activity? One of the approaches in teaching, based on the didactic principle of teaching, called the principle of visibility, is the use of infographics. Information graphics, which serve as an additional tool for providing educational information for concise, meaningful, colorful perception, processing of material, partially solves the above problem and contributes to the development of visual thinking among students.

Key words: Infographics, methodology, visual learning tool, visualization, mathematics, mathematical training, university students.

Тенденция развития современного мира характеризуется мощным потоком информации из различных областей жизнедеятельности человека, научных сфер и средств её передачи. «Темпы жизни ускоряются, потоки информации увеличиваются, а времени на её обработку не становится больше» [2]. В связи с этим возникает необходимость исследования средств визуальной наглядности в обучении студентов вуза для быстрой, правильной, качественной обработки поступающей учебной информации. В образовательном контенте инфографика является дополнительным инструментом грамотной визуализации лекционного материала, применяемого на семинарских и практических занятиях, наглядным средством обучения, а также способом упрощённого восприятия и запоминания получаемой информации. Впервые об инфографике заговорили в средние века, но всё же основателями её принято считать Эдварда Тафти и Майкла Френдли [8]. История зарождения инфографики связана с развитием точных наук и картографии, однако широ-

кое применение она получила в таких областях, как графический, информационный, коммуникативный дизайны, бизнес-аналитика и др.

Анализ научно-исследовательских работ по инфографике показал, что в настоящее время существует множество определений данного понятия, но все они сводятся к одному: инфографика – передача информации путём её графического изображения. Так, например, В.В. Лаптев инфографику определяет как область коммуникативного дизайна, в основе которого лежит графическое представление информации, связей, числовых данных и знаний [7]. По мнению Ж.Е. Ермолаевой, О.В. Лапуховой, И.Н. Герасимовой, инфографика – синтетическая форма организации информационного материала, включающая в себя визуальные элементы, текстоспояснениями [4]. О.А. Кондратенко инфографику рассматривает как способ передачи идеи, основанный на сопровождении информации с помощью иллюстраций в виде сведений или количественных данных [6]. «Информационная графика – способ представления объёмного материала в чёткой, лаконичной форме с целью экономии времени на восприятие и интерпретацию текущей информации» – считают Е.В. Аликина, Т.Б. Рапакова [1].

Визуальное представление сложной учебной информации ясно, содержательно, эстетически привлекательно, становится требованием современности. Одно и то же содержание учебного предмета одинаковой степени сложности может усваиваться по-разному в зависимости от методов его представления, мотивов восприятия и интереса студентов [4]. Огромная разновидность инфографик позволяет делать выбор при составлении информационной графики по учебной единице. Ими могут служить: «Диagramмы (секторные, столбиковые), графики (линейные, временные), изображения (рисунки, фотографии, чертежи, знаки), таблицы (матрицы, календари), схемы, карты (графические, планы)» и др. [1].

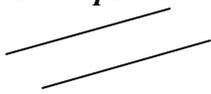
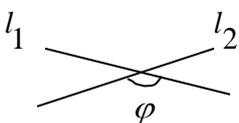
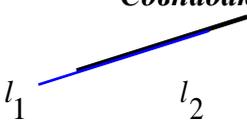
При изучении какого-либо раздела математической дисциплины педагог может предложить учащимся схему, в котором будут отражено название, краткое содержание темы, определения, теоремы, примеры решения. При пояснении материала по геометрии можно использовать динамический вид инфографики – слайд-шоу, демонстрируя подробное решение задачи, сочетая со звуковым сопровождением. Это позволяет излагать материал в увлекательной, доступной и запоминающейся форме [3]. Краткое изложение учебной информации в виде крупно модульных опор (блок-схемы, таблицы) позволяет определить структуру изучаемого материала, выделить связи между его составляющими, развивать алгоритмический подход к решению задачи [5]. Статичный и динамичный виды инфографики можно варьировать: первые предназначены для разъяснения нового материала, вторые – для самостоятельного изучения студентами темы/раздела дисциплины.

Педагогические исследования, проведенные О.А. Кондратенко [6], позволили установить, что инфографика является достаточно эффективным методом развития визуального мышления студентов. С.А. Филичев утверждает, что грамотное использование наглядных средств повышает интерес к учебной дисциплине, в особенности, если студенты сами вовлечены в про-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

цесс создания инфографик, структурно-логических схем, ментальных карт [9]. С развитием инфографики в математике первое своё отражение нашли такие понятия, как координатная плоскость, аналитическая геометрия, теория вероятностей, статистика.

Таблица 1 – Взаимное расположение двух прямых на плоскости

Прямая с угловым коэффициентом	Общее уравнение прямой	Угол между прямыми	Примеры
$l_1: y = k_1x + b_1$ $l_2: y = k_2x + b_2$	$l_1: A_1x + B_1y + C_1 = 0$ $l_2: A_2x + B_2y + C_2 = 0$	φ	
Параллельные прямые: $l_1 \parallel l_2$ 		$\varphi = 0^\circ$	$l_1: y = 2x + 1$ $l_2: y = 2x - 3$ $k_1 = k_2 = 2$
$k_1 = k_2$	$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2} \neq \frac{C_1}{C_2}$		$l_1: -x + 4y + 3 = 0$ $l_2: 2x - 8y - 1 = 0$ $\frac{-1}{2} = \frac{4}{-8} \neq \frac{3}{-1}$
Перпендикулярные прямые: $l_1 \perp l_2$ 		$\varphi = 90^\circ$	$l_1: y = 2x + 1$ $l_2: y = -0,5x - 5$ $k_1 \cdot k_2 = 2 \cdot (-0,5) = -1$
$k_1 \cdot k_2 = -1 \Rightarrow k_2 = -\frac{1}{k_1}$	$A_1A_2 + B_1B_2 = 0$		$l_1: 5x - y + 3 = 0$ $l_2: 2x + 10y - 1 = 0$ $5 \cdot 2 + (-1) \cdot 10 = 0$
Пересекающиеся прямые: $k_1 \neq k_2$ или $A_1B_2 \neq A_2B_1$ 		$tg \varphi = \frac{k_2 - k_1}{1 + k_1 \cdot k_2}$	$l_1: y = -2x + 3$ $l_2: y = -x + 1$ $tg \varphi = \frac{-1 + 2}{1 + 2} = \frac{1}{3} \Rightarrow$ $\varphi = arctg \frac{1}{3} \approx 18^\circ 26'$
Совпадающие прямые: 	$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{C_1}{C_2}$	$\varphi = 0^\circ$	$l_1: -2x + 3y - 5 = 0$ $l_2: 4x - 6y + 10 = 0$ $\frac{-2}{4} = \frac{3}{-6} = \frac{-5}{10}$

Так, например, взаимное расположение прямых на плоскости в разделе «Аналитическая геометрия на плоскости» с помощью инфографики в современном стиле можно представить в виде таблицы 1.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

При изучении темы «Числовые ряды» совместно со студентами второго курса инженерного факультета направления 35.03.06 Агроинженерия Иркутского ГАУ была составлена информационная блок-схема (рисунок 1), позволяющая быстро определять поведение числового ряда по его виду и некоторым признакам сходимости.

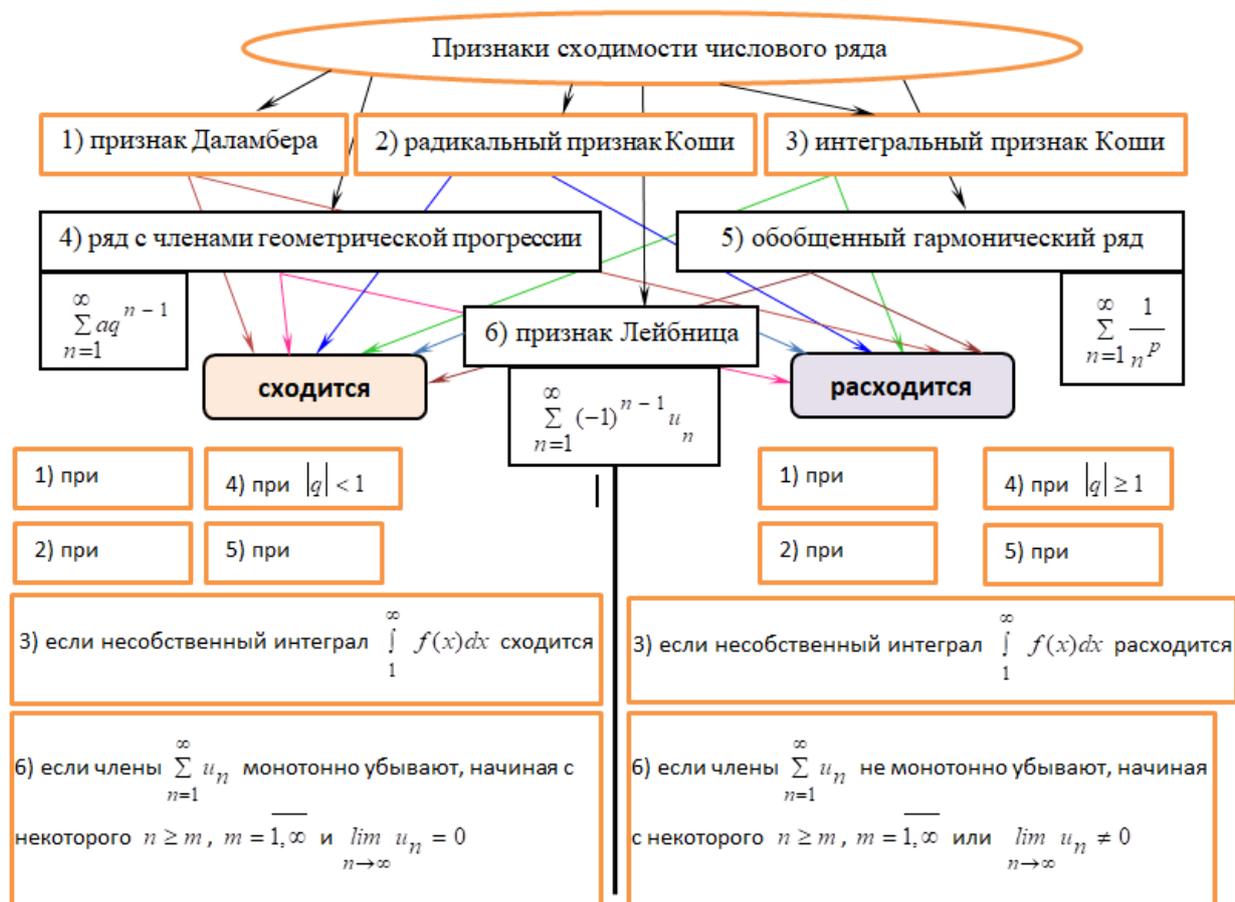


Рисунок 1 – Блок-схема «Признаки сходимости числового ряда»

Достаточно большое разнообразие методов решения дифференциальных уравнений (ДУ) первого порядка, разрешаемых в квадратурах, позволили свести некоторых их них в таблицу 2. Такой вид инфографики, как таблица необходима для упрощённого восприятия большого объёма учебной математической информации, позволяющая определять главную мысль содержания материала, способствующая быстрому её запоминанию и в значительной степени упрощающая процесс овладения нужной информацией, по сравнению с той традиционной формой, которая представлена в учебном или лекционном материале.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

Таблица 2 – Методы интегрирования ДУ1-го порядка

Тип ДУ 1-го порядка	Метод решения
I тип. ДУ с разделенными переменными $f_1(x)dx + f_2(y)dy = 0$	Проинтегрировать уравнение по переменной x и y соответственно. Общий интеграл будет равен $\int f_1(x)dx + \int f_2(y)dy + C = 0$
II тип. ДУ с разделяющимися переменными $f_1(x) \cdot \varphi_1(y)dx + f_2(x) \cdot \varphi_2(y)dy = 0$	Умножить обе части уравнения на разделяющий множитель $\frac{1}{\varphi_1(y) \cdot f_2(x)}$. Получим уравнение I типа . Общий интеграл равен: $\int \frac{f_1(x)dx}{f_2(x)} + \int \frac{\varphi_2(y)dy}{\varphi_1(y)} + C = 0$
III тип. Однородное ДУ $y' = f(x, y)$, где $f(x, y)$ – однородная функция нулевого измерения.	Подстановка: $y = x \cdot t$, $y' = t + x \cdot t'$ (или $dy = xdt + tdx$). Приводится к уравнению II типа .
IV тип. Линейное ДУ $y' + P(x)y = Q(x)$	Подстановка: $y = u \cdot v$, $y' = u' \cdot v + u \cdot v'$, где $u = u(x)$, $v = v(x)$. Приводится к уравнению II типа . Общее решение $y = e^{-\int P(x)dx} \left(\int Q(x)e^{\int P(x)dx} dx + C \right)$
V тип. Уравнение Бернулли $y' + P(x)y = Q(x)y^n$, $n \in R \setminus \{0;1\}$	<u>1 способ.</u> Подстановка: $y = u \cdot v$, $y' = u' \cdot v + u \cdot v'$. <u>2 способ.</u> Подстановка: $t = y^{n-1}$
VI тип. Уравнение в полных дифференциалах $M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0$	1. Проверка достаточного условия $\frac{\partial M(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial N(x, y)}{\partial x}$ $\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial x} = M(x, y) \\ \frac{\partial F}{\partial y} = N(x, y) \end{cases} \Rightarrow F(x, y) = \int M(x, y)dx + c(y)$ 2. $\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} (\int M(x, y)dx) + c'(y) = N(x, y) \Rightarrow$ $c(y) = \int \left(N(x, y) - \frac{\partial}{\partial y} (\int M(x, y)dx) \right) dy + \tilde{C}$ $\int M(x, y)dx + \int \left(N(x, y) - \frac{\partial}{\partial y} (\int M(x, y)dx) \right) dy = C$

Заключение. В веке информационных технологий инфографика набирает всё большие обороты по популярности и значимости в образовательном пространстве. Широкое распространение инфографики, прочие средства

наглядности, используемые в образовательном процессе, способствуют правильному усвоению учебного материала, развитию зрительной памяти, визуального, пространственного мышления, воображения, формированию мыслительных навыков, а также активизации познавательной деятельности студентов.

Список литературы

1. Аликина, Е.В. Формирование инфографической компетентности в научно - исследовательской деятельности курсантов военного вуза в процессе изучения иностранного языка / Е.В. Аликина, Т.Б. Рапакова // Вестник Пермского национально - исследовательского политехнического университета. Проблемы языкознания и педагогики. – 2019. – С. 147 - 157.

2. Ваткова, О.А. Реализация технологий визуального мышления студентов в условиях когнитивного тренинга О.А. Ваткова, // Научно - методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Спецвыпуск № 01. – 0,3 п. л. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/75016.htm> (дата обращения : 14.09.2022).

3. Высоцкая, П.А. Использование инфографики в преподавании математики / П.А. Высоцкая // Научно - информационный журнал Армия и общество. – 2015. № 2 (45). – С. 105 - 108.

4. Ермолаева, Ж.Е. Инфографика как способ визуализации учебной информации / Ж.Е. Ермолаева, О.В. Лапухова, И.Н. Герасимова // Научно - методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № 11.– 0,5 п. л. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14302.htm> (дата обращения: 13.09.2022).

5. Иванова, О.В. Использование крупно - модульных опор при изучении математических разделов в вузе / О.В. Иванова // Научно - методический электронный журнал «Концепт». – 2016. - № 8. – 0,4 п. л. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/16167.htm> (дата обращения: 14.09.2022).

6. Кондратенко, О.А. Инфографика в школе и вузе: на пути к развитию визуального мышления / О.А. Кондратенко // Научный диалог. – 2013. – № 9 (21): Психология. Педагогика. – С. 92 - 99.

7. Лаптев, В.В. Изобразительная статистика. Введение в инфографику. – Спб: Эйдос, 2012. – 180 с.

8. Панюкова, С.А. Инфографика. Что это и с чем её едят? / С.А. Панюкова, В.В. Федотовский, А.А. Яшина // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2014. – № 2 (14). – С. 100 - 111.

9. Филичев, С.А. Современные средства обеспечения наглядности в образовательном процессе технического вуза / С.А. Филичев // Профессиональное образование. – 2018. – № 2 (30). – С. 180 - 185.

References

1. Alikina, E.V. Formation of infographic competence in the scientific research activity of cadets of a military university in the process of studying a foreign language / E.V. Alikina, T.B. Rapakova // Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Problems of linguistics and pedagogy. - 2019. - S. 147 - 157.

2. Vatkova, O.A. Implementation of technologies of visual thinking of students in the context of cognitive training O.A. Vatkova, // Scientific and methodical electronic journal "Concept". - 2015. - Special issue No. 01. - 0.3 p. l. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/75016.htm> (date of access: 09/14/2022).

3. Vysotskaya, P.A. The use of infographics in teaching mathematics / P.A. Vysotskaya // Scientific and informational journal Army and society. – 2015. No. 2 (45). - pp. 105 - 108.

4. Ermolaeva, Zh.E. Infographics as a way to visualize educational information / Zh.E. Ermolaeva, O.V. Lapukhova, I.N. Gerasimova // Scientific and methodical electronic journal "Concept". - 2014. - No. 11. - 0.5 pp. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14302.htm> (date of access: 09/13/2022).

5. Ivanova, O.V. The use of large-modular supports in the study of mathematical sections at the university / O.V. Ivanova // Scientific and methodical electronic journal "Concept". - 2016. - No. 8. - 0.4 p. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/16167.htm> (date of access: 09/14/2022).

6. Kondratenko, O.A. Infographics at school and university: on the way to the development of visual thinking / O.A. Kondratenko // Scientific dialogue. - 2013. - No. 9 (21): Psychology. Pedagogy. - S. 92 - 99.

7. Laptev, V.V. Pictorial statistics. Introduction to infographics. - St. Petersburg: Eydos, 2012. - 180 p.

8. Panyukova, S.A. Infographics. What is it and what is it eaten with? / S.A. Panyukova, V.V. Fedotovskiy, A.A. Yashina // Sign: the problematic field of media education. 2014. - No. 2 (14). - S. 100 - 111.

9. Filichev, S.A. Modern means of providing visualization in the educational process of a technical university / S.A. Filichev // Professional education. - 2018. - No. 2 (30). - S. 180 - 185.

Сведения об авторе

Голышева Светлана Павловна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89247013521, e-mail: golyshevasp@yandex.ru).

Information about the author

Golysheva Svetlana P. – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of mathematics (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89247013521, e-mail: golyshevasp@yandex.ru).

УДК 517.91

МЕТОДЫ ПЕДАГОГИКИ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Е.В. Елтошкина, А.В. Кузьмин, Т.В. Бодякина

*ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

Для выработки интереса к предмету математика при составлении содержания устанавливаются межпредметные связи курса математики со специальными дисциплинами: экономика сельского хозяйства, растениеводство, кормление сельскохозяйственных животных, механизация сельского хозяйства и др. В содержание обучения математике необходимо включать элементы моделирования сельскохозяйственного производства. Подобранные и рассмотренные задачи практической направленности в курсе «Математика» позволяют показать студентам широкие возможности применения математических методов в моделировании процессов агроинженерии. Разработана дидактическая система, ориентированная на самообразование студентов. Для эффективного обучения и обеспечения профессионального самоопределения студентов осуществляется лично-ориентированный подход в обучении.

Ключевые слова: Агроинженерия, математика, моделирование, методы, педагогика, межпредметная связь.

PEDAGOGICAL METHODS IN THE MATHEMATICAL TRAINING OF FUTURE AGRICULTURAL SPECIALISTS

E.V. Eltoshkina, A.V. Kuzmin, T.V. Bodyakina

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

In order to develop interest in the subject of mathematics, when compiling the content, interdisciplinary links are established between the course of mathematics and special disciplines: agricultural economics, crop production, feeding farm animals, agricultural mechanization, etc. The content of teaching mathematics must include elements of modeling agricultural production. The selected and considered tasks of a practical orientation in the course "Mathematics" allow students to show the wide possibilities of using mathematical methods in modeling agricultural engineering processes. A didactic system focused on self-education of students has been developed. For effective learning and ensuring professional self-determination of students, a personally-oriented approach to learning is carried out.

Key words: Agricultural engineering, mathematics, modeling, methods, pedagogy, interdisciplinary communication.

Введение. Основным условием обеспечения профессиональной направленности курса математики в аграрном вузе является содержание обучения. В содержание обучения необходимо включать элементы моделирования сельскохозяйственного производства. Для выработки интереса к предмету математика при составлении содержания устанавливаются межпредметные связи курса математики со специальными дисциплинами: экономика сельского хозяйства, растениеводство, кормление сельскохозяйственных животных, механизация сельского хозяйства и др. [1, 2].

Цель – изучить межпредметную связь курса математики с профессиональными задачами направления 35.03.06 Агроинженерия.

Материалы и методы исследования. Составлена матрица взаимодействия и логическая сеть связи курса высшей математики с другими учебными дисциплинами, которые позволяют выявить конкретные темы практического применения, необходимый аппарат и примеры.

Результаты и их обсуждение. Главным условием профессиональной подготовки специалиста является формирование мотивации к саморазвитию и самосовершенствованию личности студентов. Для эффективного обучения и обеспечения профессионального самоопределения студентов осуществляется лично-ориентированный подход в обучении.

Для каждого студента должны быть созданы условия, когда он находится перед тем или иным выбором, в состоянии поиска решения задач профессиональной деятельности.

Основной целью изучения математики заключается в том, чтобы методы математики стали для них актуальными для решения тех или иных задач.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

Если студент имеет интересную, профессионально ориентированную задачу, требующую применения математических методов, он будет самостоятельно изучать и овладевать соответствующими знаниями. Таким образом, задача преподавателя заключается в направлении исследовательской деятельности студента, в оказании мягкой и тонкой педагогической поддержке. Преподаватель должен предлагать студенту задачу и создавать ситуации самостоятельного поиска её решения.

Например, студентам предлагается решить следующие задачи.

А) Раздел «Матрицы и действия над ними».

При выращивании посевов нужно для подкормки почвы на 1 га химических веществ А, В, С, Д входящих в удобрения в количествах, не менее указанных в таблице 1. Совхоз закупает комбинированные удобрения двух видов.

Таблица 1 – Содержание химических веществ и цена единицы каждого вида удобрения

Химические вещества	Содержание химического вещества в удобрении		Норма расхода химических веществ на 1 га
	I	II	
А	3	2	70
В	2	3	110
С	-	5	40
Д	4	-	80
Стоимость единицы продукции, руб.	50	60	

В) Раздел «Математическая статистика».

Пусть дан список хозяйств (порядковые номера от 1 - 25), и дана специализация каждого по отраслям сельского хозяйства (животноводство, растениеводство), посевная площадь, поголовье КРС (число голов). Требуется провести типологическую группировку (определить группировочный признак, число групп).

Таблица 3 отражает характеристику выделенных групп при помощи обобщающих показателей. Каждая группа характеризуется показателем численности группы и удельным весом группы. Типологическая группировка по нескольким группировочным признакам позволяет получить более точные результаты и точнее охарактеризовать выделенные типы. После предварительной работы можно с помощью формул математической статистики рассчитать необходимые числовые характеристики статистических данных [3].

С) Раздел «Теория вероятностей».

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

Таблица 2 – Предварительная группировка фермерских хозяйств по размеру

Отрасль	Признак, характеризующий размер предприятий	№ предприятий	Число предприятий в группе	Тип по величине
растение-водство	Посевная площадь			
	До 200	6, 9	2	Мелкие
	200 - 600	3, 5, 7, 8, 14, 19	6	Средние
	Более 600	12, 13, 15, 18, 25	5	Крупные
животно-водство	Поголовье скота			
	До 250	1, 11, 17, 23	4	Мелкие
	251 - 800	4, 10, 16, 22, 34	5	Средние
	801 и более	2, 20, 21	3	Крупные

Таблица 2 получена после типологической группировки, определения числа групп, определения величины интервала.

Таблица 3 – Группировка фермерских хозяйств по размеру

Типы хозяйств	Число хозяйств в группе	Число хозяйств в % к итогу
Мелкие	6	24
Средние	11	44
Крупные	8	32
Всего	25	100

Поле засеивается пшеницей четырех сортов I, II, III, IV, перемешанных между собой. Возьмём одно из этих зёрен. Вероятности принадлежности этого зерна к одному из сортов равны соответственно: $P(A_1) = 0,12$; $P(A_2) = 0,09$; $P(A_3) = 0,04$; $P(A_4) = 0,65$. Вероятности того, что из зёрен вырастет колос, содержащий не более 30 зёрен, равны: 0,25 из зёрен сорта I; 0,08 из зёрен сорта II; 0,04 из зёрен сорта III, 0,01 из зёрен сорта IV. Найти вероятность того, что из наугад взятого зерна вырастет колос, имеющий не более 30 зёрен [4].

Заключение. Представленные задачи в курсе «Математика» позволяют показать студентам широкие возможности применения математических методов в моделировании процессов агроинженерии. Разработанная дидактическая система, ориентированная на самообразование студентов, является достаточно эффективной для профессионального, общекультурного, творческого развития студентов направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского.

Список литературы

1. Елтошкина, Е.В. Математическая подготовка бакалавров в системе аграрного образования / Е.В. Елтошкина, Т.В. Бодякина, С.Е. Васильева, Н. Маслов // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. - № 4 - 10. – С. 110 - 115.
2. Елтошкина, Е.В. О математической подготовке в техническом вузе / Е.В. Елтошкина, Е.Н. Булгатова, Е.Б. Павлова // Формирование компетенций в условиях современных потребностей рынка труда: Сборник статей международной научно - методической конференции, Улан-Удэ, 18 - 19 марта 2020 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 470 - 474.
3. Долгополова, А.Ф. Теория вероятностей и математическая статистика / А.Ф. Долгополова, Т.А. Гулай, Д.Б. Литвин, С.В. Мелешко // Международный журнал экспериментального образования, 2012. - № 11. – С. 51 - 52.
4. Чужинова, А.Е. Решение агроинженерных задач методами математического и вероятностного анализов / А.Е. Чужинова, Н.А. Клепинин, Е.В. Елтошкина // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской научно - практической конференции, п. Молодёжный, 05 - 06 марта 2020 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 260 - 266.

References

1. Eltoshkina, E.V. Matematicheskaya podgotovka bakalavrov v sisteme agrarnogo obrazovaniya / E.V. Eltoshkina, T.V. Bodayakina, S.Ye. Vasil'yeva, N. Maslov // Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologiy. – 2016. - № 4 - 10. – S. 110 - 115.
2. Eltoshkina, E.V. O matematicheskoy podgotovke v tekhnicheskom vuze / E.V. Eltoshkina, E.N. Bulgatova, E.B. Pavlova // Formirovaniye kompetentsiy v usloviyakh sovremennykh potrebnostey rynka truda: Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno - metodicheskoy konferentsii, Ulan-Ude, 18 - 19 marta 2020 goda. – Ulan-Ude: Vostochno-Sibirskiy gosudarstvennyy universitet tekhnologiy i upravleniya, 2020. – S. 470 - 474.
3. Dolgopolova, A.F. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika / A.F. Dolgopolova, T.A. Gulay, D.B. Litvin, S.V. Meleshko // Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya, 2012. - № 11. – S. 51 - 52.
4. Chuzhinova, A.E. Resheniye agroinzhenernykh zadach metodami matematicheskogo i veroyatnostnogo analizov / A.E. Chuzhinova, N.A. Klepinin, E.V. Yeltoshkina // Nauchnyye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK: materialy vserossiyskoy nauchno - prakticheskoy konferentsii, p. Molodezhnyy, 05 - 06 marta 2020 goda. – p. Molodezhnyy: Irkutskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. A.A. Yezhevskogo, 2020. – S. 260 - 266.

Сведения об авторах

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики инженерного факультета, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского» (664022, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лебедева - Кумача д.29, тел. 89041292430, EEV_Baikal2005@mail.ru).

Кузьмин Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского» (664022, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, тел. 89503835361, kuzmin_burgsha@mail.ru).

Бодякина Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры математики инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, Иркутский ГАУ, тел. 89148781789, e-mail: Bodt1981@yandex.ru).

Information about authors

Eltoshkina Evgeniya V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of mathematics of the faculty of engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, Irkutsk SAU, tel. 89041292430, e-mail: EEV_Baikal2005@mail.ru).

Kuzmin Alexander V. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical service and general engineering disciplines of the faculty of engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, Irkutsk SAU, tel.89503835361, e-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

Bodyakina Tatiana V. – senior lecturer of the postgraduate student, department of technical service and general engineering department of mathematics of the faculty of engineering, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky (664038, I664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village, Irkutsk SAU, tel. 89148781789, e-mail: Bodt1981@yandex.ru).

УДК 519.22: 378.025.7(07)

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ
ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ
СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА**

Н.И. Овчинникова, М.А. Быкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье обоснована актуальность проблемы формирования и развития вероятностно-статистического мышления студентов аграрного вуза, необходимого для профессионального становления, анализа реальных разнообразных ситуаций и событий со случайными исходами, принятия обоснованных решений многовариантных задач прикладной и практической значимости. Приоритетная роль в развитии такого мышления отводится изучению дисциплин «Теория вероятностей» и «Математическая статистика» или подобным разделам курса математики в аграрном вузе. Рассмотрены активные подходы в обучении этим дисциплинам, такие как комбинаторный, экспериментальный, алгоритмический, модульно-рейтинговый, исследовательский и компьютерный. Выявлена необходимость реализации прикладной направленности указанных дисциплин в учебном процессе, позволяющая повысить мотивацию обучения, а также усилить интеграцию полученных знаний и умений при изучении профессиональных дисциплин.

В результате исследований установлено, что для правильного формирования и развития вероятностно-статистического мышления студентов-аграриев целесообразно грамотно разработать целостную систему обучения таким математическим дисциплинам, как теория вероятностей и математическая статистика. В соответствии с требованиями (инициативность, здоровый прагматизм, динамизм, конкурентоспособность, самостоятельность, гибкость и др.) современного общества к специалистам разного профиля, в том числе и сферы агропромышленного комплекса, такая система послужила бы хорошим инструментом для решения управленческих, технологических и производственных задач в будущем.

Ключевые слова: Вероятностно-статистическое мышление; теория вероятностей; математическая статистика; исследовательский проект; система обучения.

**FORMATION AND DEVELOPMENT
OF PROBABILISTIC AND STATISTICAL THINKING AGRICULTURAL
UNIVERSITY STUDENTS**

N.I. Ovchinnikova, M.A. Bykova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article substantiates the relevance of the problem of formation and development of probabilistic and statistical thinking of students of an agricultural university, necessary for professional development, analysis of real diverse situations and events with random outcomes, making informed decisions on multivariate tasks of applied and practical significance. A priority role in the development of such thinking is given to the study of the disciplines "Probability theory" and "Mathematical statistics" or similar sections of the mathematics course at an agricultural university. Active approaches in teaching these disciplines, such as combinatorial, experimental, algorithmic, modular-rating, research and computer, are considered. The necessity of implementing the applied orientation of these disciplines in the educational process is revealed, which allows to increase the motivation of learning, as well as to strengthen the integration of acquired knowledge and skills in the study of professional disciplines.

As a result of the research, it was found that for the correct formation and development of probabilistic and statistical thinking of agricultural students, it is advisable to competently develop an integrated system of teaching such mathematical disciplines as probability theory and mathematical statistics. In accordance with the requirements (initiative, healthy pragmatism, dynamism, competitiveness, independence, flexibility, etc.) of modern society for specialists of various profiles, including the agro-industrial complex, such a system would serve as a good tool for solving managerial, technological and production tasks in the future.

Key words: Probabilistic and statistical thinking; probability theory; mathematical statistics; research project; learning system.

Введение. Каждому человеку в своей жизни приходится выполнять достаточно сложные расчёты, пользоваться вычислительной техникой, находить в справочниках и применять нужные формулы, читать информацию, представленную в виде таблиц, диаграмм, понимать вероятностный характер случайных событий, составлять несложные алгоритмы, модели и др.

В связи с этим становятся актуальными такие качества мышления, как гибкость, критичность, глубина, адаптивность, динамизм, способность действовать в условиях конкуренции и ситуациях неопределённости. Современному человеку необходим новый стиль мышления, называемый некоторыми исследователями «Вероятностно-статистическим» [2 - 3, 8, 12]. Под таким мышлением понимается [12]: «... один из видов мышления, в основе которого лежит причинно-следственная связь статистического характера, в его структуре формируются различные виды вероятностных обобщений».

Цель исследований по данной теме определяется, во-первых, социальным заказом общества на формирование специалиста, способного принимать решения на основе статистических данных и фактов, прогнозировать результаты реализации этих обоснованных решений и брать на себя ответственность за полученные результаты; во-вторых, потребностью самого студента в личностном развитии.

Достижение этой цели может быть достигнуто при развитии у студентов:

- навыков проведения логических рассуждений;
- способности мыслить системными категориями;
- знаний комбинаторных, вероятностных и статистических методов;
- умений анализировать случайные факты, выдвигать гипотезы, оценивать риски, осуществлять прогнозы;
- владений методами принятия решений в условиях случайности и неопределённости.

Все эти задачи могут быть решены при применении активных методов преподавания как отдельных курсов «Теория вероятностей» и «Математическая статистика», так и данных разделов в общем курсе «Математика» высшей школы.

Материалы и методы. Первым шагом в формировании вероятностно-статистического мышления студентов является *освоение способов решения комбинаторных задач*, являющихся базой для решения вероятностных задач. При изучении комбинаторики мы предлагаем ставить задачи с последовательно нарастающей трудностью. Решая частные задачи с помощью элементарных рассуждений, обобщая их, студенты самостоятельно приходят к выводу комбинаторных формул. Содержание задач и методика их постановки должны быть такими, чтобы логика поисковой деятельности студентов, способы нахождения ответа на поставленный вопрос были связаны с мыслительными усилиями, разрешением какой-либо проблемной ситуации. Такой подход служит эффективным средством развития умственных способностей студентов и способствует развитию их речи, особенно таких качеств выражения мысли, как порядок, ясность, обоснованность.

Перед введением понятия «Вероятность случайного события» полезно провести эксперименты со случайными исходами, случайный опыт. *Проведение экспериментов* должно возбудить у студентов интерес и подвести к понятию случайного события. При проведении опытов студенты могут убедиться в том, что с увеличением числа испытаний значения статистической частоты (выбранного для наблюдения исхода) устойчиво сосредотачиваются возле некоторого числа P , которое и называют вероятностью наблюдаемого исхода или события. При введении классического определения вероятности необходимо, чтобы студенты понимали разницу между статистическим и классическим определениями вероятности, что это не ещё одно определение вероятности, а один из способов вычисления вероятности. Причём классическую вероятность вычисляют до опыта, относительную частоту – после опыта. На практике чаще используется классическое определение вероятности. Поэтому для привития навыков решения вероятностных задач целесообразно дать алгоритм определения вероятности по классической формуле и разобрать его на простейших задачах, как без применения формул комбинаторики, так и с их применением. Следует отметить, что *введение алгоритмического подхода к решению задач* на применение основных понятий и теорем теории вероят-

ностей позволяет студентам анализировать условие, чётко представлять план решения задачи, учит их аналитически и структурированно мыслить [6].

После введения классического определения вероятности можно рассмотреть геометрическую вероятность. В этом случае рассматривается не количество возможных и благоприятных исходов, а отношение площади области, благоприятствующей появлению рассматриваемого случайного события, к площади всей области. То есть геометрическое определение вероятности является обобщением классического определения на случай, когда число равно возможных исходов бесконечно.

Важным элементом в развитии вероятностно-статистического мышления студентов является *работа с данными*: их сбор, обработка, представление и анализ. Всем этим занимается математическая статистика. Поэтому преподавателю математической статистики в вузе необходимо научить студентов самостоятельно собирать информацию, представлять её в различных формах (таблицах, графиках, диаграммах, гистограммах и др.) и их анализировать, делать практические выводы, используя статистические характеристики и гипотезы. С целью повышения познавательной активности студентов большее внимание следует уделять *анализу реальных ситуаций, задачам прикладного характера, исследовательским проектам* [1, 5, 13].

Особая роль в учебном процессе отводится *использованию компьютерных технологий* на практических занятиях в форме лабораторных, самостоятельных работ, при выполнении домашних индивидуальных заданий с применением программных пакетов *SPSS, STATISTICA, STATGRAPHICS* и др., которые позволяют освободить студентов от рутинных вычислительных действий и дают возможность уделить большее внимание идейной стороне задачи. Для эффективной реализации процесса обучения необходима постоянная текущая проверка знаний, проводимая нами в виде компьютерного тестирования.

Результаты исследования, их обсуждение. Результатами применения разработанной системы обучения теории вероятностей и математической статистики для формирования и развития вероятностно-статистического мышления студентов аграрного вуза является их заинтересованность в изучении этих дисциплин и, как следствие, повышение успеваемости по названным дисциплинам. Об этом свидетельствуют данные с 2013 года, обработанные нами, рисунках 1 и 2.

Активизировалось и участие студентов всех направлений подготовки Иркутского аграрного университета в студенческих конференциях, увеличилось число публикаций в сборниках научных трудов молодых учёных. В этом ключе следует отметить работу студентки 2 курса агрономического факультета Шверских Анны «Влияние различных климатических зон и погодных условий на урожайность зерновых в Иркутской области», в которой собрана и обработана статистическая информация по урожайности зерновых культур в Иркутской области за пятилетний период.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

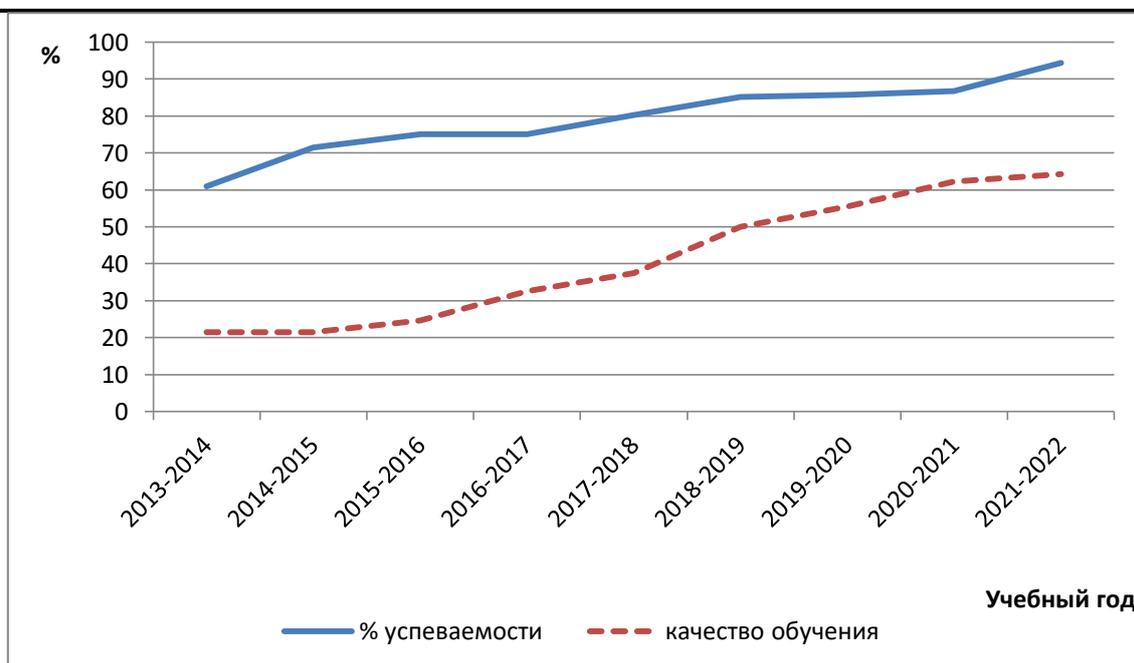


Рисунок 1 – Динамика изменения успеваемости и качества обучения студентов I курса специальности «Экономическая безопасность» института экономики, управления и прикладной информатики» (ИЭУПИ) по дисциплине «Теория вероятностей»

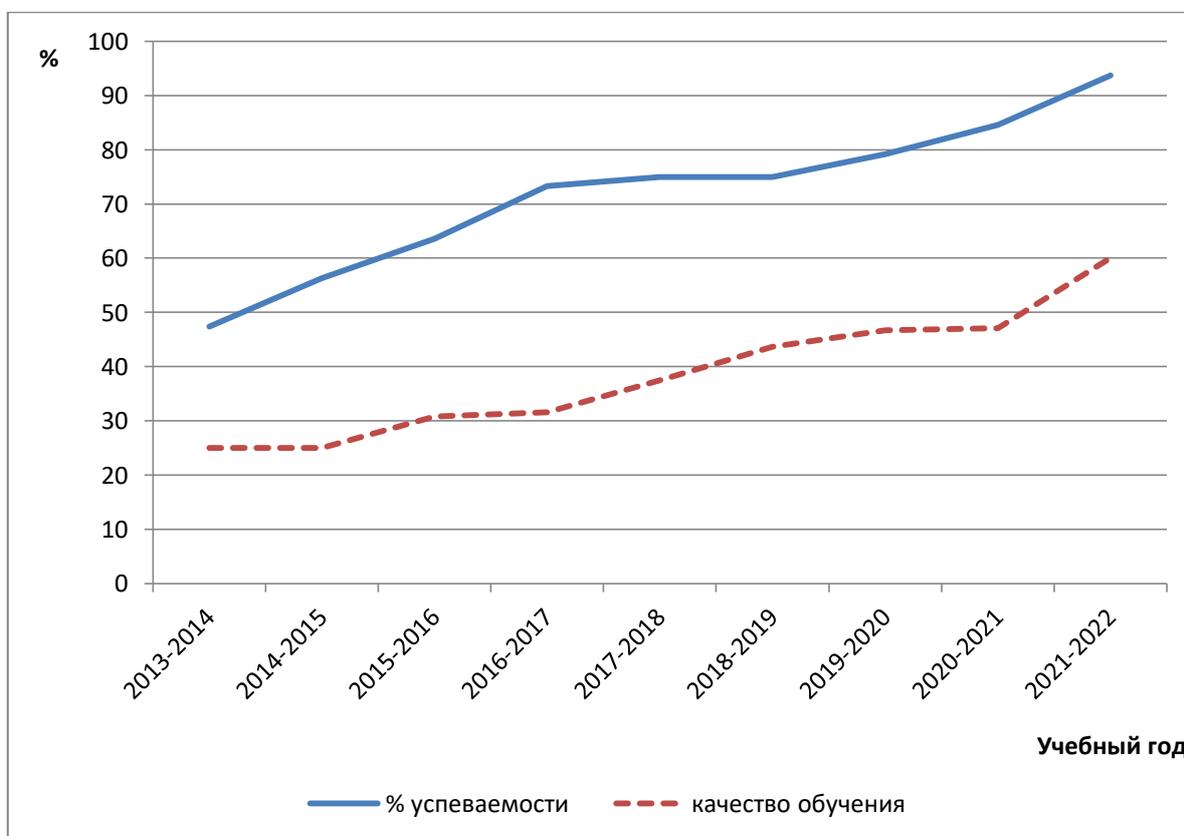


Рисунок 2 – Динамика изменения % успеваемости и качества обучения (%) студентов II курса специальности «Экономика» ИЭУПИ по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика»

Автором проведён анализ информации и выбраны районы Иркутской области, наиболее благоприятные для выращивания зерновых культур [13].

Практический интерес представляет материал, собранный студентами 2 курса инженерного факультета Астапова Ярослава и Духнич Евгения при прохождении производственной практики, который представлен в виде доклада и статьи «Приложения основ теории вероятностей в производстве» на студенческой научно-практической конференции [4]. Оригинальным оказалось решение задачи определения работоспособности технических систем студентами 1 курса Института экономики, управления и прикладной информатики Жернакова Евгения, Туги Кристины, применившие методы теории игр Вальда, Сэвиджа, Гурвица и теории вероятностей [7].

Выводы. Для формирования и развития вероятностно-статистического мышления студентов аграрного вуза разработана и введена в учебный процесс гибкая и целостная система обучения математическим дисциплинам теории вероятностей и математической статистике. Методическое обеспечение и инновационные методики этой системы позволяют сформировывать у студентов вероятностную картину мира, реализовывать межпредметные связи, прививать навыки построения математических моделей сельскохозяйственных технологических процессов, оценивать риски и решать управленческие, производственные задачи [5, 11], а также продолжать образование на протяжении всего периода жизни.

Список литературы

1. Агалаков, С.А. О практической направленности обучения методам математической статистики // Методика преподавания математических и естественнонаучных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития [Электронный ресурс] : Материалы IV Всероссийской научно - практической конференции (Омск, 4 июля 2017 г.) / [отв. ред. А.А. Романова]. – Электрон. текст. дан. – Омск : Изд - во Ом. гос. ун - та, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD - ROM).
2. Арзуманян, Н.И. Вероятностный стиль мышления: сущность понятия и свойства // Вестник РУДН, Серия Психология и педагогика. 2012. № 2. С.40 - 44.
3. Асланян, И.В. Усиление профессиональной направленности университетского курса теории вероятностей и математической статистики // Современные проблемы науки и образования (электронный журнал). – 2016. – № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24589>.
4. Астапов, Я.И. Приложения основ теории вероятностей в производстве / Я.И. Астапов, Е.Д. Духнич, Е.В. Елтошкина // Материалы студенческой научно - практической конференции «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК» (14 - 15 марта 2019 г.) – Молодежный : Изд - во Иркутский ГАУ, - 2019. Т. IV. – с. 252 - 259.
5. Балданов, А.Э. Анализ изменения прожиточного минимума по Иркутской области / А.Э. Балданов, М.А. Быкова // Экономика, управление и финансы: сборник статей V международной научно - практической конференции. – Ставрополь : «ЛОГОС», 2018. – С. 33 - 41.
6. Батранина, М.А. Алгоритмизация процесса обучения теории вероятностей в вузе // Естественные и математические науки в современном мире: сб. статей по материалам XII международной научно - практической конференции № 4 (39). Новосибирск : СибАК, 2016. С. 139 - 145.
7. Жернаков, Н.Е. Использование математического аппарата в процессе определения работоспособности технических систем / Н.Е. Жернаков, К.А. Туги, Е.В. Елтошкина // Материалы студенческой научно - практической конференции «Научные исследования

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

студентов в решении актуальных проблем АПК» (17 - 18 февраля 2022 г.) – Молодёжный : Изд - во Иркутский ГАУ, - 2022. Т. IV. – с. 59 - 67.

8. Краснощеков, В.В. Инновационная методика преподавания теории вероятностей в больших потоках / В.В. Краснощеков, Н.В. Семенова // Современные наукоёмкие технологии. – 2018. – № 8. – С. 199 - 203; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37145>.

9. Овчинникова, Н.И. Математика. Практикум по теории вероятностей // Изд - во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского – Иркутск, 2020 – 108 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42888859>.

10. Овчинникова Н.И., Елтошкина Е.В., Васильева С.Е. Практикум по математической статистике, часть I. – Иркутск : Иркутский ГАУ, 2015 – 117 с.

11. Овчинникова, Н.И. Применение теории полумарковских процессов к моделированию сельскохозяйственной уборочно - транспортной системы / Н.И. Овчинникова, А.В. Косарева, В.В. Боннет // Безопасность колёсных транспортных средств : Материалы 106 - й Междунар. науч. - техн. конф. (Иркутск, 23 - 26 апреля 2019 г.). – Иркутск : Изд - во ИРННТУ, 2019. – С. 324 - 333.

12. Патронова, Н.Н. Вероятностно - статистический стиль мышления и его развитие при обучении математике : Монография / Н.Н. Патронова, О.Н. Троицкая, М.В. Шабанова // Поморский гос. университет им. М.В. Ломоносова. Архангельск, 2010. 250 с.

13. Шиверских, А.С. Влияние различных климатических зон и погодных условий на урожайность зерновых в Иркутской области / А.С. Шиверских, М.А. Быкова // Наука России : Цели и задачи: Сборник статей по материалам X международной научно - практической конференции 10.08.2018. Екатеринбург : JURNAL.RU, 2018. С. 64 - 67.

References

1. Agalakov, S.A. O prakticheskoy napravlenosti obucheniya metodam matematicheskoy statistiki // Metodika prepodavaniya matematicheskix i estestvennonauchny`x disciplin: sovremennye`e problemy` i tendencii razvitiya [E`lektronny`j resurs]: materialy` IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Omsk, 4 iyulya 2017 g.) / [otv. red. A.A. Romanova]. – E`lektron. tekst. dan. – Omsk : Izd - vo Om. gos. un - ta, 2017. – 1 e`lektron. opt. disk (CD - ROM).

2. Arzumaniyan, N.I. Veroyatnostny`j stil` my`shleniya: sushhnost` ponyatiya i svojstva // Vestnik RUDN, Seriya Psixologiya i pedagogika. 2012. № 2. S. 40 - 44.

3. Aslanyan, I.V. Usilenie professional`noj napravlenosti universitetskogo kursa teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki // Sovremennye`e problemy` nauki i obrazovaniya (e`lektronny`j zhurnal). – 2016. – № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24589>.

4. Astapov, Ya.I. Prilozheniya osnov teorii veroyatnostej v proizvodstve / Ya.I. Astapov, E.D. Duxnich, E.V. Eltoshkina // Materialy` studencheskoj nauchno - prakticheskoy konferencii «Nauchny`e issledovaniya studentov v reshenii aktual`ny`x problem APK» (14 - 15 marta 2019 g.) – Molodezhny`j : Izd - vo Irkutskij GAU, - 2019. Т. IV. – с. 252 - 259.

5. Baldanov, A.E. Analiz izmeneniya prozhitochnogo minimuma po Irkutskoj oblasti / A.E. Baldanov, M.A. By`kova // E`konomika, upravlenie i finansy` : sbornik statej V mezh-dunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii. – Stavropol` : «LOGOS», 2018. – S. 33 - 41.

6. Batranina, M.A. Algoritmizaciya processa obucheniya teorii veroyatnostej v vuze // Estestvenny`e i matematicheskie nauki v sovremennom mire: sb. statej po materialam XII mezh-dunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii № 4 (39). Novosibirsk : SibAK, 2016. S. 139 - 145.

7. Zhernakov, N.E. Ispol`zovanie matematicheskogo apparata v processe opredeleniya rabotosposobnosti texnicheskix sistem / N.E. Zhernakov, K.A. Tugi, E.V. Eltoshkina // Materialy` studencheskoj nauchno - prakticheskoy konferencii «Nauchny`e issledovaniya studentov v res-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

henii aktual'ny`x problem APK» (17 - 18 fevralya 2022 g.) – Molodezhny`j : Izd - vo Irkutskij GAU, - 2022. T. IV. – s. 59 - 67.

8. Krasnoshhekov, V.V. Innovacionnaya metodika prepodavaniya teorii veroyatnostej v bol'shix potokax / V.V. Krasnoshhekov, N.V. Semenova // Sovremenny`e naukoemkie tekhnologii. – 2018. – № 8. – S. 199 – 203. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37145>.

9. Ovchinnikova N.I. Matematika. Praktikum po teorii veroyatnostej // Izd - vo FGBOU VO Irkutskij GAU im. A.A. Ezhevskogo – Irkutsk, 2020 – 108 s. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42888859>.

10. Ovchinnikova N.I., Eltoshkina E.V., Vasil`eva S.E. Praktikum po matematicheskoj statistike, chast` I. – Irkutsk: Irkutskij GAU, 2015 – 117 s.

11. Ovchinnikova, N.I. Primenenie teorii polumarkovskix processov k modelirovaniyu sel'skoxozyajstvennoj uborochno - transportnoj sistemy` / N.I. Ovchinnikova, A.V. Kosareva, V.V. Bonnet // Bezopasnost` kolesny`x transportny`x sredstv: Materialy` 106 - j Mezhdunar. nauch. – texn. konf. (Irkutsk, 23 - 26 aprelya 2019 g.). – Irkutsk : Izd - vo IRNITU, 2019. – S.324 - 333.

12. Patronova, N.N. Veroyatnostno - statisticheskij stil` my`shleniya i ego razvitie pri obuchenii matematike : Monografiya / N.N. Patronova, O.N. Troiczskaya, M.V. Shabanova // Pomorskij gos. universitet im. M.V. Lomonosova. Arxangel`sk, 2010. 250 s.

13. Shiverskix A.S. Vliyanie razlichny`x klimaticheskix zon i pogodny`x uslovij na urozhajnost` zernovy`x v Irkutskoj oblasti / A.S. Shiverskix, M.A. By`kova // Nauka Rossii: Celi i zadachi : Sbornik statej po materialam X mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii 10.08.2018. Ekaterinburg : JURNAL.RU, 2018. S. 64 - 67.

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, пос. 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, пос. 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 378.015.324:159.923.4

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАМЕНТА НА УЧЕБНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТА ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВУЗА И КОЛЛЕДЖА

Д.В. Соколова, М.В. Чубарева

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

Целью исследования является определение темперамента с помощью тестирования у студентов вуза и колледжа Иркутского ГАУ, а также влияние темперамента на их учебную деятельность. Для достижения поставленной цели выбраны две методики тестирования: «Формула темперамента» по Александру Белову и методика Г. Айзенка. В эксперименте приняли участи 37 студентов инженерного факультета и 12 человек студентов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского ГАУ, из них 29 мужчин и 22 женщины в возрасте 17 - 20 лет. Анализ показал, что среди исследуемых студентов вуза получились следующие типы темпераментов соответственно по ранжиру: сангвиник; флегматик и холерик. Из студентов вуза не выявлено типа темперамента как меланхолик, однако в колледже они есть. В университете в большей степени преобладают сангвинический тип темперамента, кроме того флегматиков по двум группам одинаковое число. А холерический тип темперамента в большей степени присущ студентам из колледжа.

Ключевые слова: Темперамент, студенты вуза, студенты колледжа, тестирование, типы темпераментов, интроверсия, экстраверсия.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TEMPERAMENT ON LEARNING ACTIVITIES OF A STUDENT IN ENGINEERING UNIVERSITY AND COLLEGE

D.V. Sokolova, M.V. Chubareva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The aim of the study is to determine temperament by testing students of the university and college of the Irkutsk state agricultural university, as well as the influence of temperament on their learning activities. To achieve this goal, two testing methods were chosen: «Temperament Formula» according to Alexander Belov and G. Eysenck's method. The experiment involved 37 students of the faculty of engineering and 12 students of the college of motor transport and agricultural technologies of the Irkutsk state agricultural university, of which 29 were men and 22 were women aged 17 - 20 years. The analysis showed that among the studied university students the following types of temperaments were obtained, respectively, according to the ranking: sanguine; phlegmatic and choleric. Of the students of the university, no type of temperament was revealed as a melancholic, but they are in the college. At the university, the sanguine type of temperament prevails to a greater extent, in addition, there are the same number of phlegmatic people in the two groups. And the choleric type of temperament is more characteristic of college students.

Key words: Temperament, university students, college students, testing, temperament types, introversion, extraversion.

Введение. Темперамент – характеристика индивида со стороны динамических особенностей его психической деятельности, т.е. темпа, ритма, интенсивности отдельных психических процессов и состояний. В структуре темперамента можно выделить три главных компонента: общую активность индивида, его двигательные проявления и эмоциональность [2, 3, 6].

Темперамент в деятельности студента играет важную роль, так как именно в студенческом возрасте начинается профессиональный путь. Студенты начинают задумываться о том, в какой же сфере им реализовываться после обучения в вузе или колледже.

Например, профессия оператора-автоматчика требует от студента своевременного реагирования на изменения в функционировании многих устройств и быстрого принятия правильных решений; дисциплина на занятиях требует от студента умения сдерживать свои чувства и желания. Эти требования не могут быть изменены произвольно, поскольку они зависят от объективных причин – содержания деятельности.

Темперамент, влияющий на динамику деятельности, может повлиять на её продуктивность. В разных видах деятельности роль темперамента различна. В образовании и в массовых профессиях (токарь, слесарь, ткач, продавец, врач, учитель, инженер) некоторые качества темперамента необходимы для успешной деятельности и слабо выражены у этого человека, они могут быть компенсированы другими качествами и обусловленными ими методами работы.

В таких профессиях, как лётчик-испытатель, менеджер крупной энергосистемы, космонавт, лётчик, спортсмен международного класса и т.д., чья деятельность связана с регулярным напряжением, риском, опасностью, большой ответственностью уровень требований к психике очень высок. Характеристики темперамента – высокая тревожность, низкая невосприимчивость к помехам – не могут быть компенсированы другими характеристиками. В таких профессиях особенности темперамента определяют профессиональную пригодность человека. При таких видах работы необходимо предварительно отбирать людей по ряду характеристик, чтобы характеристики темперамента соответствовали требованиям деятельности [2].

Любая характеристика темперамента требует индивидуальных методов работы или воздействия на студента. Если вы читаете обычную лекцию, то можете увидеть такую картину, кто-то быстро улавливает материал, кто-то пытается его понять, но смысл доходит слишком медленно, а кто-то принципиально не заиклен на получении информации и не реагирует на неё. Эмоциональная сфера индивида также зависит от темперамента и, следовательно, от эффективности дисциплинарных воздействий или движущей силы мотива.

Таким образом, каждый студент должен знать какой у него преобладает темперамент.

Целью исследования является определение темперамента с помощью тестирования у студентов вуза и колледжа Иркутского ГАУ, а также влияние темперамента на их учебную деятельность.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели выбраны две методики тестирования: «Формула темперамента» по Александру Белову и методика Г. Айзенка. В эксперименте приняли участие 37 студентов инженерного факультета и 12 человек студентов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского ГАУ, из них 29 мужчин и 22 женщины в возрасте 17 - 20 лет.

Для тестирования студентов вуза была выбрана методика тестирования «Формула темперамента» по Александру Белову.

Студентам предлагалось пройти тест, состоящий из 20 характеристик по каждому типу темперамента.

На первом этапе тестирования необходимо отметить знаком «+» те качества в «Паспорте» темперамента, которые для человека обычны и повседневны [2].

Второй этап состоит в обработке результатов тестирования по следующей формуле [2]:

$$\Phi_T = \left(\frac{X \cdot A_X}{A} \cdot 100\% \right) + \left(\frac{C \cdot A_C}{A} \cdot 100\% \right) + \left(\frac{\Phi \cdot A_\Phi}{A} \cdot 100\% \right) + \left(\frac{M \cdot A_M}{A} \cdot 100\% \right) \quad (1)$$

где Φ_T – формула темперамента;

X – холерический темперамент;

C – сангвинический темперамент;

Ф – флегматический темперамент;

M – меланхолический темперамент;

A – общее число плюсов по всем типам;

A_X – число плюсов в «паспорте холерика»;

A_Φ – число плюсов в «паспорте флегматика»;

A_C – число плюсов в «паспорте сангвиника»;

A_M – число плюсов в «паспорте меланхолика».

Если количество положительных ответов в «Паспорте» темперамента того или иного типа составляет 16 - 20, то это значит, что у испытуемого ярко выражены черты данного типа темперамента. Если же ответов насчитывается 11 - 15 – это значит, что качества данного темперамента присущи в значительной степени. Если положительных ответов 6 - 10, то качества данного типа присутствуют совсем в небольшой степени [4, 5].

Следующей методикой для выявления темперамента у студентов является тест Г. Айзенка. Эта методика включает в себя личностный опросник, содержащий 57 вопросов, 24 из которых направлены на выявление экстраверсии-интроверсии, 24 других – на оценку эмоциональной стабильности-нестабильности (нейротизма), остальные 9 составляют контрольную группу вопросов, предназначенную для оценки искренности испытуемого, его отношения к обследованию и достоверности результатов. Г. Айзенк разработал два варианта данной методики (А и В), которые отличаются только текстом опросника. Инструкция, ключ и обработка данных дублируются (рисунки 1, 2) [1].

Вопросы для опроса:

1. Часто ли Вы испытываете тягу к новым впечатлениям, к тому, чтобы отвлечься, испытать сильные ощущения?
2. Часто ли Вы чувствуете, что нуждаетесь в друзьях, которые могут Вас понять, ободрить или посочувствовать?
3. Считаете ли Вы себя беззаботным человеком?
4. Очень ли трудно Вам отказываться от своих намерений?
5. Обдумываете ли Вы свои дела не спеша и предпочитаете ли подождать, прежде чем действовать?
6. Всегда ли Вы сдерживаете свои обещания, даже если это Вам невыгодно?
7. Часто ли у Вас бывают спады и подъемы настроения?
8. Быстро ли Вы обычно действуете и говорите, не тратите ли много времени на обдумывание?
9. Возникало ли у Вас когда-нибудь чувство, что Вы несчастны, хотя никакой серьезной причины для этого не было?
10. Верно ли, что «на, спор» Вы способны решиться на все?
11. Смущаетесь ли Вы, когда хотите познакомиться с человеком противоположного пола, который Вам симпатичен?
12. Бывает ли когда-нибудь, что, разозлившись, Вы выходите из себя?
13. Часто ли бывает, что Вы действуете необдуманно, под влиянием момента?
14. Часто ли Вас беспокоят мысли о том, что Вам не следовало чего-либо делать или говорить?
15. Предпочитаете ли Вы чтение книг встречам с людьми?
16. Верно ли, что Вас легко задеть?
17. Любите ли Вы часто бывать в компании?
18. Бывают ли иногда у Вас такие мысли, которыми Вам не хотелось бы делиться с другими людьми?
19. Верно ли, что иногда Вы настолько полны энергии, что все горит в руках, а иногда чувствуете сильную вялость?
20. Стараетесь ли Вы ограничить круг своих знакомых небольшим числом самых близких друзей?
21. Много ли Вы мечтаете?
22. Когда на Вас кричат, отвечаете ли Вы тем же?
23. Считаете ли Вы все свои привычки хорошими?
24. Часто ли у Вас появляется чувство, что Вы в чем-то виноваты?

Рисунок 1 – Пример вопросов для проведения опроса по выявлению темперамента

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

Бланк ответов

Фамилия, имя, отчество _____

Возраст _____ Образование _____

Номер	Ответы		Номер	Ответы		Номер	Ответы	
№ п/п	да	нет	№ п/п	да	нет	№ п/п	да	нет
1			20			39		
2			21			40		
3			22			41		
4			23			42		
5			24			43		
6			25			44		
7			26			45		
8			27			46		
9			28			47		
10			29			48		
11			30			49		
12			31			50		
13			32			51		
14			33			52		
15			34			53		
16			35			54		
17			36			55		
18			37			56		
19			38			57		
Σ:		Э=			Н=			Л=

Рисунок 2 – Бланк для занесения ответов

Для обработки результатов тестирования к нему прилагается ключ ответов [1].

Результаты и их обсуждение. В учебном процессе тип темперамента оказывает как положительное, так и отрицательное влияние во всех его направлениях. При этом речь идёт не о конкретном типе темперамента, а о каждом типе. Черты, присущие одному типу темперамента могут оказаться полезными в одних случаях и нести отрицательное воздействие в других.

После обработки результатов тестирования получилась следующая картина распределения типов темперамента студентов вуза, представленная на рисунке 3 [2] (данные приведены в процентах).

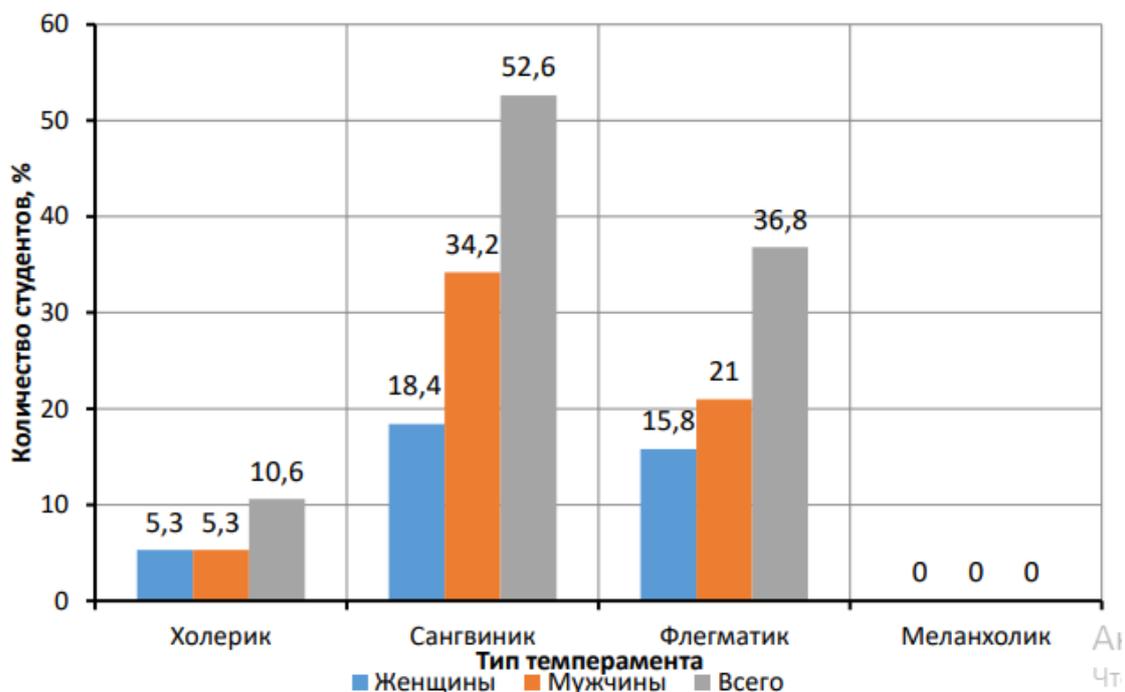


Рисунок 3 – Распределение типов темперамента, % [6]

Рисунок 3 показывает, что типы темпераментов студентов вуза распределились следующим образом: I место – сангвиник (52,6 %); II место – флегматик (36,8 %); III место – холерик (10,6 %) [7]. Не выявлено в чистом виде тип темперамента как меланхолик [7].

Используя данные обследования по шкалам экстраверсии, интроверсии и нейротизма, т.е. тест Г. Айзенка была протестирована группа студентов колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского ГАУ в составе 12 человек 17 - 18 лет. После чего была составлена диаграмма из типов темперамента и степени выраженности (рисунок 4).

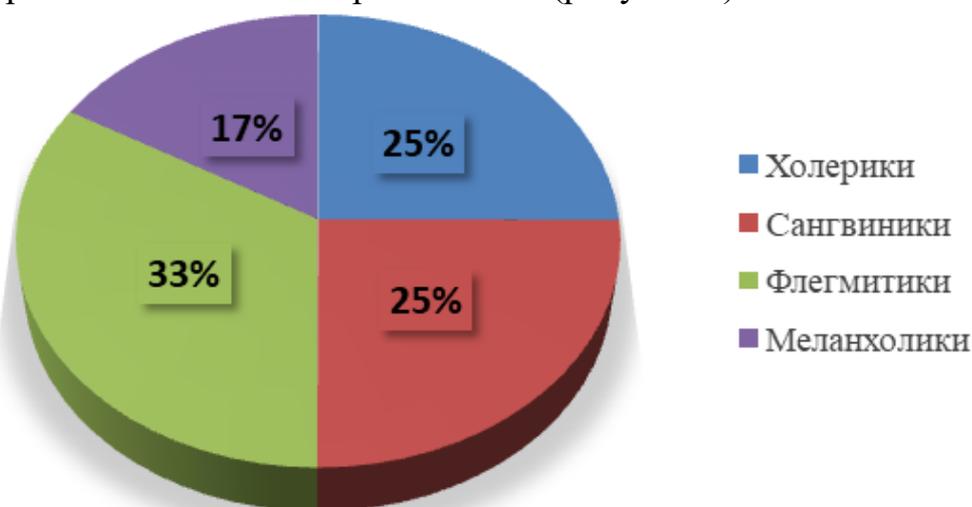


Рисунок 4 – Диаграмма распределения студентов по видам темперамента, %

Рисунок 4 показывает процентное соотношение типов темперамента данной группы: 25 % – составили студенты с холерическим типом темперамента, также 25 % сангвинического типа, 33 % с флегматическим типом

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

темперамента и 17 % меланхолического типа темперамента. В соотношении с данной диаграммой представлена диаграмма на рисунке 5, рассчитанная по количеству выявленных типов темперамента.

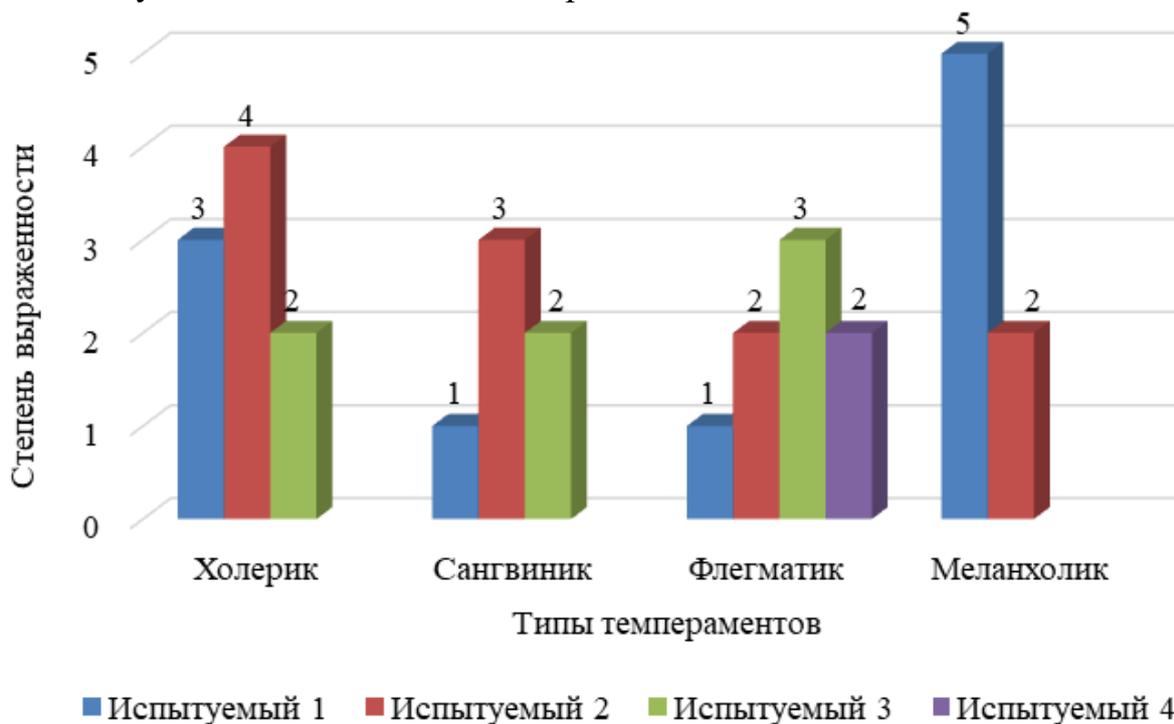


Рисунок 5 – Степень выраженности типа темперамента каждого испытуемого

Из всей группы были выделены четыре студента с наиболее ярко выраженными типами темперамента и подробнее эти темпераменты проанализированы.

У *первого испытуемого* по тесту вышли высокие баллы по экстраверсии, это означает, что у него могут быть частые спады и подъёмы настроения, раздражительность, гиперэмоциональность. Следовательно, можно утверждать, что он типичный представитель темперамента – холерик. А результаты по нейротизму, т.е. по эмоциональной устойчивости, показали средний балл.

Второй испытуемый оказался представителем меланхолического типа. По диаграмме можно посмотреть, что у него самый ярко выраженный тип. По тесту он оказался интровертом, ему присуще такие качества, как ранимость, замкнутость, оставаться всегда в тени, одиночество. Если считать, что меланхолики с трудом реагируют на сильные раздражители, то при этом у этого испытуемого наоборот эмоциональная устойчивость больше, чем у всех, что означает, что он неустойчив к некоторым раздражителям.

Третий испытуемый сангвинического типа, по шкале координат у него вышло в экстраверсии, что он из ряда общительных личностей. Можно полагать, что студент открыт к новым знакомствам и новым познаниям. Положительные качества сангвиника в том, что они работоспособные, энергичные, везде принимают активное участие, и всегда находятся в центре внимания, за его жизнерадостность и приветливость многими любим. Так же эмоциональная стабильность по тесту у испытуемого показали средний балл.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

И *четвертый испытуемый* представитель флегматического типа, самый распространённый тип у большинства людей. Флегматики по своей натуре очень спокойные. Тест показал, что студент более миролюбивый, возможно значит, что он эстет. У флегматиков много положительных качеств по усидчивости и невозмутимости, но есть и отрицательные, они очень медлительны, возможна вялость, лень, безразличие, что очень плохо будет сказываться в профессиональной деятельности, а если начальником на работе будет ещё и холерик, то он просто не выдержит такой нагрузки.

Рассмотрим подробнее график по анализу группы (рисунки 6, 7). В ней представлены четыре вида темперамента, ряды в них означают, сколько представителей данного темперамента присутствуют в группе, по оси ординат показан, насколько выражен данный вид темперамента.

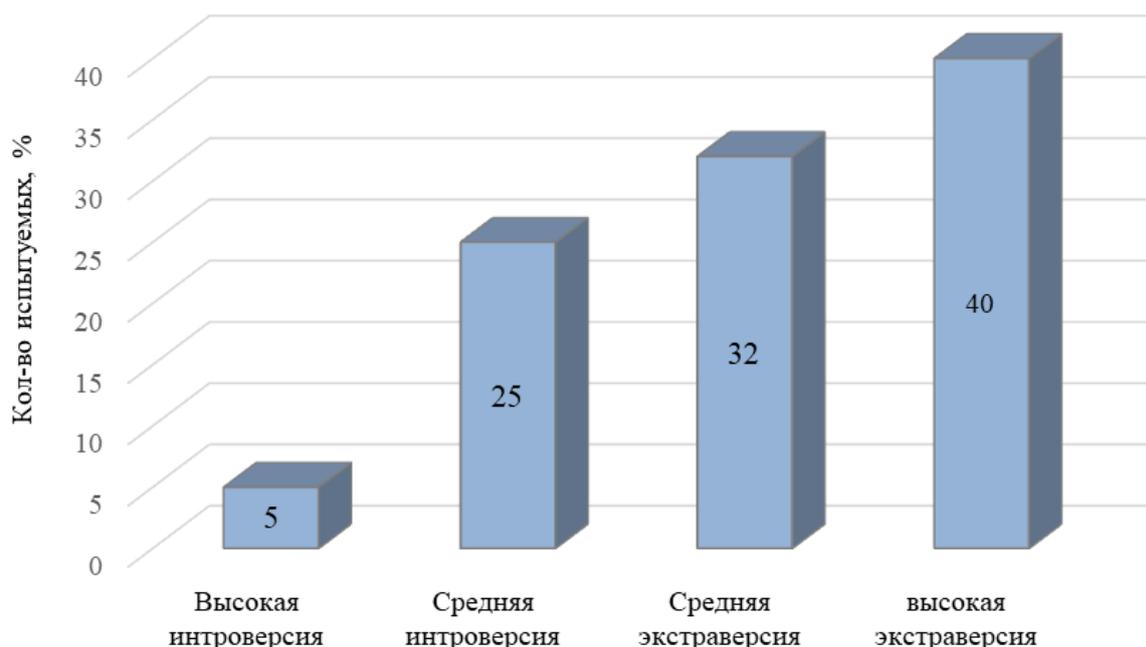


Рисунок 6 – Диаграмма распределения испытуемых по шкале Экстраверсии

Анализируя полученный график по выявлению темперамента у студентов колледжа, можно увидеть, что из представителей холерического типа темперамента присутствует три студента, так же три студента сангвинического типа, четыре флегматического типа и двое представителей меланхолического типа темпераментов.

Распределение по шкале экстраверсии и нейротизма представлено на рисунках 6 и 7.

Из полученных данных, можно сделать сравнительный анализ типов темперамента по возрастным группам между студентами университета и студентами колледжа. В процессе исследования отберём 10 студентов университета и 10 студентов из колледжа в возрасте 17 - 18 лет. После чего у нас получились следующая картина распределения студентов вуза по типам темперамента: 5 сангвиников, 3 флегматика, 2 холерика. У студентов колледжа – 2 сангвиника, 3 флегматика, 3 холерика и 2 меланхолика.

Из всего выше перечисленного видно, что из студентов вуза не выявлен тип темперамента меланхолик, однако в колледже этот тип темперамента

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

есть. Далее по результатам исследования видим, что в университете в большей степени обладают сангвинический тип темперамента. Кроме того, флегматиков по двум группам одинаковое число. А холерический тип темперамента в большей степени присущ студентам из колледжа.

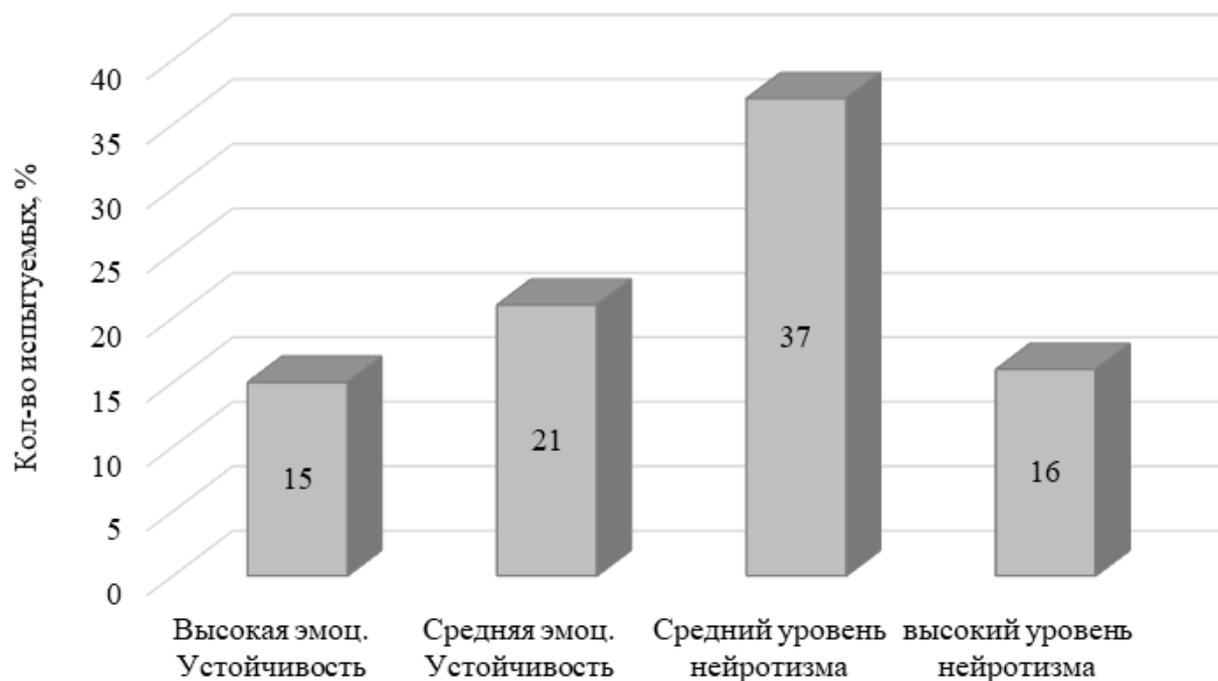


Рисунок 7 – Диаграмма распределения испытуемых по шкале нейротизма

Подобные данные можно объяснить тем, что студентам университета необходимо быть сангвиниками и холериками в соответствии с типами их характеристик. Они учатся в высшем учебном заведении и, после его окончания будут работать в сфере управления. А студенты колледжа в результате исследования делятся на все 4 типа темперамента. Такую разницу можно объяснить тем, что их профессиональная деятельность может быть очень разнообразна. Они как сангвиники, должны хорошо находить общий язык с любыми клиентами, быть стрессоустойчивыми, аккуратными в кропотливой работе, способны к монотонной работе, что соответствует меланхолическому и флегматическому типу темпераментов. А также активными как холерик.

Выводы. Студентам в учебной деятельности необходимо учитывать особенности своего темперамента. Анализ показал, что среди исследуемых студентов вуза получились следующие типы темпераментов соответственно по ранжиру: сангвиник; флегматик и холерик. Из студентов вуза не выявлено типа темперамента как меланхолик, однако в колледже они есть. В университете в большей степени преобладают сангвинический тип темперамента, кроме того флегматиков по двум группам одинаковое число. А холерический тип темперамента в большей степени присущ студентам из колледжа.

Список литературы

1. Айзенка. Личностный опросник ЕРІ (методика Г.А йзенка) / Альманах психологических тестов - М. , 1995. – 217 - 224 с.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

2. Анохин, А.Н. Методы экспертных оценок. Учебное пособие. / А.Н. Анохин – Обнинск: ИАТЭ, 1996. – 148 с.
3. Большая советская энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия; 3 - е изд., 1976, т. 25, с. 415.
4. Добророднева, А.Н. Психологические тесты для всех / А.Н. Добророднева. – К. : Таир, 2014. – 223 с.
5. Миронова, Е.Е. Сборник психологических тестов. Часть I: Пособие / Сост. Е.Е. Миронова – Мн. : Женский институт ЭНВИЛА, 2005. – 155 с.
6. Овчинников Б.В. Типы темперамента в практической психологии / Б.В. Овчинников. – СПб. : Речь, 2013. – 288 с.
7. Соколова, Д.В. Влияние темперамента на учебную деятельность студента / Д.В. Соколова, О.А. Бобовская, М.В. Чубарева // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : Материалы международной научно - практической конференции молодых учёных (Иркутский ГАУ, 26 - 27 марта 2020 г., п. Молодёжный, Иркутская область, Иркутский район). – Молодёжный : Изд - во Иркутский ГАУ, 2020 – С. 285 - 292.

References

1. Eysenka. EPI Personality Questionnaire (method of G. Ayzenk) / Almanac of psychological tests - M., 1995. - 217 - 224 p.
2. Anokhin, A.N. Methods of expert assessments. Tutorial. / A.N. Anokhin - Obninsk : IATE, 1996. - 148 p.
3. Great Soviet encyclopedia. - M.: Soviet Encyclopedia; 3rd ed., 1976, v. 25, p. 415.
4. Dobrorodneva, A.N. Psychological tests for everyone / A.N. Dobrorodneva. - K. : Tair, 2014. - 223 p.
5. Mironova, E.E. Collection of psychological tests. Part I: Manual / Comp. HER. Mironova - Mn. : ENVILA Women's Institute, 2005. - 155 p.
6. Ovchinnikov, B.V. Types of temperament in practical psychology / B.V. Ovchinnikov. - St. Petersburg. : Speech, 2013. - 288 p.
7. Sokolova, D.V. Influence of temperament on the educational activity of a student / D.V. Sokolova, O.A. Bobovskaya, M.V. Chubareva // Scientific research and development for implementation in the agro - industrial complex: Materials of the international scientific and practical conference of young scientists (Irkutsk state agrarian university, March 26 - 27, 2020, Molodyozhny village, Irkutsk region, Irkutsk district). - Youth: Publishing house of the Irkutsk state agrarian university, 2020 - P. 285 - 292.

Сведения об авторах

Соколова Даяна Вячеславовна – преподаватель колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского ГАУ. (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89676245650, e-mail: sokolovadaiaana@yandex.ru).

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение». Иркутский государственный аграрный университет (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

Information about authors

Sokolova Dayana V. – teacher of the college of road transport and agricultural technologies of the Irkutsk state agrarian university. (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodyozhny settlement, tel. 89676245650, e-mail: sokolovadaiaana@yandex.ru).

Chubareva Marina V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training". Irkutsk state

УДК 613.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА
И ЗАГАЗОВАННОСТИ В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНОЙ ФЕРМЫ ИРКУТСКОГО ГАУ)**

А.Р. Сухаева, М.В. Чубарева

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

В данной статье рассмотрены параметры микроклимата, освещённости и загазованности на учебной ферме Иркутского ГАУ. Соблюдение безопасных условий при проведении занятий в учебных лабораториях, поддержание оптимальных параметров микроклимата, освещённости и загазованности является актуальной задачей. Оптимальные показатели микроклимата распространяются на рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест [2]. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 12.1.005-88 [2]. Они зависят от времени года и тяжести работ и для учебных аудиторий равны следующим показателям: температура воздуха – 22 - 24° С, влажность воздуха – 40 - 60 %, скорость потока воздуха – 0,1 м/с [5, 8].

Для проведения замеров на учебной ферме были использованы приборы: многофункциональный тестер DVM-401, газоанализатор УГ-2, цифровой люксметром DT-1308, построены графики по полученным данным, сделаны выводы по показателям, даны рекомендации для комфортного нахождения обучающихся во время занятий.

Ключевые слова: микроклимат, освещённость, загазованность, параметры, практические занятия, ферма, условия труда.

**STUDY OF MICROCLIMATE PARAMETERS
AND GAS CONTAMINATION IN EDUCATIONAL LABORATORIES
(ON THE EXAMPLE OF THE IRKUTSK EDUCATIONAL FARM)**

A.R. Sukhaeva, M.V. Chubareva

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

This article discusses the parameters of the microclimate, illumination and gas pollution on the training farm of the Irkutsk state agrarian university. Compliance with safe conditions during classes in educational laboratories, maintaining optimal parameters of the microclimate, illumination and gas pollution is an urgent task. Optimal microclimate indicators apply to the working area, acceptable indicators are set differentially for permanent and non-permanent workplaces [2]. Optimal and permissible values of temperature, relative humidity and air velocity in the working area of industrial premises must correspond to the values specified in GOST 12.1.005-88 [2]. They depend on the time of year and the severity of the work and for class-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

rooms are equal to the following indicators: air temperature – 22 - 24° C, air humidity – 40 - 60 %, air flow rate – 0,1 m/s [5, 8].

To carry out measurements on the training farm, devices were used: a multifunctional DVM-401 tester, a gas analyzer UG-2, a digital luxmeter DT-1308, graphs were plotted based on the data obtained, conclusions were drawn on indicators, recommendations were given for a comfortable stay of students during classes.

Key words: microclimate, illumination, gas pollution, parameters, practical exercises, farm, working conditions.

Введение. Создание безопасных условий труда, т.е. поддержание оптимальных параметров микроклимата, освещённости и загазованности в учебных лабораториях является актуальной задачей. Эти параметры оказывают влияние на работоспособность студентов во время занятий.

Отсюда целью исследования является изучить параметры микроклимата, освещённости и загазованности на учебной ферме Иркутского ГАУ.

Методы и материалы исследования. Нами были проведены эксперименты на учебной ферме Иркутского ГАУ в период с 15 - 20 ноября 2021 года. Производились замеры параметров микроклимата (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость потока воздуха), загазованность аммиаком и искусственная освещённость.

Параметры микроклимата измерялись многофункциональным тестером DVM-401 по методу конверта, в 5-и точках фермы [3, 4]. Загазованность измеряли в 5-и рабочих точках (рисунок 1) универсальным газоанализатором УГ-2 (рисунок 2). Освещённость по периметру в рабочих зонах (в 6-и точках) цифровым люксметром DT-1308 [5].



Рисунок 1 – Замеры загазованности NH_3 в рабочей зоне

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест [2]. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 12.1.005-88 [2]. Они зависят от времени года

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

и тяжести работ и для учебных аудиторий равны следующим показателям: температура воздуха – 22 - 24° С, влажность воздуха – 40 - 60 %, скорость потока воздуха – 0,1 м/с [5,8].



Рисунок 2 – Вид универсального газоанализатора УГ-2 с реактивами

Но на ферме существует свой микроклимат, который должен быть оптимальным для содержания сельскохозяйственных животных и он не соответствует вышеперечисленным параметрам [7].

Температура воздуха в животноводческих фермах должна быть не ниже 12° С и не выше 30° С. Нижний предел показателя влажности воздуха – 70 % (таблица 1). Допустимая концентрация аммиака в помещениях ферм должна быть не более 20 мг/м³ (таблица 1).

Искусственное освещение помещений регламентируется сводом правил СП 52.13330.2010, по которому при работах малой точности комбинированное искусственное освещение должно быть 400 лк [6, 10].

Таблица 1 – Требования к содержанию крупного рогатого скота

Параметр	Коровы и молодняк старше 1 года		Молодняк от 4 до 12 месяцев	Телки старше года и нетели	Телята		Телята до 20 суток	Родильное отделение
	Беспривязное и привязное боксовое	Беспривязное на глубокой подстилке			От 20 до 60 суток	От 60 до 120 суток		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура, °С	10	6	12	12	17	17	18	16
Относительная влажность, %	70	70	70	70	70	70	70	70
Воздухообмен, м ³ /ч на 1 ц массы: - зимой - в переход.	17	17						17
	35	35						35

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

период – летом	70	70						70
----------------	----	----	--	--	--	--	--	----

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скорость движения воздуха, м/с: - зимой - в переходн. период – летом	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3-1,0	0,2	0,3
	0,8-1,0	0,8-1,0	1,0-1,2	0,8-1,0	0,3-0,5	0,3-1,0	0,3-0,5	0,5
Допустимая концентрация: аммиака, мг/м ³	20	20	20	20	10	15	10	19

Результаты и обсуждение.

Измеренные параметры микроклимата, освещенности и загазованности сведены в таблицу 2 и рассчитаны средние значения по формуле 1.

Таблица 2 – Результаты измерений параметров микроклимата, загазованности и освещённости на учебной ферме

Точки замеров	Измеряемые параметры				
	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость потока воздуха, м/с	Загазованность воздуха NH ₃ , мг/м ³	Искусственная освещённость, Лк
1. Точка 1	13,9	80,5	0,0	10,0	588,0
2. Точка 2	9,0	85,0	0,0	12,0	585,0
3. Точка 3	12,3	85,0	0,1	20,0	585,0
4. Точка 4	10,4	73,5	0,0	9,0	582,0
5. Точка 5	7,8	72,0	0,0	9,0	580,0
6. Точка 6	-	-	-	-	579,0
Среднее значение:	10,7	79,2	0,02	12,0	583,2

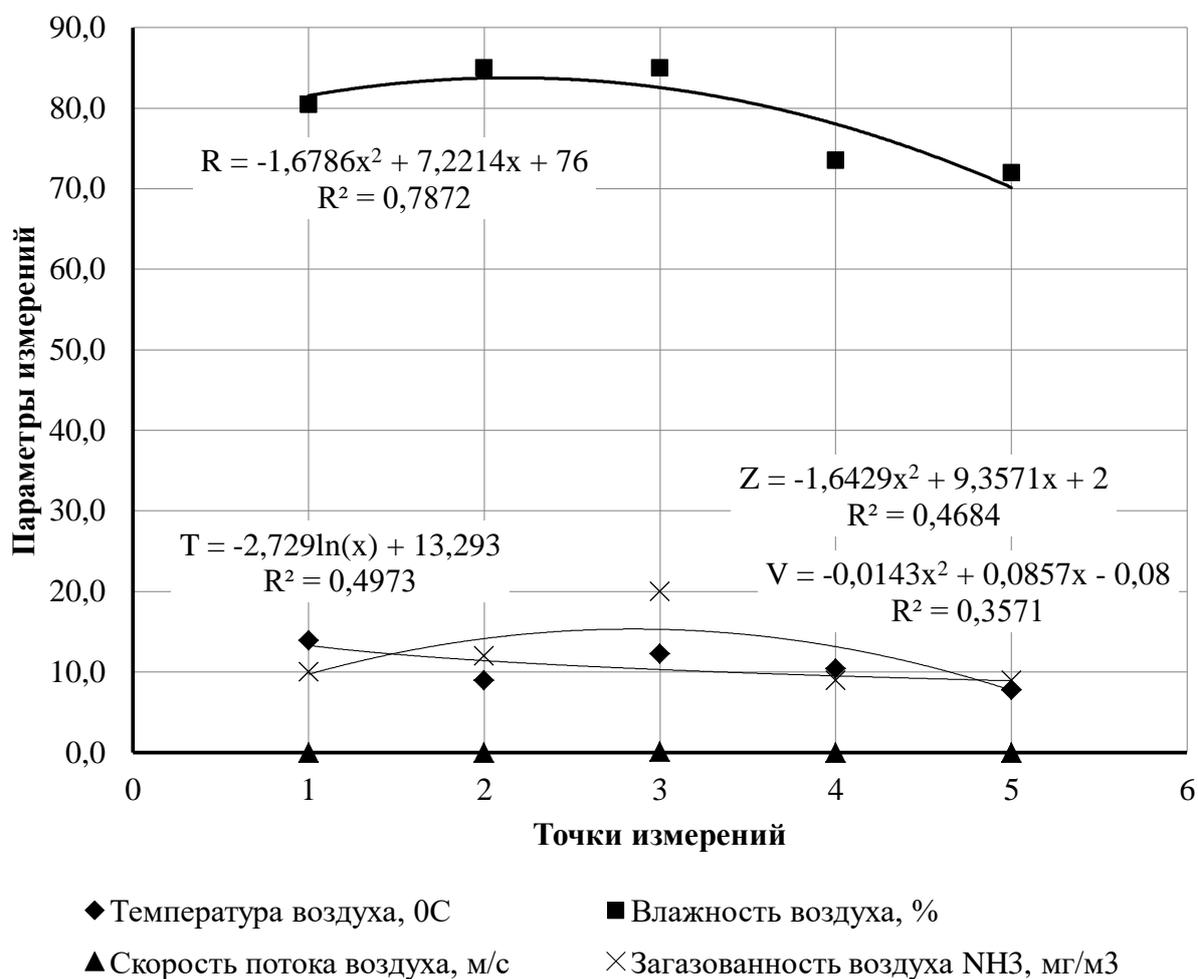
Средние значения параметров определяли как средне-арифметическое значение параметров измеренных в контрольных точках помещения (учебной фермы) по формуле (на примере нахождения среднего значения температуры воздуха) [1]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i, \quad (1)$$

где T_i – измеренные значения температуры воздуха в контрольных точках помещения, °С;

N – число точек измерения.

После обработки данных (температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха, освещенности и загазованности аммиаком), получились следующие графики, представленные на рисунке 3.



Анализируя рисунок 3, можно сказать, что температура воздуха на ферме изменяется по логарифмической кривой с небольшим коэффициентом аппроксимации ($R^2 = 0,49$), влажность и скорость воздуха, а также загазованность аммиаком подчиняется по полиномиальной зависимости.

Средняя температура воздуха в на ферме $10,7^\circ C$, что на $0,7^\circ C$ больше оптимальных параметров. Средняя относительная влажность воздуха – $79,2\%$, что на $9,2\%$ выше оптимальных показателей. После исследования получилось, что на ферме практически нет движения воздуха, что не соответствует санитарным правилам. Средняя загазованность аммиаком равна $12,0$ мг/кг, что на $8,0$ мг/кг меньше нормативных показателей. Даже самый высокий показатель аммиака равен 20 мг/кг, что находится в оптимальных пределах (рисунок 4). Объясняется это тем, что на момент экспериментальной проверки на ферме не так много было животных.



Рисунок 4 – Показания загазованности NH_3 на учебной ферме

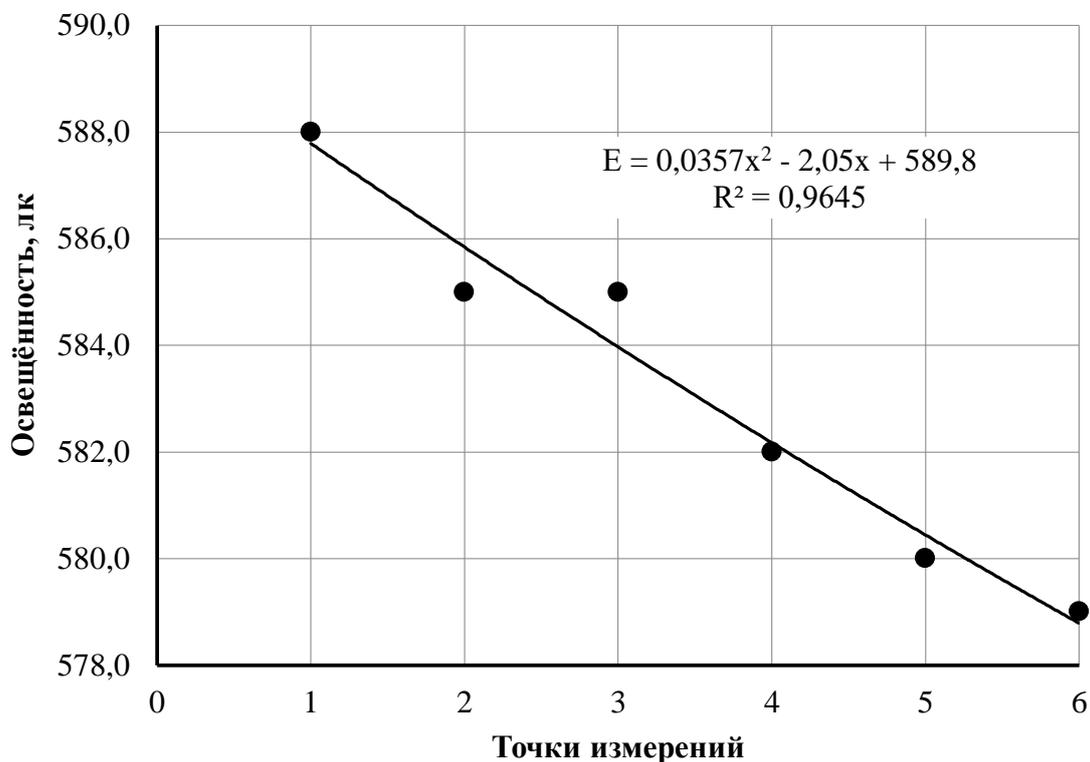


Рисунок 5 – Изменение искусственной освещённости по точкам измерений

Освещённость в учебной ферме изменяется по полиномиальной зависимости с высоким коэффициентом аппроксимации ($R^2 = 0,96$) (рисунок 5). Средняя освещённость составила 583,2 лк, это говорит о том, что она выше нижнего предела оптимальных параметров на 183,2 лк (таблица 1). Можно сказать, что освещённость находится в допустимых пределах.

Выводы: Таким образом, на учебной ферме желательно поставить систему вентилирования, т.к. отсутствует движение воздуха. Остальные пара-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

метры находятся в предельно-допустимых нормах, и чтобы сохранить данные показатели, рекомендуем проводить своевременную уборку фермы.

Загазованность аммиаком на ферме меньше нормативных показателей, т.к. на момент экспериментальной проверки на ферме не так много было животных.

Освещённость находится в допустимых пределах, но коэффициент равномерности освещения, необходимо увеличить за счёт увеличения мощности ламп.

Список литературы

1. ГОСТ 24940-96 от 01.01.1997 г. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. – М. : Минстрой России, 1997. – 28 с. Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/gost/24940-96/>.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М. : Стандартиформ, 2008. – 77 с.
3. Гусейнов, Э.В. Исследование условий труда на станциях технического обслуживания грузовых автомобилей / Э.В. Гусейнов, М.С. Боярский, М.В. Чубарева // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы всероссийской научно - практической конференции: в IV томах. – Молодежный : Изд - во ФГБОУ ВО Иркутской ГАУ, 2021. Т. III. – С. 20 - 25.
4. Моисеев, А.В. Исследование параметров микроклимата в учебных аудиториях / А.В. Моисеев, А.Р. Сухаева // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы всероссийской научно - практической конференции: в IV томах. - Молодежный: Изд - во ФГБОУ ВО Иркутской ГАУ, 2021. Т. III. – С. 75 - 80.
5. Михалева, Е.В. Контрольно - измерительные приборы для измерения влияния вибрации на человека / Е.В. Михалева, А.Р. Сухаева // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: Сборник научных тезисов студентов. - Молодежный: Иркутский ГАУ, 2021 - С. 140 - 141.
6. Степанов, Н.Н. Исследование освещенности в учебных аудиториях / Н.Н. Степанов, Н.О. Шелкунова // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: Материалы всероссийской научно - практической конференции: в IV томах. - Молодежный: Изд - во ФГБОУ ВО Иркутской ГАУ, 2021. Т. III. – С. 118 - 123.
7. Сайванова, С.А. Значение влажности воздуха при содержании овец / С.А. Сайванова, В.А. Гаханов // В сборнике: Актуальные проблемы развития овцеводства и козоводства. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Министерство сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» Факультет ветеринарной медицины. - 2021. - С. 69 - 73.
8. СП 52.13330.2010. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. - М. : Минрегион России, 2011. – 107 с.
9. Пасынкова, А.Е. Анализ научных статей по изучению шума / А.Е. Пасынкова, М.М. Рык, М.В. Чубарева // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: Сборник научных тезисов студентов. - Молодежный: Иркутский ГАУ, 2021 С. 142 - 143.
10. Шуханов, С.Н. Методы температурных расчетов механических передач автотракторной техники агропромышленного комплекса / С.Н. Шуханов, В.В. Скутельник, О.Л. Маломыжев // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 82 - 86.

References

1. GOST 24940-96 ot 01.01.1997 g. Zdaniya i sooruzheniya. Metody izmereniya osveshchennosti. – M. : Minstroj Rossii, 1997. – 28 s. Rezhim dostupa : <http://www.vashdom.ru/gost/24940-96/>.
2. GOST 12.1.005-88. Obshchie sanitarno - gigenicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony. – M. : Standartinform, 2008. – 77 s.
3. Gusejnov, E.V. Issledovanie uslovij truda na stanciyah tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovyh avtomobilej / E.V. Gusejnov, M.S. Boyarskij, M.V. CHubareva // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK: Materialy vserossijskoj nauchno - prakticheskoj konferencii: v IV tomah. - Molodezhnyj: Izd - vo FGBOU VO Irkutskoj GAU, 2021. T. III. – S. 20 - 25.
4. Moiseev, A.V. Issledovanie parametrov mikroklimata v uchebnyh auditoriyah / A.V. Moiseev, A.R. Suhaeva // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK: Materialy vserossijskoj nauchno - prakticheskoj konferencii: v IV tomah. – Molodezhnyj: Izd - vo FGBOU VO Irkutskoj GAU, 2021. T. III. – S. 75-80.
5. Mihaleva, E.V. Kontrol'no - izmeritel'nye pribory dlya izmereniya vliyaniya vibracii na cheloveka / E.V. Mihaleva, A.R. Suhaeva // Znachenie nauchnyh studencheskih kruzhek v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona : Sbornik nauchnyh tezisov studentov. - Molodezhnyj: Irkutskij GAU, 2021 - S. 140 - 141.
6. Stepanov, N.N. Issledovanie osveshchennosti v uchebnyh auditoriyah / N.N. Stepanov, N.O. Shelkunova // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK: Materialy vserossijskoj nauchno - prakticheskoj konferencii: v IV tomah. – Molodezhnyj : Izd - vo FGBOU VO Irkutskoj GAU, 2021. T. III. – S. 118 - 123.
7. Sayvanova, S.A. Znachenije vlazhnosti vozdukha pri sodержanii ovets / S.A. Sayvanova. V.A. Gakhanov // V sbornike: Aktualnyye problemy razvitiya ovtsevodstva i kozovodstva. Ministerstvo selskogo khozyaystva Rossiyskoj federatsii ministerstvo selskogo khozyaystva. trgovli. pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Orenburgskoy oblasti FGBOU VO «Orenburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet» fakultet veterinarnoy meditsiny. - 2021. - S. 69 - 73
8. SP 52.13330.2010. Svod pravil. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. – M. : Minregion Rossii, 2011. – 107 s.
9. Pasyukova, A.E. Analiz nauchnyh statej po izucheniyu shuma / A.E. Pasyukova, M.M. Ryk, M.V. CHubareva // Znachenie nauchnyh studencheskih kruzhek v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona: Sbornik nauchnyh tezisov studentov. - Molodezhnyj: Irkutskij GAU, 2021 S. 142 - 143.
10. Shuhanov, S.N. Metody temperaturnyh raschetov mekhanicheskikh peredach avtotraktornoj tekhniki agropromyshlennogo kompleksa / S.N. Shuhanov, V.V. Skutel'nik, O.L. Malomyzhev // Izvestiya mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. S. 82 - 86.

Сведения об авторах

Сушаева Анна Радионовна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭМТП, БЖД и ПО инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89027674765, e-mail:Suhaewa@yandex.ru).

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭМТП, БЖД и ПО инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89086567154 chubarevamarina@rambler.ru).

Information about the authors

Sukhaeva Anna R. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of EMTP, BZhD and software of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel. 89027674765, e-mail:Suhaewa@yandex.ru.

Chubareva Marina V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of EMTP, BZHD and PO of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodezhny, tel. 89086567154 chubarevamarina@rambler.ru).

УДК 377

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А.Р. Сухаева, Т.А. Алтухова

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

В последние годы в заведениях среднего профессионального образования обнаружилась тенденция снижения интереса студентов к занятиям. Отстранение обучающихся от изучения дисциплин, педагоги пытались остановить различными способами. Перед ними стояла задача, создание таких занятий имеющими главной целью, удержание интереса обучающихся к своему труду.

Одним из решений этой задачи стало создание нетрадиционных форм обучения – это импровизированное учебное занятие, имеющее нетрадиционную (не установленную) структуру.

Разумеется, ни в коем случае нельзя отказываться от традиционного занятия, как основной формы обучения студентов. Но придать занятию неординарности, оригинальных приёмов необходимо для активизации мыслительной деятельности обучающихся. Это не замена стандартных занятий, а их дополнения и переработка, внесение оживления, разнообразия, которым повышают интерес, способствуя совершенствованию учебной работы. Подобные занятия способствуют повышению интереса к дисциплине и к обучению в целом, позволяют создавать проблемные ситуации, решать задачи дифференцированного обучения, активизировать учебную деятельность, организовать различные формы общения, способствуют развитию критического мышления, обеспечивают надлежащий уровень формирования универсальных учебных действий. Нетрадиционные методы обучения дают самому преподавателю своеобразный посыл, который стимулирует его и направляет на дальнейшее освоение и применение в работе с обучаемыми [7, 8].

Ключевые слова: Метод, студент, обучение, игра, преподаватель, деятельность, задания, этап.

RATIONAL USE OF NON - TRADITIONAL FORMS OF EDUCATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS

A.R. Sukhaeva, T.A. Altukhova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

In recent years, there has been a tendency in secondary vocational education institutions to reduce students' interest in classes. Teachers tried to stop students from studying disciplines in various ways. They were faced with the task of creating such classes with the main goal of retaining the interest of students in their work.

One of the solutions to this problem was the creation of non-traditional forms of education-this is an improvised training session with an unconventional (not established) structure.

Of course, in no case should we abandon the traditional occupation as the main form of teaching students. But to give the lesson an extraordinary, original techniques is necessary to activate the mental activity of students. This is not a replacement for standard classes, but their additions and processing, bringing animation, diversity, which increase interest, contributing to the improvement of academic work. Such classes help to increase interest in the discipline and in learning in general, allow you to create problematic situations, solve the tasks of differentiated learning, activate educational activities, organize various forms of communication, contribute to the development of critical thinking, provide an appropriate level of formation of universal educational actions. Non-traditional teaching methods give the teacher himself a kind of message that stimulates him and directs him to further development and application in working with students [7, 8].

Key words: Method, student, learning, game, teacher, activity, tasks, stage.

Тема использования нетрадиционных форм звучит особенно актуально в современных условиях. Отмечается снижение познавательного интереса обучающихся к процессу обучения, а изучение различных дисциплин вызывают особые сложности.

При организации современных педагогических технологий особую значимость приобретает нестандартные, нетрадиционные занятия [6, 10].

Нетрадиционные формы занятия позволяют изменить позицию обучающегося в учебном процессе. Попадая в необычную ситуацию, студент активнее сотрудничает с преподавателем и одногруппниками, при этом создаётся положительный эмоциональный фон, легче усваиваются знания, быстрее формируются умения и навыки [1, 2].

Предмет исследования. Нетрадиционные методы обучения, как способ повышения эффективности обучения и интереса студентов к дисциплинам.

Цель работы: использования нетрадиционных форм обучения в процессе профессиональной подготовки специалистов.

Задачи:

- использования нетрадиционных форм обучения в системе среднего профессионального образования;
- разработка методики проведения деловой игры по дисциплине «Эксплуатация сельскохозяйственной техники».

Базой исследования был колледж «Автомобильного транспорта и агротехнологий» ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Идея создания деловой игры появилась в рамках учебной дисциплины «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» у группы, обучающаяся по специальности 35.02.07 Механизация сельского хозяйства. Списочная численность группы составляет восемнадцать человек.

За основу игры был взят пройденный материал междисциплинарного курса 02.01 Комплектование машинно-тракторного агрегата для выполнения сельскохозяйственных работ. Группа была разделена на три команды по пять человек. Экспертную комиссию составляли «Лидеры» группы, обучающиеся которые, показали в большей степени свои знания и умения на занятиях. Так же в состав комиссии входил председатель цикловой комиссии данного отделения [5].

Участникам необходимо было выполнить следующие задания:

1. Домашнее задание.
2. Индивидуальное задание каждой команде. Решение теста.
3. Финальное задание.

Организация деловой игры:

Деловая игра «Технологии механизированных работ в сельском хозяйстве» предназначена для развития профессионального потенциала студентов, актуализация ранее полученных теоретических и практических знаний и навыков, проверке результатов обучения.

Цель игры:

- Закрепление полученных знаний, умений, навыков у обучающихся на занятиях по дисциплине «Эксплуатация сельскохозяйственной техники»;
- Повышение познавательного интереса к трудовой деятельности;
- Формирование у обучающихся умение работать в команде.

Задачи игры:

1) Образовательная:

- уметь применять теоретические знания на практике;
- вести диалог;
- определять свою личную точку зрения;
- формирование коммуникативных навыков;
- закрепить полученные знания о технологии производства различных сельскохозяйственных культур.

2) Воспитательная:

- воспитание интереса к дисциплине;
- понимание необходимости правильных технологий производства сельскохозяйственных культур.

3) Развивающая:

- способствовать развитию познавательных способностей;
- развитие умения работать в группе.

Материально-техническое оснащение для деловой игры:

1. Персональный компьютер или ноутбук;
2. Мультимедийный проектор;
3. Бейджи;
4. Офисная бумага;
5. Письменные принадлежности.

Определение команд и ролей деловой игры.

Студенты группы распределяются на производственные бригады по пять человек, в соответствии с выданным заданием.

Ход деловой игры

Первый этап: Каждая бригада демонстрирует домашнего задания. За неделю у участников прошла жеребьевка, на которой каждая команда вытянула себе домашнее задание. Результаты жеребьевки: у первой команды «Технология производства зерновых и бобовых культур», у второй команды «Технология производства картофеля» и у третьей «Технология производства однолетних и многолетних трав».

Участники подготавливают информацию по выбранной тематике (пре-

зентация, игровое представление, репортаж и т.д.)

Второй этап: Бригады решают тест по разным вариантами. Тест состоит из двадцати вопросов и в каждом задании один правильный вариант ответа или задания на соответствия. Данный тест служит для контроля и оценивания знаний по теме игры.

Тестовое задание на деловую игру «Технологии механизированных работ в сельском хозяйстве»

Третий этап: На финальном этапе бригадам необходимо решить ситуационные задачи, связанные с различными сельскохозяйственными вопросами.

Критерии оценивания: Каждый этап оценивается отдельно и имеет свои критерии оценивания.

Подведение итогов деловой игры:

Экспертная комиссия отмечает работу каждой производственной бригады, оценивает работу всех участников игры. По итогам проведения игры участвующие студенты получают дополнительные баллы к зачёту по данной дисциплине.

Затем идёт процесс обсуждения и выводов, интерпретация игры [9].

Выводы: Подобные занятия способствуют повышению интереса к дисциплине и к обучению в целом, позволяют создавать проблемные ситуации, решать задачи дифференцированного обучения, активизировать учебную деятельность, организовать различные формы общения, способствуют развитию критического мышления, обеспечивают надлежащий уровень формирования универсальных учебных действий [4].

Активные методы обучения дают самому преподавателю своеобразный посыл, который стимулирует его и направляет на дальнейшее освоение и применение в работе с обучаемыми [3].

Список литературы

1. Алтухова, Т.А. Использование педагогических инноваций при подготовки педагогов профессионального обучения в Иркутском аграрном университете им. А.А. Ежевского / Т.А. Алтухова // Проблемы научной мысли. 2022. Т. 5. № 1. С. 18 - 21.
2. Бурлак, В.Д. Средства обучения как компонент педагогического процесса / В.Д. Бурлак, Т.А. Алтухова // Приднепровский научный вестник. 2022. Т. 6. № 1. С. 52 - 56.
3. Зеленова, А.С. Использование деловых игр в процессе обучения учащихся средних профтехучилищ [Текст] : (Метод. рекомендации) / А.С. Зеленова // Гос. ком. РСФСР по проф. - техн. образованию ; Респ. учеб. - метод. каб. ; Разраб. А.С. Зеленовой, 1986. - 46 с.
4. Земш, М.Б. Технология организации деловых игр / М.Б. Земш // Образовательные технологии. - 2008. - № 1. - С. 136 - 145.
5. 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. Молодёжный, 2022. С. 39 - 44.
6. Панина, Т.С. Современные способы активизации обучения : учеб. пособие для студентов пед. вузов / Т.С. Панина, Л.Н. Вавилова // 2 - е изд., стер. - М. : Академия, 2006. - 175, [1] с. - (Высшее профессиональное образование). - Гриф МО. - ISBN 5-7695-3216-5: 127-37.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

7. Сухаева, А.Р. Игровое обучение как один из элементов профессиональной подготовки будущих специалистов / А.Р. Сухаева // В сборнике: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы международной научно - практической конференции. 2013. С. 301 - 306.

8. Сухаева, А.Р. Использование современных инновационных технологий в развитии профессиональных качеств специалиста / А.Р. Сухаева // В сборнике: Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии. Материалы научно - практической конференции, посвященной 60 - летию ИРГСХА. 2013. С. 43 - 48.

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. Широбокова, Т.С. Методика организации и проведения нетрадиционных уроков в образовательном процессе учреждений СПО / Т.С. Широбокова // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : сб. статей.

References

1. Altuhova, T.A. Ispol'zovanie pedagogicheskikh innovacij pri podgotovki pedagogov professional'nogo obucheniya v Irkutskom agrarnom universitete im. A.A. Ezhevskogo / T.A. Altuhova // Problemy nauchnoj mysli. 2022. T. 5. № 1. S. 18 - 21.

2. Burlak, V.D. Sredstva obucheniya kak komponent pedagogicheskogo processa / V.D. Burlak, T.A. Altuhova // Pridneprovskij nauchnyj vestnik. 2022. T. 6. № 1. S. 52 - 56.

3. Zelenova, A.S. Ispol'zovanie delovyh igr v processe obucheniya uchashchihsya srednih proftekhuchilishch [[Tekst]] : (Metod. rekomendacii) / A.S. Zelenova // Gos. kom. RSFSR po prof. - tekhn. obrazovaniyu ; Resp. ucheb. - metod. kab.; Razrab. A.S. Zelenovoj, 1986. - 46 s.

4. Zemsh, M.B. Tekhnologiya organizacii delovyh igr / M.B. Zemsh // Obrazovatel'nye tekhnologii. - 2008. - № 1. - S. 136 - 145.

5. Kornienko, A.K. Analiz igrovyh form kontrolya znaniy studentov / A.K. Kornienko, M.V. Chubareva // V sbornike: Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nyh problem APK. Materialy vserossijskoj nauchno - prakticheskoy konferencii. p. Molodezhnyj, 2022. S. 39 - 44.

6. Panina, T.S. Sovremennye sposoby aktivizacii obucheniya : ucheb.posobie dlya studentov ped. vuzov / T.S. Panina, L.N. Vavilova . - 2 - e izd., ster. - M. : Akademiya, 2006. - 175, [1] s. - (Vysshee professional'noe obrazovanie). - Grif MO. - ISBN 5-7695-3216-5: 127 - 37.

7. Suhaeva, A.R. Igrovoe obuchenie kak odin iz elementov professional'noj podgotovki budushchih specialistov / A.R. Suhaeva // V sbornike: Klimat, ekologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii. materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii. 2013. S. 301 - 306.

8. Suhaeva, A.R. Ispol'zovanie sovremennyh innovacionnyh tekhnologij v razvitii professional'nyh kachestv specialista / A.R. Suhaeva // V sbornike: Ekologicheskaya bezopasnost' i perspektivy razvitiya agrarnogo proizvodstva Evrazii. Materialy nauchno - prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 60 - letiyu IRGSKHA. 2013. S. 43 - 48.

9. CHubareva, M.V. Metodika provedeniya kontrolya znaniy v igrovoj forme na primere scenki po discipline «Psihologiya» / M.V. CHubareva, A.K. Kornienko // V sbornike: Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v usloviyah sovremennyh vyzovov. Sbornik materialov XII mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii. Moskva, 2022. S. 125 - 130.

10. SHirobokova, T.S. Metodika organizacii i provedeniya netradicionnyh urokov v obrazovatel'nom processe uchrezhdenij SPO / T.S. SHirobokova // Nauchnaya elektronnaya biblioteka «KiberLeninka»: sb. statej.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

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, пос. Молодёжный, тел. 89027674765, e-mail: suhaewa@yandex.ru).

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, пос. Молодёжный, тел. 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Information about the authors

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).

Altukhova Tatiana A. – 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. 890257882289, e-mail: altukhova@bk.ru).

УДК 378.147.88

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ «КОМПАС» ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТАМИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ БАКАЛАВРИАТА

М.В. Чубарева, А.Р. Сухаева, Т.А. Алтухова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодёжный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия

В статье рассматриваются вопросы применения графической программы «Компас» при выполнении выпускной квалификационной работы студентами инженерных направлений бакалавриата.

Целью данного исследования является изучение и анализ средств выполнения элементов выпускной квалификационной работы с помощью графической программы «Компас». В данном исследовании были использованы наглядные методы и анализа. Выпускная квалификационная работа для инженерных направлений бакалавриата имеет несколько разделов, которые перечислены в статье. Программа «Компас» позволяет автоматизировать выполнение, как графической части, так и расчётно-пояснительной записки в выпускной квалификационной работе. С помощью этой программы можно выполнять схемы, графики, чертежи, расчёты, а также 3D-моделирование конструкций. Материалы, обсуждаемые в статье, могут использоваться при выполнении выпускной квалификационной работы студентами направлений подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 35.03.06 Агринженерия.

Ключевые слова: Графическая программа «Компас», выпускная квалификационная работа, студенты, инженерные направления подготовки, бакалавриат.

**ANALYSIS OF THE USE OF THE GRAPHIC PROGRAM
"COMPASS" IN PERFORMANCE
FINAL QUALIFICATION WORK
STUDENTS OF ENGINEERING DIRECTIONS OF BACHELOR STUDIES**

M.V. Chubareva, A.R. Sukhaeva, T.A. Altukhova

FSBEI HE Irkutsk SAU
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article deals with the application of the graphic program «Kompas» in the performance of final qualifying work by students of engineering areas of bachelor's training. The purpose of this study is to study and analyze the means of performing the elements of the final qualification work using the «Kompas» graphic program. In this study, visual methods and analysis were used. The final qualifying work for undergraduate engineering areas has several sections, which are listed in the article. The «Kompas» program allows you to automate the execution of both the graphic part and the settlement and explanatory note in the final qualification work. With this program, you can perform diagrams, graphs, drawings, calculations, as well as 3-D modeling of structures. The materials discussed in the article can be used in the performance of final qualifying work by students of the training areas 23.03.03 Operation of transport and technological machines and complexes and 35.03.06 Agricultural engineering.

Key words: Graphic program «Kompas», final qualifying work, students, engineering areas of training, bachelor's degree.

Введение. Выпускная квалификационная работа (ВКР) выполняется студентами инженерных направлений подготовки согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров, утверждённому приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «14» декабря 2015 г. № 1470 обязательными являются следующие виды итоговых аттестационных испытаний [9].

ВКР должна быть самостоятельной творческой работой, направленной на решение актуальных задач современного сельскохозяйственного производства, т.е. в ней отражаются вопросы ресурсосбережения, экологической и экономической эффективности предлагаемых мероприятий на основе эксплуатации автомобилей и тракторов, механизации и автоматизации производственных процессов сельскохозяйственного производства, базирующихся на принципиально новых технологических системах, технике последних поколений, новых видах энергии и материалах [5].

В течение последних десяти лет студенты при выполнении ВКР используют компьютерные чертежные программы, такие как *AutoCAD*, *Компас* и т.д.

Поэтому *целью* данного исследования является изучение и анализ средств выполнения элементов ВКР с помощью графической программы «Компас».

Материалы и методы исследования. В данном исследовании были использованы наглядные методы и анализа.

Результаты и их обсуждение. Выпускная квалификационная работа для направлений подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 35.03.06 Агроинженерия, имеет несколько разделов: введение, анализ производственно-финансовой деятельности конкретных предприятий и подразделений, анализ существующих методов, технологий, способов решения аналогичных инженерных задач в России и за рубежом, расчётно-технологическая часть, конструкторская часть, технико-экономическая эффективность работы, заключение. В отдельный раздел расчётно-пояснительной записки ВКР может быть выделена исследовательская часть [5].

Дадим краткое описание основных разделов с использованием графической программы [10, 11].

Расчётно-технологическая часть содержит решение основных производственно-технологических, организационно-управленческих, экспериментальных, исследовательских, проектно-технологических задач. В расчётно-технологической части проводится анализ состояния объекта исследования, разрабатываются технологии производства тех или иных видов работ, связанных с повышением работоспособности машин, механизмов, деталей и др. [5, 1, 2, 3, 6, 7, 8].

Например, совершенствование ремонтной мастерской (рисунок 1), технологического процесса операций технического обслуживания тракторов (на примере слива масла из картера двигателя) (рисунок 2), разработка схемы производственного процесса в сельскохозяйственном предприятии представлена (рисунок 3), построение графика годовой загрузки тракторов (рисунок 4).

При совершенствовании ремонтной мастерской в программе «Компас» можно выполнить план этой мастерской (рисунок 1) [10, 11].

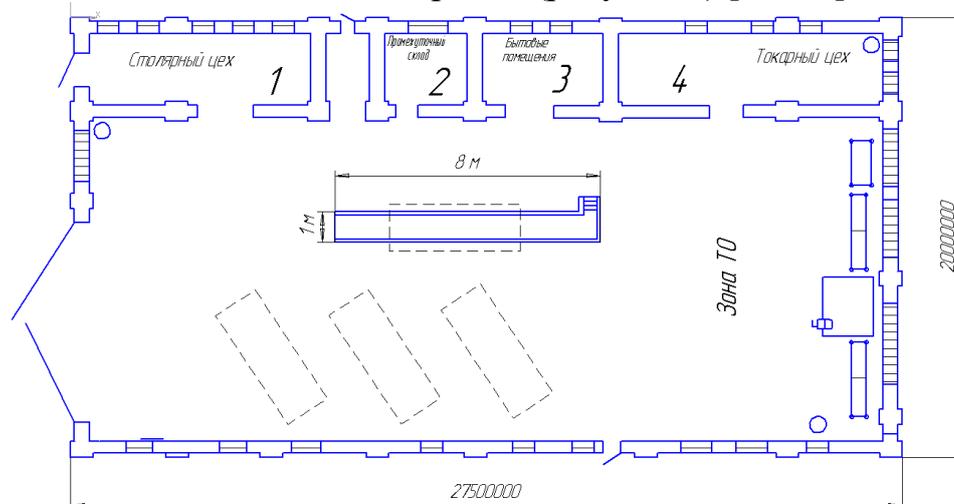


Рисунок 1 – План производственного участка:

1 – столярный цех, 2 – промежуточный склад, 3 – бытовые помещения, 4 – токарный цех.

После разработки технологической карты (к примеру) операции технического обслуживания тракторов «Слив масла из картера двигателя» выполняется лист графической части, изображенный на рисунке 2.

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

<i>Технологическая карта слива масла из картера двигателя</i>			
Операции	Технические требования	Приборы и оборудование	
		ЗИЛ 450650	ГАЗ 3307
Прогреть двигатель	до температуры не менее 70 °С	-	-
Собрать составные части сливного устройства	-	Устройство для слива масла из картера двигателя	Устройство для слива масла из картера двигателя
Подставить устройство для слива масла к пробке картера двигателя	-	Устройство для слива масла из картера двигателя	Устройство для слива масла из картера двигателя
Отвернуть пробку механизмом отвертыпания сливного устройства	-	Головка с размером 30 мм, механизм отвертыпания сливного устройства	Головка с размером 30 мм, механизм отвертыпания сливного устройства
Слить масло	Масло сливается самотеком	-	-
Оттранспортировать сливное устройство от картера двигателя	-	-	-
Закрутить и затянуть пробку по нужному моменту	Момент затяжки сливной пробки 200...400 Нм	Головка с размером 30 мм,	Головка с размером 30 мм,
Сливное устройство разобрать и протереть сухой тканью	Подготовить сухую и чистую ткань	Ткань для очистки сливного устройства	Ткань для очистки сливного устройства
Вынуть канистру с отработанным маслом из сливного устройства и утилизировать масло	Утилизировать отработанное масло в специальных емкостях	Специальная емкость	Специальная емкость

Рисунок 2 – Технологическая карта выполнения операции «Слив масла из картера двигателя» тракторов МТЗ-80.1 / 80.2; 82.1 / 82.2; 82Р, МТЗ-1221.1

В программе «Компас» можно выполнять различного рода схемы. Например, схема предлагаемого производственного процесса в сельскохозяйственном предприятии (рисунок 3).

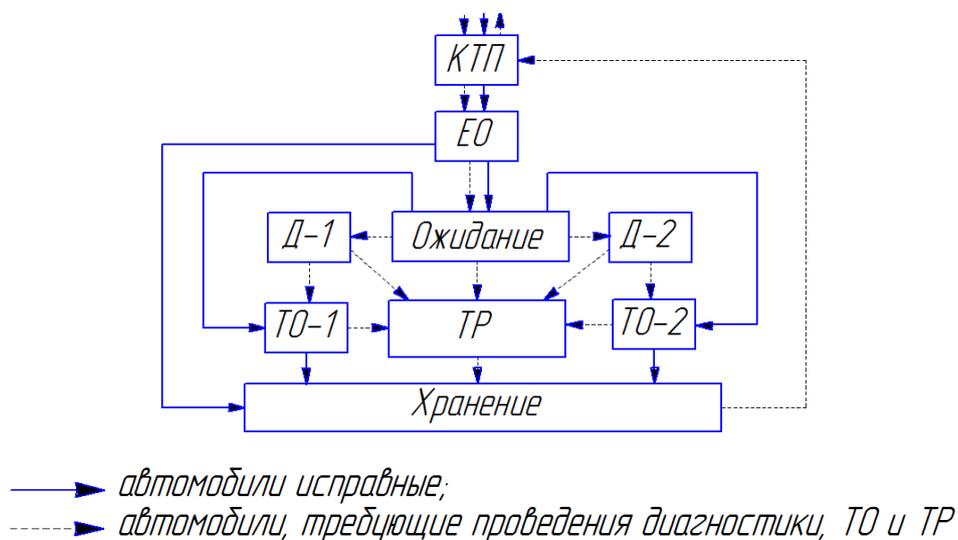


Рисунок 3 – Схема рекомендуемого производственного процесса ТО

Графики загрузки тракторов (графики машиноиспользования) строят также в среде «Компас». Он необходим для выполнения всего объема механизированных работ на сельскохозяйственных предприятиях и планирова-

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

ния их использования. Графики загрузки тракторов могут быть двух типов: графики загрузки отдельно для каждого трактора и суммарные графики загрузки по маркам тракторов, который изображен на рисунке 4.

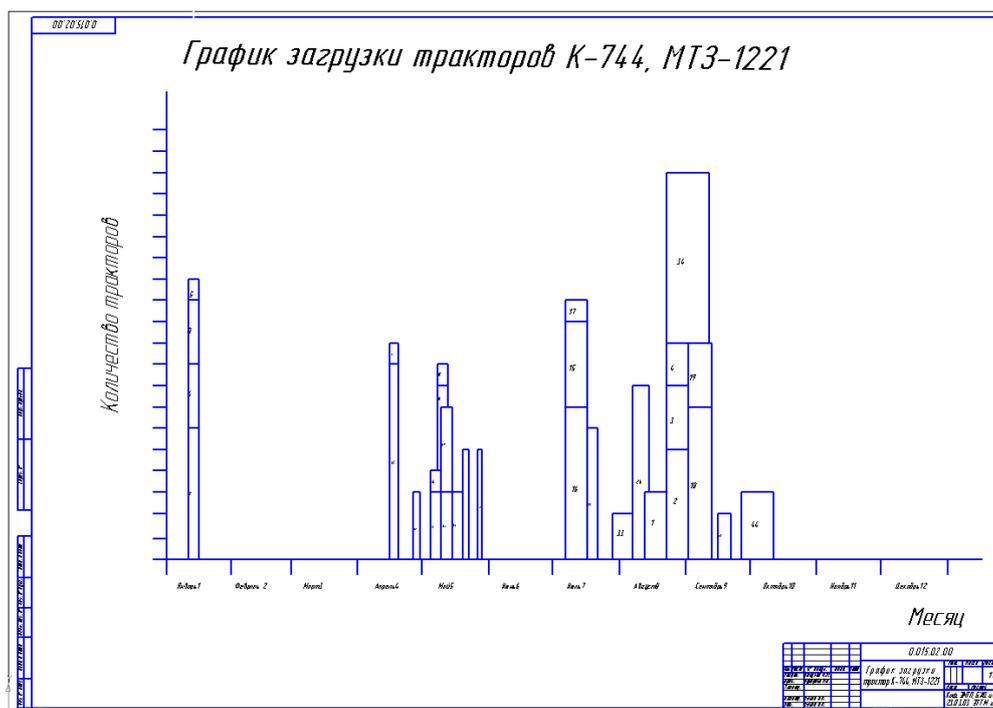


Рисунок 4 – Пример графика загрузки тракторов К-744, МТЗ-1221

Конструкторская часть направлена на инженерное решение по модернизации серийных машин и их сборочных единиц, конструированию и выбору энергетического и электротехнического оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики (КИПиА); по разработке и проектированию новых машин, устройств, стендов, приспособлений, систем управления; по расчёту надёжности и работоспособности систем и устройств, энергоэффективности их работы и энергосбережению. Разработки ведутся в направлении усовершенствования существующих машин и механизмов на основе анализа опыта их использования и результатов исследований, проверки на прочность деталей, правил эксплуатации и др. [5]. Графическая часть конструкторского раздела должна содержать: общий вид конструкции, чертежи разрабатываемого узла, чертежи оригинальных и ответственных деталей. Для обеспечения современного уровня проектирования конструкторской разработки необходимо использовать компьютерные технологии и специализированные прикладные программы, такие как «Компас» [10, 11].

Например, для модернизации средств технического обслуживания техники обучающиеся в вузе используют возможности программы «Компас», т.е. плоский чертеж для вычерчивания общего вида установки, сборочного чертежа, детализовки; а 3D-моделирование для иллюстрации модернизированной конструкции (рисунки 5, 6).

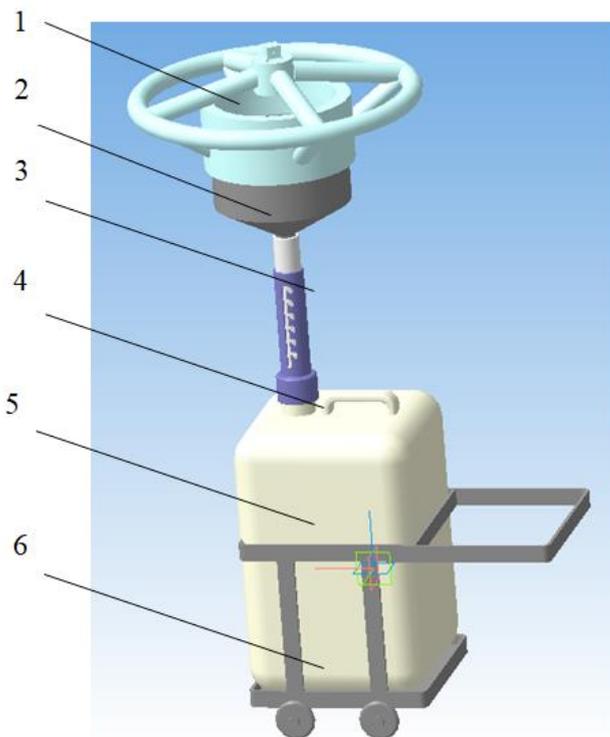


Рисунок 5 – Общий вид установки для слива масла:

1 – механизм для отвинчивания сливной пробки; 2 – воронка; 3 – внутренняя телескопическая трубка с фиксатором; 4 – внешняя телескопическая трубка с прорезями; 5 – ёмкость для слива масла (канистра); 6 – механизм для транспортировки устройства для слива масла.

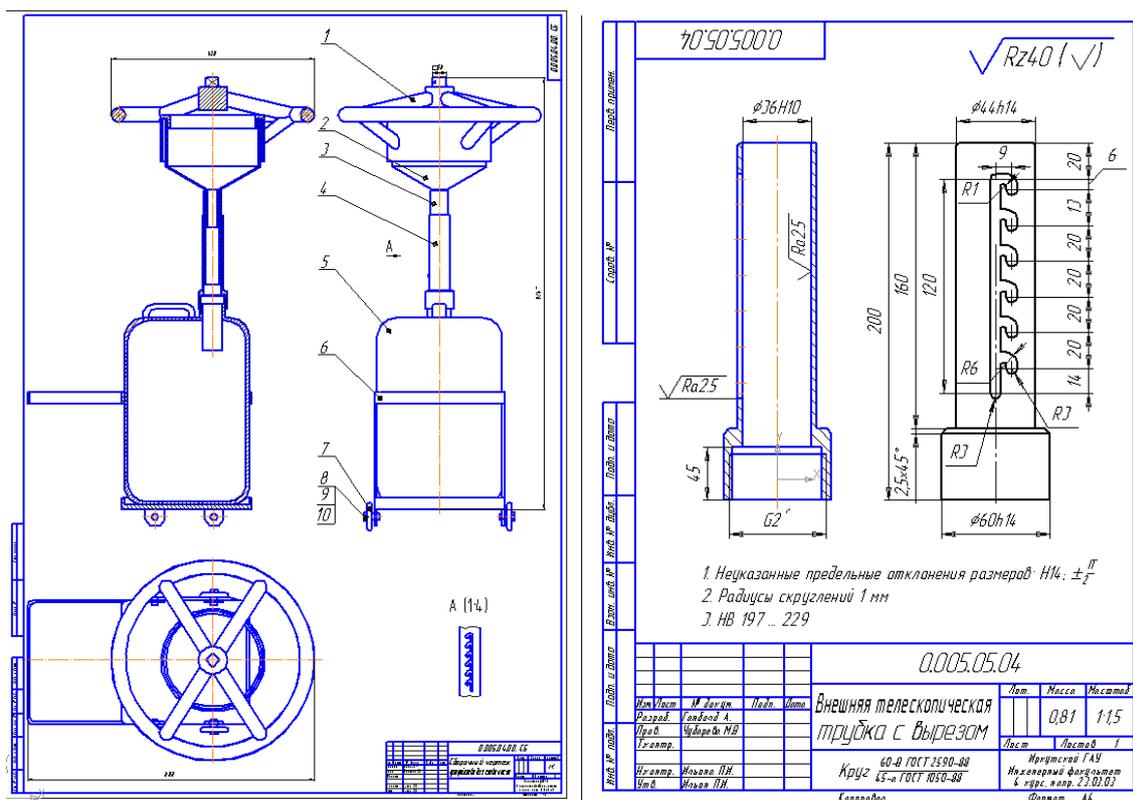


Рисунок 6 – Сборочный чертеж установки для слива масла и детализовка телескопической трубки

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

В конструкторской части ВКР представляются расчёты модернизированной конструкции. Все расчёты должны быть выполнены в единицах СИ или других допущенных к применению ГОСТ 8.417-2002 [4].

Например, расчёт сварных стыковых швов (рисунок 7), расчёт времени истечения масла (рисунок 8).

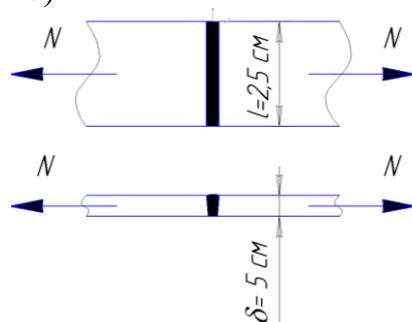


Рисунок 7 – Схема действия нагрузки на стыковой сварной шов

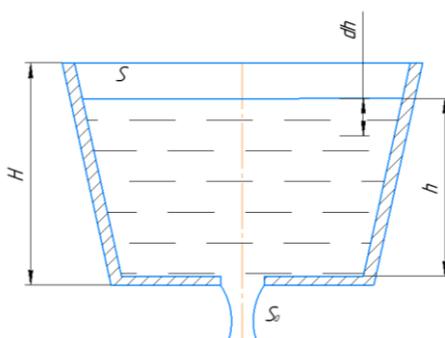


Рисунок 8 – Схема опорожнения воронки

Кроме этого, возможности «Компас» позволяют делать некоторые автоматические расчёты узлов и механизмов. Например, подпрограмма «Компас - Shaft» позволяет рассчитывать валы [10, 11].

В экономической части даётся сравнительный анализ проектных предложений по технико-экономическим показателям и изображается в виде таблицы графической части (рисунок 9).

Техника-экономические показатели конструкторской части	
Показатель	Значение показателя, тыс. руб.
1. Стоимость изготовления узла	5,9
2. Стоимость запасных частей и материалов	1,0
3. Заработная плата с отчислениями страховых взносов	2,4
4. Цеховые расходы	0,4
5. Эксплуатационные расходы, в том числе амортизационные отчисления в ремонтный фонд	1,3
6. Годовая экономия	5,3
7. Годовая экономия за вычетом эксплуатационных расходов	4,0
8. Срок окупаемости, лет	1,6

Рисунок 9 – Техника-экономические показатели конструкторской части

Выводы. Таким образом, программа «Компас» позволяет автоматизировать выполнение, как графической части, так и расчётно-пояснительной записки в выпускной квалификационной работе. С помощью этой программы можно выполнять схемы, графики, чертежи, расчёты, а также 3D-моделирование конструкций. Материалы, обсуждаемые в статье, могут использоваться при выполнении ВКР студентами направлений подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 35.03.06 Агроинженерия.

Список литературы

1. Алтухова, Т.А. Организация самостоятельной работы студентов вуза / Т.А. Алтухова, Е.П. Бальжанова // Вестник ИрГСХА. – 2008. – № 33. – С. 98 - 103.
2. 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.
3. Бурлак, В.Д. Средства обучения как компонент педагогического процесса / В.Д. Бурлак, Т.А. Алтухова // Приднепровский научный вестник. – 2022. – Т. 6. – № 1. – С. 52 - 56.
4. ГОСТ 8.417 - 2002. Межгосударственный стандарт. Государственная система обозначений единства измерений. Единицы величин. Введён в действие с 1 сентября 2003 г. – Москва. : Стандартинформ, 2018. – 30 с.
5. Государственная итоговая аттестация : методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы для бакалавров направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов, профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство в АПК» / Иркут. гос. аграр. ун - т им. А. А. Ежевского ; сост.: П.И. Ильин [и др.]. – Молодёжный : Изд - во ИрГАУ, 2020. - 40 с. – Текст : электронный.
6. Сухаева, А.Р. Использование современных инновационных технологий в развитии профессиональных качеств специалиста / А.Р. Сухаева // Материалы научно - практической конференции, посвящённой 60 - летию ИРГСХА «Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии». – Иркутск. : Изд - во ИрГСХА, 2013. – С. 43 - 48.
7. 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.
8. Сухаева, А.Р. Эффективность повышения качества профессиональной подготовки специалиста / А.Р. Сухаева // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2012. – № 3. – С. 29 - 31.
9. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (квалификация (степень) «бакалавр»). – М. : Минобрнауки, 2011. – 20 с.
10. Чубарева, М.В. Использование компьютерных технологий при выполнении графических заданий по инженерной графике / М.В. Чубарева // Сборник материалов международной научно - практической конференции «Совместная деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей и научных организаций в развитии АПК Центральной Азии». : в 4 частях. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия». – 2008. – С. 282 - 287.

11. Чубарева, М.В. Компьютерная графика как одна из систем автоматизированного проектирования / М.В. Чубарева // Материалы научно - практической конференции. «Актуальные вопросы развития регионального АПК». – Иркутск. : Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – С. 80 - 81.

References

1. Altuhova, T.A. Organizaciya samostoyatel'noj raboty studentov vuza // Vestnik IrGSKHA. – Irkutsk, 2008. – № 33. – P. 98 - 103.
2. Altuhov, S.V. Formirovaniya sposobnostej k inzhenernoj deyatel'nosti studentov inzhernogo fakul'teta Irkutskogo GAU im. A.A. Ezhevskogo // Pridneprovskij nauchnyj vestnik. – Transnistria, 2022. – Т. 5. – № 2. – P. 36 - 40.
3. Burlak, V.D. Sredstva obucheniya kak komponent pedagogicheskogo processa / V.D. Burlak, T.A. Altuhova // Pridneprovskij nauchnyj vestnik. – Transnistria, 2022. – Т. 6. – № 1. – P. 52 - 56.
4. GOST 8.417 - 2002. Mezhhgosudarstvennyj standart. Gosudarstvennaya sistema oboznamenij edinstva izmerenij. Edinicy velichin. Vveden v dejstvie s 1 sentyabrya 2003 g. – Moscow, 2018. – 30 pp.
5. П'ін, Р.І. Gosudarstvennaya itogovaya attestaciya : metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu vypusknogo kvalifikacionnoj raboty dlya bakalavrov napravleniya podgotovki 23.03.03 Ekspluatatsiya transportno - tekhnologicheskikh mashin i kompleksov profil' «Avtomobili i avtomobil'noe hozyajstvo v APK» / Irkut. gos. agrar. un - t im. A.A. – Youth, 2020. – 40 pp.
6. Suhaeva, A.R. Ispol'zovanie sovremennykh innovacionnykh tekhnologij v razvitii professional'nykh kachestv specialista / A.R. Suhaeva // Materialy nauchno - prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 60 -letiyu IRGSKHA «Ekologicheskaya bezopasnost' i perspektivy razvitiya agrarnogo proizvodstva Evrazii». – Irkutsk, 2013. – P. 43 - 48.
7. Suhaeva, A.R. Ispol'zovanie sovremennykh tekhnologij obucheniya kak sredstvo povysheniya motivacii obuchayushchihhsya / A.R. Suhaeva // Sbornik statej 72 - j mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii «Nauchnye priority APK v Rossii i za rubezhom». – Karavaevo, 2021. – P. 268 - 272.
8. Suhaeva, A.R. Effektivnost' povysheniya kachestva professional'noj podgotovki specialista / A.R. Suhaeva // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. – Irkutsk, 2012. – № 3. – P. 29 - 31.
9. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart vysshego professional'nogo obrazovaniya po napravleniyu podgotovki 23.03.03 Ekspluatatsiya transportno - tekhnologicheskikh mashin i kompleksov (kvalifikaciya (stepen') "bakalavr"). – Moscow, 2011. – 20 pp.
10. СHubareva, M.V. Ispol'zovanie komp'yuternykh tekhnologij pri vypolnenii graficheskikh zadaniy po inzhenernoj grafike / M.V. СHubareva // Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovmestnaya deyatel'nost' sel'skohozyajstvennykh tovaroproduktelej i nauchnykh organizacij v razvitii APK Central'noj Azii». : v 4 chastyah. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj federacii, departament nauchno - tekhnologicheskoy politiki i obrazovaniya, FGOU VPO «Irkutskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». – Youth, 2008. – P. 282 - 287.
11. СHubareva, M.V. Komp'yuternaya grafika kak odna iz sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya a / M.V. СHubareva // Materialy nauchno - prakticheskoy konferencii. «Aktual'nye voprosy razvitiya regional'nogo APK». – Irkutsk, 2007. – P. 80 - 81.

Сведения об авторах

Алтухова Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение». Иркутский государственный аграрный университет (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89025788289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Секция 6. Совершенствование подготовки агроинженерных кадров

Сухаева Анна Радионовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение», Иркутский государственный аграрный университет (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89027674765, e-mail: suhaewa@yandex.ru).

Чубарева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение». Иркутский государственный аграрный университет (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).

Information about authors

Altukhova Tatyana A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training". Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025788289, e-mail: altukhova@bk.ru).

Sukhaeva Anna R. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training". Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89027674765, e-mail: suhaewa@yandex.ru).

Chubareva Marina V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet, life safety and vocational training". Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086567154, e-mail: chubarevamarina@rambler.ru).