

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

МАТЕРИАЛЫ

**IX Национальной научно - практической конференции
с международным участием
«Чтения И.П. Терских»**

**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ИНЖЕНЕРНО - ТЕХНИЧЕСКОГО
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК»**

23 - 24 сентября 2021 года



п. Молодёжный

УДК 631.3
ББК 40.7
А 437

Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских» / редкол.: Н.Н. Дмитриев [и др.] – Молодёжный : Иркутский ГАУ, 2021. - 180 с.

В материалах IX 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

Редакционная коллегия:

Дмитриев Н.Н. – врио ректора Иркутского ГАУ,
Иванько Я.М. – проректор по научной работе Иркутского ГАУ,
Бураев М.К. – заведующий кафедрой технического сервиса и инженерных дисциплин Иркутского ГАУ,
Ильин П.И. – заведующий кафедрой ЭМТП, БЖД и ПО Иркутского ГАУ,
Прудников А.Ю. – заместитель декана по научной работе 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., Бодякина Т.В., Немцев А.Е.* Моделирование, управление динамических свойств дизеля с наддувом 7
- Болоев П.А., Бодякина Т.В., Немцев А.Е., Лубсанова А.Б.* Программируемые бортовые системы диагностирования двигателей 14
- Кривцова Т.И., Кривцов С.Н., Седалищев М.Н.* Установка для определения смазывающих свойств моторных и трансмиссионных масел автомобилей в эксплуатации 19
- Понизовский А.Ю.* Практическое применение способа по разности расходов воздуха для оценки технического состояния цилиндра - поршневой группы двигателя внутреннего сгорания 25
- Сырбаков А.П., Матяш С.П., Бережнов Н.Н.* Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур 29
- Хабардин В.Н.* Обоснование организационных методов технического обслуживания тракторов для сезонно - цикловой технологии 36

Секция 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИН В АПК

- Бураева Г.М., Шистеев А.В.* К формированию структуры ремонтного цикла на предприятии технического сервиса 45
- Бураева Г.М., Бондарь Э.М.* Модернизация устройства для наружной мойки сельскохозяйственной техники перед ремонтом 50

Секция 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- Воронова А.В., Сахаровская А.Е., Алексеева Ю.А.* Внедрение системы ХАССП на малом предприятии 59
- Кузьмин А.В., Беломестных В.А.* Некоторые аспекты механических характеристик клубней картофеля 65
- Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Савченко И.А., Аникиенко Н.Н.* Ресурсосберегающая технология возделывания зерновых культур 71
- Редько В.В., Шмырева А.В., Алексеева Ю.А.* Обеспечение качества и безопасности при производстве кисломолочных продуктов 77
- Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В.* Снижение потерь при уборке зерновых 83
- Цэдэшиев Ц.В., Бураев М.К., Цэдэшиев Ц.В.* Сушка зерновых культур 89

Секция 4. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В АПК

- Булаев Е.А., Речкин С.В., Сырбаков А.П.* Теоретическое обоснование использования рекуперативной гидравлической энергии при разделении навоза на фракции 96
- И.В. Алтухов, С.М. Бькова, В.А. Федотов, В.Д. Очиров* Технология получения сушёных томатов 105
- Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.* Виртуальная модель 112

асинхронного двигателя в ортогональной системе координат <i>Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.</i> Результаты моделирования асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора в режиме холостого хода	119
<i>Репецкий О.В., Нгуен В.В.</i> Результаты численного исследования преднамеренной расстройки при разных вариантах скоса верхней кромки лопаток энергетических турбомашин	125
<i>Репецкий О.В., Нгуен В.М.</i> Факторы демпфирования вибрации лопаток турбомашин	134
<i>Речкин С.В.</i> Анализ технических решений в области выпасного животноводства	141
Секция 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОБИЗНЕСЕ	
<i>Иванько Я.М., Бендик Н.В., Колокольцева И.М.</i> К вопросу формирования базы данных биологических рисков на региональном уровне	150
<i>Иванько Я.М., Синицын М.Н.</i> О классификации многоэтапных моделей оптимизации производства продовольственной продукции	160
<i>Иванько Я.М., Петрова С.А., Асалханов П.Г., Бендик Н.В., Полковская М.Н.</i> О создании больших объемов данных для управления процессом получения продовольственной продукции в регионе	167
ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ	
<i>Бодякина Т.В., Бураев М.К.</i> К 75 - летию Петра Антоновича Болоева	177

CONTENTS

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

- Boloev P.A., Gergenova T.P., Bodyakina T.V., Nemtsev A.E.* Modeling, dynamic control of a charged diesel 7
- Boloev P.A., Bodyakina T.V., Nemtsev A.E., Lubsanova A.B.* Programmable on - board engine diagnostics systems 14
- Krivtsova T.I., Krivtsov S.N., Sedalishchev M.N.* Installation for determining the lubricating properties of motor and transmission oils of cars in operation 19
- Ponizovsky A.Y.* Practical application of the method based on the difference in air flow to assess the technical condition of the cylinder-piston group of an internal combustion engine 25
- Syrbakov A.P., Matyash S.P., Berezhnov N.N.* Improvement of starting characteristics of diesel engines in conditions of negative temperatures 29
- Khabardin V.N.* Justification of organizational methods of tractor maintenance for seasonal - cycle technology 36

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

- Buraeva G.M., Shisteev A.V.* Formation of the structure of the repair cycle at the technical service enterprise 45
- Buraeva G.M., Bondar E.M.* Modernization of the device for washing agricultural machinery before repair 50

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

- Voronova A.V., Sakharovskaya A.E., Alekseeva Y.A.* Introduction of HACCP system at a small enterprise 59
- Kuzmin A.V., Belomestnykh V.A.* Some aspects of the mechanical characteristics of potato tubers 65
- Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Savchenko I.A., Anikienko N.N.* Resource - saving grain cultivation technology 71
- Redko V.V., Shmyreva A.V., Alekseeva Y.A.* Ensuring quality and safety in the production of sour milk products 77
- Stepanov N.N., Brichagina A.A., Stepanov N.V.* Reduction of losses during grain harvesting 83
- Tsedashiev Th.V., Buraev M.K., Tsedashiev Th.V.* Drying of grain crops 89

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

- Bulaev E.A., Rechkin S.V., Syrbakov A.P.* Theoretical justification of the use of recuperative hydraulic energy in the separation 96
- I.V. Altukhov, S.M. Bykova, V.A. Fedotov, V.D. Ochirov* Technology for producing dried tomatoes 105

<i>Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Bonnet Y.V.</i> Virtual model of an asynchronous motor in an orthogonal coordinate system	112
<i>Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Bonnet Y.V.</i> Simulation results of an asynchronous motor with rotor eccentricity in idle mode	119
<i>Repetckii O.V., Nguyen V.V.</i> Results of a numerical study of intentional mistuning with different variants of bevel on the blade's top edge of power turbomachine	125
<i>Repetckii O.V., Nguyen V.M.</i> Vibration damping factors of turbomachine blades	134
<i>Rechkin S.V.</i> Analysis of technical solutions in the field of grazing livestock	141
Section 5. INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRIBUSINESS	
<i>Ivanyo Ya.M., Bendik N.V., Kolokoltseva I.M.</i> On the question of formation of the database of biological risks at the regional level	150
<i>Ivanyo Ya.M., Sinitsyn M.N.</i> About the classification of multi - stage models for optimizing food production	160
<i>Ivanyo Ya.M., Petrova S.A., Asalkhanov P.G., Bendik N.V., Polkovskaya M.N.</i> About create of big data to manage the receipt of food products in the region	167
MEMORABLE DATES	177
<i>Bodyakina T.V., Buraev M.K.</i> To the 75 th anniversary of Peter Antonovich Boloev	

МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЯ С НАДДУВОМ

¹П.А. Болоев, ¹Т.П. Гергенова, ²Т.В. Бодякина, ³А.Е. Немцев

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

²ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

³ФГБНУ СФНЦА РАН «СибИМЭ»,
Новосибирск, Россия

В статье рассмотрено моделирование динамических свойств дизеля. Индивидуальную оптимизацию продолжительности работы двигателя позволяют обеспечить быстродействующие электромагнитные клапаны, вплоть до полного отключения цилиндров. В комплекс алгоритмов управления входят алгоритмы оптимального управления давлением, опережением, ограничением подачи топлива, исключением подачи топлива при условиях, не обеспечивающих его воспламенения и эффективного сгорания. Стабильность рабочих процессов автотракторных дизелей на частичных и неустановившихся режимах работы зависит от всережимного регулятора топливного насоса, динамические свойства двигателя характеризуют способность поддерживать заданный скоростной режим. С помощью составленной системы дифференциальных уравнений элементы, входящие в функциональную схему, позволят установить координаты взаимодействия элементов в процессе управления работой дизеля. В качестве параметра выбрано изменение угловой скорости коленчатого вала двигателя, операторы воздействия на двигатель соответствующих входных координат получены в результате моделирования.

Ключевые слова: двигатель, режим работы, топливный насос, процесс, динамические свойства.

MODELING, DYNAMIC CONTROL OF A CHARGED DIESEL

¹P.A. Boloev, ¹T.P. Gergenova, ²T.V. Bodyakina, ³A.E. Nemtsev

¹Buryat state university named after Dorzhi Banzarova,
Ulan - Ude, Russia

²Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

³FGBNU SFNTSA RAS «SibIME»,
Novosibirsk, Russia

The article deals with the modeling of the dynamic properties of a diesel engine. Individual optimization of the engine running time is ensured by fast - acting solenoid valves, up to the complete shutdown of the cylinders. The complex of control algorithms includes algorithms for optimal control of pressure, advance, limitation of fuel supply, excluding fuel supply under conditions that do not ensure its ignition and efficient combustion. The stability of the working processes of autotractor diesel engines in partial and unsteady operating modes depends on the all - mode regulator of the fuel pump, the dynamic properties of the engine characterize the ability to maintain a given speed mode. Using the compiled system of differential equations, the elements included in the functional diagram will make it possible to establish the coordinates of the interaction of the elements in the process of controlling the operation of the diesel engine. The

change in the angular velocity of the crankshaft of the engine was chosen as a parameter, the operators of the influence on the engine of the corresponding input coordinates were obtained as a result of the simulation.

Key words: engine, operating mode, fuel pump, process, dynamic properties.

Современные автотракторные двигатели имеют большое число управляемых параметров, позволяющие осуществить настройку на каждый эксплуатационный режим. Например, фирма *Bosch* разработала систему регулирования отработавших газов, управляемую электронным блоком фильтра твёрдых частиц и накопительным нейтрализатором NO_x , достигая на каждом режиме работы двигателя получения наилучшей нейтрализации отработавших газов [1, 6].

Системы изменения фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов позволяют оптимизировать процессы впуска, сгорания и выпуска. Электрогидравлический привод позволяет также регулировать скорость открытия и закрытия клапанов. Быстродействующие электромагнитные клапаны позволяют, так же как и электрогидравлические форсунки, обеспечить индивидуальную оптимизацию продолжительности, фазы и перемещения на любом режиме работы двигателя, вплоть до полного отключения цилиндров и быстрый перевод двигателя в тормозной режим.

Турбокомпрессор с изменяемым входным сечением турбины и регулируемые лопатками ротора повышает эффективность его работы по мощностным и экологическим показателям. Применяется регулируемый резонансный наддув для двигателей фирмы *BMW*.

Аппаратура *Common - Rail* фирмы *Denso* кроме подачи топлива регулирует соотношение воздух - топливо, рециркуляцию отработавших газов, управляет турбокомпрессором с переменной геометрией.

Ведущие фирмы мира начинают выпускать двигатели с пьезофорсунками, не имеющие мёртвого времени, переключение происходит очень быстро и точно.

Фирма *Mayflower* разработала новую систему изменения степени сжатия в двигателях путём эксцентрично расположенной оси коленчатого вала.

Применение рациональных алгоритмов программ в сочетании с импульсным управлением подачей топлива и воздуха обеспечивает достижение предельно возможных наилучших значений показателей качества.

В комплекс алгоритмов управления входят в общем случае: алгоритмы оптимального адаптивного управления опережением, давлением, числом фаз, формой характеристики впрыскивания топлива, ограничением подачи топлива, исключением подачи топлива при условиях, не обеспечивающих его воспламенения и эффективного сгорания, фазами газораспределения, давлением наддува и др. Здесь же используются средства и алгоритмы безразборной автоматической технической диагностики.

На всех двигателях с электронными управляющими устройствами достигнуто существенное снижение эксплуатационного расхода топлива, температуры отработавших газов и вредных выбросов.

Топливный насос является звеном в замкнутой цепи и оказывает влияние на качество переходных процессов. Поэтому в условиях эксплуатации с вынужденными колебаниями системы регулирования частоты вращения такое упрощение неприемлемо [5].

В условиях эксплуатации возникают возмущения из - за переменного момента сопротивления на входе в двигатель, циклическостью рабочих процессов в цилиндрах, нестабильностью частоты вращения коленчатого вала, вызывающие колебания рейки ТНВД и нестабильность в последовательных циклах впрыскивания [6].

Стабильность рабочих процессов автотракторных дизелей на частичных и неустановившихся режимах работы зависит от всережимного регулятора топливного насоса. Неустойчивая работа всережимного регулятора приводит к повышенным колебаниям элементов системы регулирования частоты вращения, что приводит к перерасходу топлива, снижению надёжности и ухудшению экологии.

Передаточную функцию топливной аппаратуры для этих условий можно выразить по известному выражению [4, 6].

$$W_{TA} = \frac{K_{TA}}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1};$$

где K_{TA} – коэффициент усиления в относительных единицах.

Поскольку имеет место колебательный переходный процесс, корни характеристического уравнения $T_1^2 p^2 + T_2 p + 1 = 0$, описываемого звена равны $p_{1,2} = \alpha \pm i\beta$, где

$$\alpha = -\frac{T_2}{2T_1^2} \quad \text{и} \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{T_1^2} - \left(\frac{T_2}{2T_1^2}\right)^2}$$

Так как $\beta T = 2\pi$, то T определяется из переходного процесса как $T = 1 / f$, где f – частота колебаний процессов $f = n / (4 \cdot 60)$ Гц;

n – частота вращения коленвала дизеля.

Передаточная функция дизеля с топливным насосом с первым приближением является аperiодическим звеном первого порядка из - за большой инерционности самого дизеля

$$W_{(p)} = \frac{K_D \cdot K_{TH}}{(K_D + K_{TH})p + 1}.$$

Дифференциальное управление дизеля с газотурбинным наддувом

Динамические свойства двигателя характеризуют его приемистость, способность поддержать заданный скоростной режим и т. п. В связи с этим изучение динамических свойств двигателя путём составления его дифференциального уравнения с последующим решением имеет большое значение.

Динамические свойства двигателя в целом характеризуются совокупностью (системой) уравнений всех названных элементов [2, 7]:

Двигатель	$d(p)\varphi = q + \theta_1\rho - \theta_2 \propto_g;$
Топл. апп.	$d_A(p)q = \kappa + \theta_\varphi\varphi;$
Турбокомпрессор	$d_K(p)\varphi_K = \xi + \theta_qq - \theta_\rho\rho + \theta_T\chi_T + \theta_K\kappa_K;$
Впускной коллектор	$d_B(p)\rho = \varphi_K - \theta_B\varphi + \theta_{Bh}\kappa_K;$
Выпускной коллектор	$d_r(p)\xi = \varphi + \theta_r\rho + \theta_Gq - \theta_{xT}\kappa_T.$

С помощью составленной таким образом системы дифференциальных уравнений элементов, входящих в функциональную схему можно установить координаты взаимодействия элементов в процессе управления работы дизеля.

Все управления, входящие в рассматриваемую систему, должны быть решены совместно. При совместном решении необходимо, прежде всего, выбрать параметр, изменение которого по времени должно быть исследовано. В данном случае выбираем изменение угловой скорости φ коленчатого вала двигателя в качестве примера.

Совместное решение системы уравнений (1) в этом случае может быть найдено в форме

$$\Delta \cdot \varphi = \Delta \varphi, \quad (2)$$

где Δ – главный определитель системы;

$\Delta \varphi$ – присоединённый определитель системы, дающий правую часть дифференциального уравнения.

При изучении изменения по времени любого другого параметра двигателя по формуле (2) изменяется лишь присоединенный определитель:

$\Delta \cdot q = \Delta q$ – по цикловой подаче топлива;

$\Delta \cdot \rho = \Delta \rho$ – изменение давления наддува и т. д.

При составлении структурной схемы принято, что выходной координатой двигателя как регулируемого объекта по скорости является изменение φ ($\Delta\omega$) угловой скорости коленвала, а входными координатами изменение $d_g(\Delta N)$ настройки двигателя; перемещение κ (Δh) органа управления двигателя (рейки ТН); перемещение κ_K (Δh_K) органа управления поворотными лопатками диффузора компрессора; перемещение κ_T (Δh_T) органа управления сопловым аппаратом турбины с поворотными лопатками.

Примем атмосферное давление и температуру $p_0, T_0 = const$ и не учитываем.

С учётом сделанных замечаний система управлений (1) переписывается в виде

$$\begin{cases} d(p)\varphi - q - \theta_1\rho = -\theta_2 \alpha_g; \\ -\theta_\varphi\varphi + d_A(p)q = \kappa; \\ -\theta_q q + \theta_\rho\rho + d_K(p)\varphi_K - \xi = \theta_T x_T + \theta_K x_K; \\ \theta_B\varphi + d_B(p)\rho - \varphi_K = \theta_{Bh}x_K; \\ -\varphi - \theta_G q - \theta_r\rho + d_r(p)\xi = -\theta_{xT}x_T. \end{cases} \quad (3)$$

Главный и присоединительный определители системы уравнений (3) применительно к (2) имеют вид

$$\Delta = \begin{vmatrix} d(p) & -1 & -\theta_1 & 0 & 0 \\ -\theta_\varphi & d_A(p) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\theta_q & \theta_\rho & d_K(p) & -1 \\ \theta_B & 0 & d_B(p) & -1 & 0 \\ -1 & -\theta_G & -\theta_r & 0 & dr(p) \end{vmatrix} \quad (4)$$

и

$$\Delta_\varphi = \begin{vmatrix} -\theta_2 d_g & -1 & -\theta_1 & 0 & 0 \\ x & d_A(p) & 0 & 0 & 0 \\ \theta_T x_T + \theta_K x_K & -\theta_q & \theta_\rho & d_K(p) & -1 \\ \theta_{Bh}x_K & 0 & d_B(p) & -1 & 0 \\ -\theta_x x_T & -\theta_G & -\theta_r & 0 & dr(p) \end{vmatrix} \quad (5)$$

Раскрытие их и подстановка в уравнение (3) приводит к линейному неоднородному дифференциальному уравнению с постоянными коэффициентами шестого порядка.

В операторной форме это уравнение имеет вид

$$d_g(p)\varphi = R_g(p)\kappa - S_g(p)\alpha_g + U_n(p)\kappa_K - U_m(p)\kappa_T. \quad (6)$$

В полученном уравнении собственный оператор двигателя с газотурбинным наддувом

$$d_g(p) = d(p)d_A(p)d_r(p)[\theta_\rho + d_K(p)d_B(p)] + d_K(p)d_r(p)[d_A(p)\theta_1\theta_B - d_B(p)\theta_\varphi] + \theta_\varphi[\theta_r + \theta_1\theta_G] - d_A(p)[\theta_1 + d(p)\theta_r] - d_r(p)\theta_\varphi(\theta_\rho + \theta_1\theta_q) \quad (7)$$

или после подстановки развёрнутых выражений собственных операторов двигателя

$$d_g(p) = T_{g6}p^6 + T_{g5}p^5 + T_{g4}p^4 + T_{g3}p^3 + T_{g2}p^2 + T_{g1}p + K_g \quad (8)$$

Операторы воздействия на двигатель соответствующих входных координат имеют вид

$$\begin{aligned}R_g(p) &= d_r(p)[d_K(p)d_B(p) + \theta_1\theta_q + \theta_p] + \theta_1\theta_G - \theta_r; \\S_g(p) &= d_A(p)d_r(p)[d_K(p)d_B(p) + \theta_p]\theta_2 - d_A(p)\theta_r\theta_2; \\U_n(p) &= d_A(p)d_r(p)[d_K(p)\theta_{Bh} + \theta_K]\theta_1; \\U_m(p) &= d_A(p)[d_r(p)\theta_T - \theta_{xT}]\theta_1,\end{aligned}$$

или после подстановки развернутых выражений собственных операторов элементов двигателя

$$\begin{aligned}R_g(p) &= T_{R3}^3p^3 + T_{R2}^2p^2 + T_{R1}p + \theta_R; \\S_g(p) &= T_{S5}^5p^5 + T_{S4}^4p^4 + T_{S3}^3p^3 + T_{S2}^2p^2 + T_{S1}p + \theta_S; \\U_n(p) &= T_{n4}^4p^4 + T_{n3}^3p^3 + T_{n2}^2p^2 + T_{n1}p + \theta_n; \\U_m(p) &= T_{m3}^3p^3 + T_{m2}^2p^2 + T_{m1}p + \theta_m.\end{aligned}$$

Коэффициенты уравнения, входящие в собственный оператор двигателя и операторы воздействия k и θ являются безразмерными, а коэффициент, обозначенный T , имеет размерность времени в степени коэффициента

$$(T_{g6}^6 - c^6; T_{R2}^2p^2 - c^2).$$

Процессы управления системами ДВС по этой методике решены в диссертационной работе Болоева П.А. [7].

Список литературы

1. Конкс Г.А. Современные подходы к созданию интеллектуальных ДВС / Г.А. Конкс, В.А. Лашко // Сборник научных трудов. – Хабаровск. Изд - во Хаб.гос. техн. ун - та, 2013. – С. 4 - 8.
2. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания / В.И. Крутов // М. : изд. Машиностроение, 1979. – 615 с.
3. Горелик Г.Б. Применение математического моделирования при проектировании ДВС. / Г.Б. Горелик, Л.А. Васильева, В.А. Лашко // Хабаровск, 1988. – 96 с.
4. Толшин В.И. Форсированные дизели. Переходные режимы, регулирование. М. : Машиностроение, 1974. – 198 с.
5. Горелик Г.Б. Процессы топливоподачи в дизелях при работе на долевых и переходных режимах. / Г.Б. Горелик // Хабаровск, изд - во ХГТУ, 2003. – 247 с.
6. Грехов Л.В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. / Л.В. Грехов // М. , Легион - Автодата, 2009. – 176 с.
7. Болоев П.А. Улучшение эксплуатационных показателей МТА путём оптимизации управления рабочими процессами дизеля: дисс. д.т.н.: 05.20.03. – СПб, 1997 - 169 с.

References

1. Konks G.A. Sovremennye podhody k sozdaniyu intellektual'nyh DVS. / G.A. Konks, V.A. Lashko // Sbornik nauchnyh trudov. – Habarovsk. Izd - vo Hab. gos. tekhn. un - ta, 2013. – S. 4 - 8.

2. Krutov V.I. Avtomaticheskoe regulirovanie dvigatelej vnutrennego sgoraniya / V.I. Krutov // М. : izd. Mashinostroyeniye, 1979. – 615 s.

3. Gorelik G.B. Primeneniye matematicheskogo modelirovaniya pri proektirovani DVS / G.B. Gorelik, L.A. Vasil'eva, V.A. Lashko // Habarovsk, 1988. – 96 s.

4. Tolshin V.I. Forsirovannyye dizeli. Perekhodnyye rezhimy, regulirovaniye. М. : Mashinostroyeniye, 1974. – 198 s.

5. Gorelik G.B. Processy toplivopodachi v dizelyah pri rabote na dolevykh i perekhodnykh rezhimakh. / G.B. Gorelik // Habarovsk, izd - vo HGТУ, 2003. – 247 s.

6. Grekhov L.V. Toplivnaya apparatura dizelej s elektronnyim upravleniem / L.V. Grekhov // М. , Legion - Avtodata, 2009. – 176 s.

7. Boloev P.A. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh pokazatelej MTA putem optimizatsii upravleniya rabochimi processami dizelya: diss. d.t.n. : 05.20.03. – SPb, 1997 - 169 s.

Сведения об авторах

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (664038, Россия, 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).

Бодякина Татьяна Владимировна – аспирантка кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская обл., Иркутский р - н, п. Молодежный, тел. 89148781789, e-mail: Bodt-24@rambler.ru).

Немцев Анатолий Егорович – доктор технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ СФНЦА РАН «СибИМЭ» (Россия, г. Новосибирск, р.п. Краснообск).

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).

Bodyakina Tatiana V. – postgraduate student 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, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhnyy, Irkutsk SAU tel.89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru).

Nemtsev Anatoly E. – Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher at SibIME FSBI SFN-CA RAS (Russia, Novosibirsk, village. Krasnoobsk).

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

¹Болоев П.А., ²Бодякина Т.В., ³Немцев А.Е., ¹Лубсанова А.Б.

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

²ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

³ФГБНУ СФНЦА РАН «СибИМЭ»,
Новосибирск, Россия

В новых системах управления двигателями применяется бортовая диагностика для контроля и самодиагностики системы. Для обработки и анализа измеренных величин применяются бортовые системы. В эти системы входят микропроцессоры, линии связи, датчики. Для нормализации и корректировки параметров измерительных цепей в соответствии с эталонными характеристиками учитываются факторы оказывающие воздействие на них. Для обработки диагностической информации используются программы для бортовых систем по специальным алгоритмам диагностирования и принятия решения о техническом состоянии двигателя. В алгоритмах диагностирования технического состояния двигателя применяется сравнение вектора измеренных диагностических признаков с эталонными векторами исправного и неисправного состояний двигателя. В качестве критерия для сравнения измеренных векторов диагностических признаков с эталонными, используется обобщённая линейная разделяющая функция.

Ключевые слова: вектор, функция, двигатель, бортовая система, техническое состояние.

PROGRAMMABLE ON - BOARD ENGINE DIAGNOSTICS SYSTEMS

¹ P.A. Boloev, ²T.V. Bodyakina, ³A.E. Nemtsev, ¹A.B. Lubsanova

¹Buryat state university named after Dorzhi Banzarova,
Ulan - Ude, Russia

²Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

³FGBNU SFNTSA RAS «SibIME»,
Novosibirsk, Russia

The new engine control systems use on - board diagnostics for monitoring and self-diagnosis of the system. Onboard systems are used for processing and analyzing the measured values. These systems include microprocessors, communication lines, sensors. For the normalization and adjustment of the parameters of the measuring circuits in accordance with the reference characteristics, the factors affecting them are taken into account. To process diagnostic information, programs for on - board systems are used according to special algorithms for diagnosing and making decisions about the technical condition of the engine. In the algorithms for diagnosing the technical condition of the engine, a comparison of the vector of the measured diagnostic signs with the reference vectors of the serviceable and faulty states of the engine is used. A generalized linear separating function is used as a criterion for comparing the measured vectors of diagnostic features with the reference ones.

Key words: vector, function, engine, on - board system, technical condition.

В последнее время огромный прогресс развития во всех областях автомобильной техники и двигателестроения. В связи с развитием за последние годы удалось снизить уровень токсичности выхлопа у современных двигателей с Евро - 1 до Евро - 5, более чем на 90 %. Средний расход топлива снизился за последние 10 лет примерно на 2 литра на 100 км. Выбросы сажи дизельными двигателями снизились с 1985 года более чем на 95 %. В будущем без электроники в двигателе уже ничего не будет регулироваться и контролироваться. Доля электроники в создании стоимости автомобилей премиум-класса уже сегодня составляет до 40 %. Этот показатель имеет тенденцию к повышению. Современные системы управления двигателями способны выполнять несколько миллионов вычислительных операций в секунду. Без соответствующего контроля работы и самодиагностики систем невозможно. Станции технического обслуживания автомобилей были бы безнадежно перегружены работой. В новых системах управления двигателями около 50 % производительности процессоров используется бортовая диагностика для контроля и самодиагностики системы. Функции современных систем, обеспечивающие работу в аварийном режиме, многократно превосходят по производительности более старые основные системы. Устанавливаемый на современный автомобиль процессор имеет производительность, превышающую производительность всего вычислительного центра.

В состав бортовых систем входят датчики, линии связи, микропроцессоры для обработки и анализа измеренных величин, линеаризация, нормализация и корректировка параметров в соответствии с эталонными характеристиками измерительных цепей, а также с учётом внешних взаимодействующих факторов и помех [4 - 6].

Решение задач обработки диагностической информации, получаемой от датчиков параметров двигателя, и принятие решений о техническом состоянии двигателя осуществляется по специальным алгоритмам диагностирования, которые реализуются в виде вычислительных программ для бортовых систем.

Основной процедурой, используемой в алгоритмах диагностирования технического состояния двигателя, является сравнение вектора измеренных диагностических признаков с эталонными векторами исправного и неисправного состояний двигателя [3].

Для получения наиболее информативных диагностических признаков в устройстве должно осуществляться линейное преобразование исходного вектора контролируемых параметров

$$A_{lm}z_m = F_l,$$

где A_{lm} – $(l \times m)$ – матрица коэффициентов линейного преобразования;
 z_m – вектор контролируемых параметров;

F_i – вектор линейных диагностических комплексов от контролируемых параметров;

$m = 1, 2, \dots, \bar{M}$;

$l = 1, 2, \dots, \bar{L}$ [\bar{M} – число компонент вектора контролируемых параметров;

\bar{L} – число компонент линейных диагностических комплексов (признаков)].

Компоненты матрицы A_{lm} задаются как константы, исходя из принятой модели преобразования, и должны корректироваться при уточнении модели по мере накопления статистических данных и результатов экспериментальных исследований на двигателе и физических моделях. Значения компонент матрицы преобразования могут формироваться с использованием математической статистики на основе обобщения аналитических связей между параметрами, обусловленных характеристиками двигателя [2].

В качестве критерия для сравнения измеренных векторов диагностических признаков с эталонными целесообразно использовать обобщенную линейную разделяющую функцию

$$L = \sum_{i=1}^q d_i f_i(F_l, \tilde{F}_l),$$

где \tilde{F}_l – эталонный вектор диагностических признаков;

d_i – постоянные коэффициенты, определяемые на этапе разработки;

f_i – некоторые функции (линейные) компонент вектора диагностических признаков;

q – число членов линейной разделяющей функции.

Значения компонент эталонных векторов, а также коэффициентов в формулах должны устанавливаться на основе экспериментальных исследований на двигателе, модельных установках или с помощью имитационных математических моделей. Методики таких оценок должны разрабатываться дифференцированно для задач, решаемых конкретными функциональными программными модулями бортовой системы диагностирования, например функциональным модулем прогнозирования технического состояния элементов двигателя или модулем локализации неисправности [1].

Пусть множество Y возможных технических состояний двигателя характеризуется подмножеством $y_i \in Y$ эталонных векторов диагностических признаков F_{ji} (j – порядковый номер технического состояния; i – порядковый номер эталонного вектора технического состояния; $i = 1, \dots, N$ – общее число эталонных векторов, составляющих множество Y технических состояний двигателя).

Обобщенная линейная функция, разделяющая одно из подмножеств y_j технического состояния двигателя от совокупности всех остальных подмножеств его технического состояния имеет вид

$$\bar{L}_j = \sum_{n=1}^N d_{nj} f(F_l, \tilde{F}_{ln}), \quad (1)$$

где $d_{nj} = \begin{cases} +1, \text{ если } \widetilde{F}_{ln} \in y_j' \\ -1, \text{ если } \widetilde{F}_{ln} \notin y_j' \end{cases}$ – распознаваемое подмножество;

$$f(F_l, \widetilde{F}_{ln}) = \exp[-(F_l - \widetilde{F}_{ln})^2];$$

$y_j \in y'$, причём y' – редуцированное множество технических состояний двигателя, полученное из исходного множества Y путём отбора его элементов (\widetilde{F}_{lu}).

Вектору \widetilde{F}_{lu} из множества Y устанавливается однозначный ему вектор \widetilde{F}_{ln} множества y'

$$\widetilde{F}_{lu} = \widetilde{F}_{ln} \quad (2)$$

только в том случае, когда отлична от нуля величина z_i , рассчитываемая по рекуррентному соотношению [4]

$$z_i = \frac{1}{2} b_i \{1 - b_i \operatorname{sgn}[a(\widetilde{F}_{l(i-1)})]\}, \quad (3)$$

где $a(\widetilde{F}_{l(i-1)}) = a(\widetilde{F}_{l(i-2)}) + z_{i-1} \exp[-(F_l - \widetilde{F}_{l(i-1)})^2];$

$$a(\widetilde{F}_{l1}) = \exp[-(F_l - \widetilde{F}_{l1})^2],$$

$$\operatorname{sgn}[a(\widetilde{F}_{l(i-1)})] = \begin{cases} +1, \text{ если } a(\widetilde{F}_{l(i-1)}) > 0; \\ -1, \text{ если } a(\widetilde{F}_{l(i-1)}) \leq 0; \end{cases}$$

$$b_i = \begin{cases} +1, \text{ если } \widetilde{F}_{lu} \in y_j; \\ -1, \text{ если } \widetilde{F}_{lu} \notin y_j. \end{cases}$$

Решающее правило распознавания j -го технического состояния двигателя имеет вид:

- если $L > 0$, то вектор измеренных параметров F_l соответствует j -му техническому состоянию двигателя;

- если $L < 0$, то вектор измеренных параметров F_l не соответствует j -му техническому состоянию двигателя;

- если $L = 0$, то техническое состояние двигателя не определено.

Список литературы

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. / И.А. Биргер // М. : Машиностроение, 1978. – 239 с.

2. Болоев П.А. Разработка ресурсосберегающих технологий эксплуатации и диагностики транспортных машин в условиях Восточной Сибири. / П.А. Болоев., С.Н. Шуханов // Изд - во ИрНТУ, Иркутск, 2016. - 148 с.

3. Елтошкина, Е.В. Обеспечение работоспособности и отказоустойчивости машин резервированием сменных элементов / Е.В. Елтошкина, М.К. Бураев, Т.В. Бодякина // Тракторы и сельхозмашины. 2019. - № 6. – С. 54 - 57.

4. Кривцов С.Н. Трекер для измерения параметров работы автомобиля в движении / С.Н. Кривцов, П.И. Ильин, А.И. Тирских, М.А. Ширококих, М.П. Березовский // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 36. С. 11 - 20.

5. Мирский Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения. / Г.Я. Мирский // М. : Энергоиздат, 1982. – 320 с.

6. Приборы и системы измерения вибрации, шума и удара: Справочник / под ред. В.В. Клюева. М. : Машиностроение, 1978. - 448 с.

References

1. Birger I.A. Tekhnicheskaya diagnostika. / I.A. Birger // М. : Mashinostroenie, 1978. – 239 s.

2. Boloev P.A. Razrabotka resursosberegayushchih tekhnologij ekspluatacii i diagnostiki transportnyh mashin v usloviyah Vostochnoj Sibiri. / P.A. Boloev., S.N. SHuhanov // Izd - vo IrNITU, Irkutsk, 2016. - 148 s.

3. Eltoshkina, E.V. Obespechenie rabotosposobnosti i otkazoustojchivosti mashin rezervirovaniem smennyh elementov / E.V. Eltoshkina, M.K. Buraev, T.V. Bodyakina // Traktory i sel'hoz mashiny. 2019. - № 6. – S. 54 - 57.

4. Krivtsov S.N. Tracker for measuring the parameters of the car in motion / S.N. Krivtsov, P.I. Ilyin, A.I. Tirskikh, M.A. Shirobokikh, M.P. Berezovsky // Topical issues of agricultural science. 2020. No 36, pp. 11 - 20.

5. Mirskij G.YA. Harakteristiki stohasticheskoy vzaimosvyazi i ih izmereniya. / G.YA. Mirskij // М. : Energoizdat, 1982. – 320 s.

6. Pribory i sistemy izmereniya vibracii, shuma i udara: Spravochnik / pod red. V.V. Klyueva. М. : Mashinostroenie, 1978. - 448 s.

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).

Бодякина Татьяна Владимировна – аспирантка кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел. 89148781789, e-mail: Bodt-24@rambler.ru).

Немцев Анатолий Егорович – доктор технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ СФНЦА РАН «СибИМЭ» (Россия, г. Новосибирск, пос. Краснообск).

Лубсанова Аюна Баировна – аспирант кафедры машиностроения. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (664038, Россия, 670000, Россия, Республика Бурятия, Улан - Удэ, тел. 89500801880, e-mail: lubsanova@yandex.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, UlanUde, Smolin st., 24A. tel. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru).

Bodyakina Tatiana V. – postgraduate student 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, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhnyy, Irkutsk SAU tel.89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru).

Nemtsev Anatoly E. – doctor of technical sciences, senior researcher at SibIME FSBI SFNCA RAS (Russia, Novosibirsk, village. Krasnoobsk).

Lubsanova Ayuna B. – postgraduate student of the department of mechanical engineering. bur-yat stateuniversity named after Dorji Banzarov (670000, Republic of Buryatia, Ulan - Ude, Smolin st., 24A. tel. 89500801880, e-mail:lubsanova@mail.ru).

УДК 629.113

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМАЗЫВАЮЩИХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ И ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Т.И. Кривцова, С.Н. Кривцов, М.Н. Седалищев

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия

В статье представлено устройство и принцип работы разработанной машины трения по методу Тимкена, позволяющей исследовать изменение смазывающих свойств моторных и трансмиссионных масел автомобилей в эксплуатации. Произведено сравнительное испытание смазывающих свойств при температурах 22 и 80° С по диаметру пятна износа роликов. В работе исследовалось также влияние попадания антифриза и бензина в масло и выявлены закономерности изменения смазывающих свойств.

Ключевые слова: смазывающие свойства, машина трения, моторное масло.

INSTALLATION FOR DETERMINING THE LUBRICATING PROPERTIES OF MOTOR AND TRANSMISSION OILS OF CARS IN OPERATION

T.I. Krivtsova, S.N. Krivtsov, M.N. Sedalishchev

Irkutsk national research technical university,
Irkutsk, Russia

The article presents the device and the principle of operation of the developed friction machine according to the Timken method, which allows us to study the change in the lubricating properties of motor and transmission oils of cars in operation. A comparative test of the lubricating properties was performed at temperatures of 22 and 80° C by the diameter of the roller wear spot. The paper also investigated the effect of antifreeze and gasoline ingress into the oil and revealed patterns of changes in lubricating properties.

Key words: lubricating properties, friction machine, engine oil.

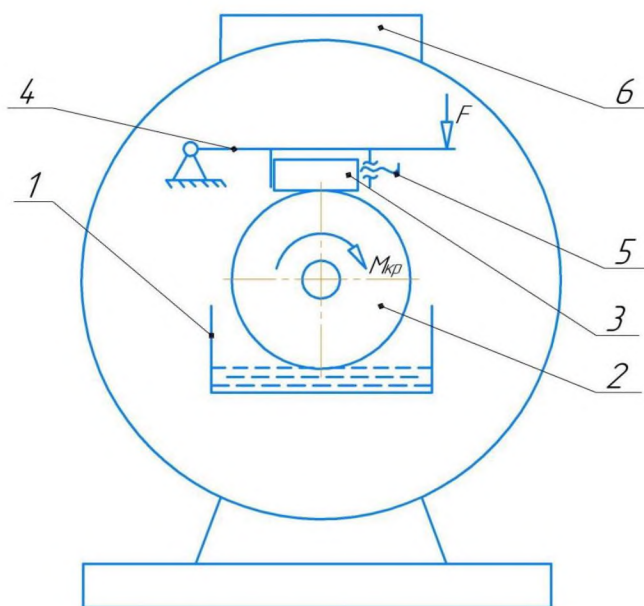
Моторное масло призвано защищать детали двигателя от износа, обеспечивать слаженную работу механизмов. Правильно подобранный смазочный материал позволяет снизить расход топлива, также качество моторного масла влияет на нормальную работу двигателя, его ресурс, динамические ха-

рактические характеристики машины. Моторное масло вырабатывает свой ресурс, теряет свои эксплуатационные свойства, и поэтому требует замены. Наиболее рационально интервал замены выбирать по фактическому состоянию. Поскольку основная задача масла снижать трение и износ, то определение смазывающих свойств масел является актуальной задачей.

Смазывающие свойства определяются на машинах трения, в которых пары трения разделены слоем масла. Для этого применяют четыре шариковые машины, а также машины по методам Тимкена, Нима, Фалекса, Алмен - Виланда и др. [2, 3].

Для экспресс - определения трибологических характеристик моторных масел в течение определённой наработки (пробега) нами была разработана машинка трения, реализующая метод Тимкена, в которой в качестве пары трения применяется пара «ролик - обойма» (рисунок 1).

Электродвигатель 6 приводит во вращение обойму подшипника 2, погружённую в ванну 1 наполненную испытуемым маслом. Ролик 3 закреплённый винтом 5 на рукоятке 4 прижимается обойме подшипника 2. Переменное напряжение 220 вольт питает электродвигатель через пусковой конденсатор, реле запуска, реле нагревательного элемента и понижающий трансформатор, который питает датчик температуры и кнопки управления в соответствии с электрической схемой, приведенной на рисунке 2.



1 – ванна; 2 – подшипник; 3 – ролик; 4 – рукоятка; 5 – держатель ролика; 6 – электродвигатель.

Рисунок 1 – Кинематическая схема машины трения

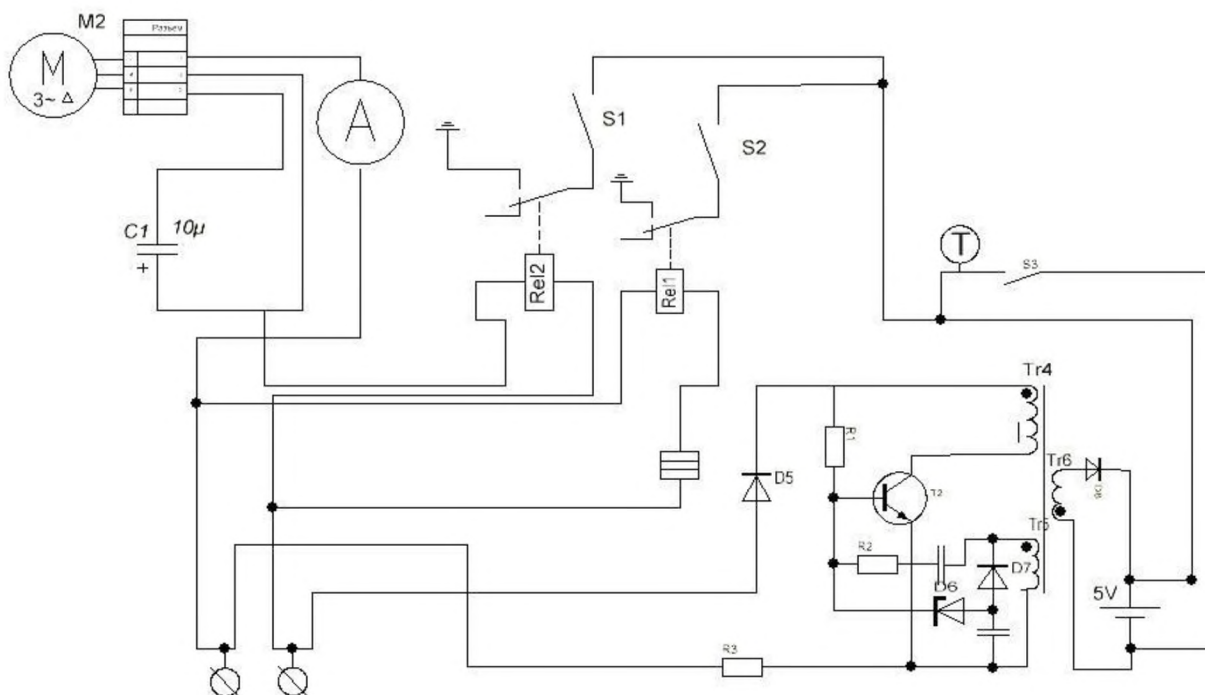
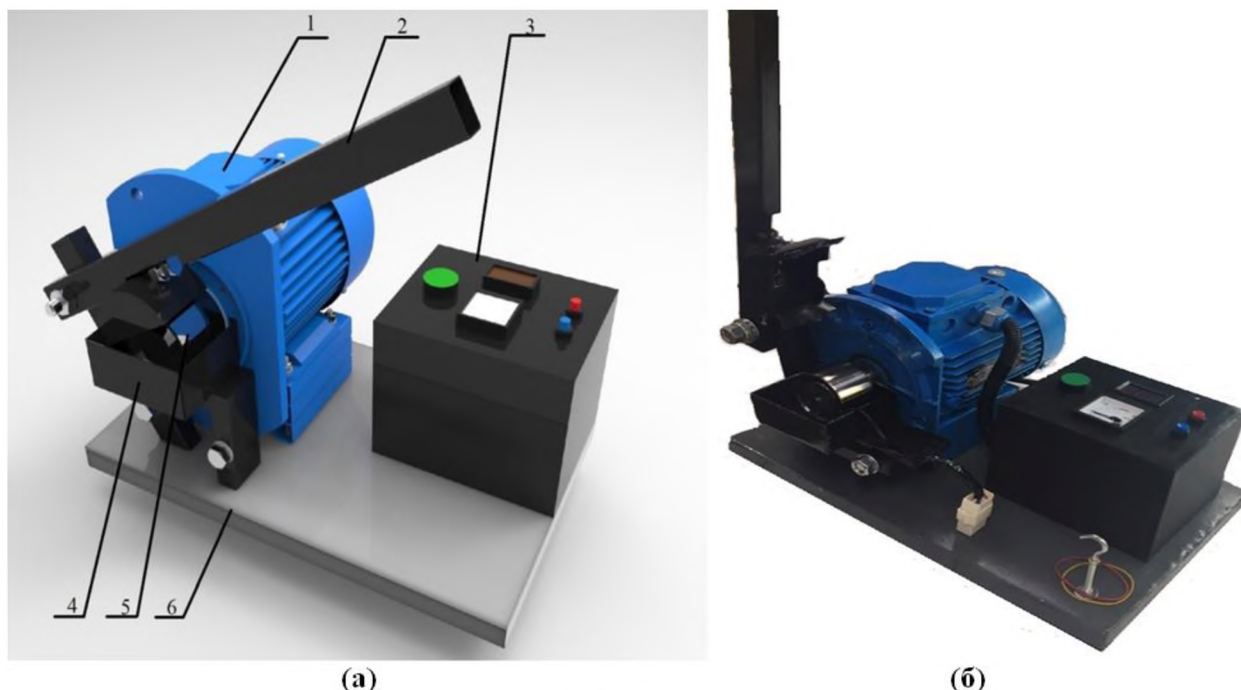


Рисунок 2 – Электрическая схема установки для определения смазывающих свойств моторных и трансмиссионных масел

Установка также снабжена электронагревательным элементом и контролем температурного режима, а также амперметром, показывающим изменение силы тока при нагружении рукоятки устройства. Указатели выведены на пульт управления. Общий вид машины трения представлен на рисунке 3.



1 – электродвигатель; 2 – рукоятка; 3 – пульт управления; 4 – ванна; 5 – подшипник; 6 – площадка.





Рисунок 3 – Трёхмерная модель (а) и общий вид (б) установки для определения смазывающих свойств моторных и трансмиссионных масел

Технические характеристики машины трения:

1. Электродвигатель:
 - а) Мощность 0,55 кВт;
 - б) Частота вращения 1390 об / мин.
2. Размеры машины трения (Д x Ш x В): 436 x 310 x 240 мм;
3. Нагревательный элемент:
 - а) мощность 40 Вт;
 - б) максимальная температура нагрева $t_{нагр} = 85^{\circ} \text{C}$;
4. Ролик:
 - а) $\varnothing = 7 \text{ мм}$, В = 21 мм;
5. Подшипник:
 - а) $\varnothing = 60 \text{ мм}$, В = 35 мм;
6. Размеры ванны (Д x Ш x В): 90 x 75 x 40 мм.

При помощи машины трения, были проведены исследования изменения смазывающих свойств моторного масла Kixx 5W30 при добавлении топлива и антифриза, т. к. в процессе эксплуатации данные компоненты могут попадать в смазку вследствие неисправностей.

Таблица 1 – Результаты измерения смазывающих свойств моторного масла

Параметр	Результаты эксперимента			Фотография пятна износа ролика:
	Температура смазочного материала, $t = 22^{\circ} \text{C}$			
Масло с добавлением	Длина рубца, мм	Ширина рубца, мм	Площадь пятна износа, мм^2	
антифриза	4,2	2,1	6,9	
бензина	3,2	1,6	4,0	
Масло с добавлением	Температура смазочного материала, $t = 80^{\circ} \text{C}$			Фотография пятна износа ролика:
Масло с добавлением	Длина рубца, мм	Ширина рубца, мм	Площадь пятна износа, мм^2	
антифриза	3,6	1,8	5,1	
бензина	3,3	1,7	4,4	

Исследования проводились в двух температурных режимах при 22°C и приближенной к рабочей температуре двигателя 80°C . Антифриз и бензин

добавлялся $\frac{1}{4}$ от объёма масла, в нашем случае это 10 мл. При добавлении антифриза и бензина жидкости тщательно перемешивались. Данные о величинах износа ролика (длина рубца D и ширине рубца d овала), площади овала износа и фотографии овала износа ролика предоставлены в таблице.

На рисунке 4 изображён график зависимости изменения площади пятна износа при добавлении антифриза и бензина в моторное масло.

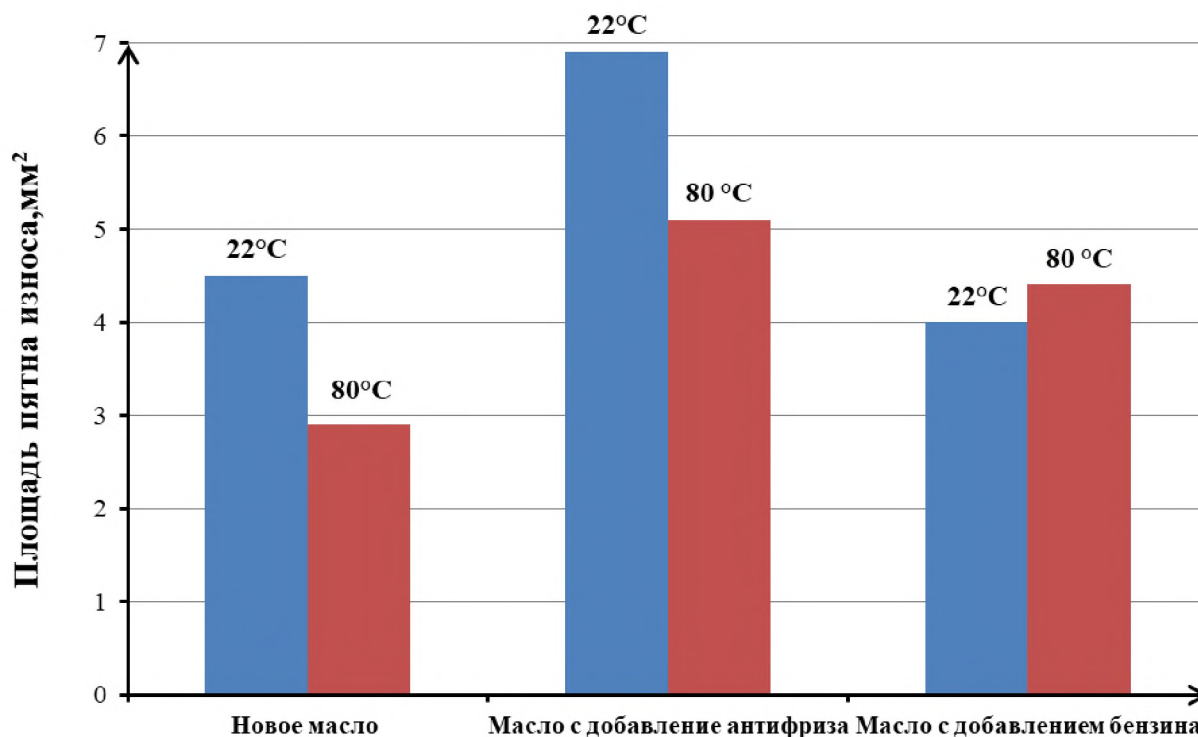


Рисунок 4 – График изменения смазывающих свойств при попадании топлива и антифриза в масло

Выводы: 1) Разработанная машинка трения позволяет исследовать смазывающие свойства масел, как новых, так и в течение определенного межконтрольного пробега, в процессе эксплуатации по площади пятна износа ролика при температурах от 20 до 80° С;

2) Смазывающие свойства моторного масла при попадании до 25 % антифриза при температуре 22° С ухудшились на 51 %, а при 80° С ухудшились на 82 %;

3) Смазывающие свойства моторного масла при попадании до 25 % бензина при 80° С ухудшились более, чем на 60 %. Однако, при этом часть паров бензина испаряется.

Список литературы

1. Лужнов Ю.М. Основы триботехники: учеб. пособие / Ю.М. Лужнов, В.Д. Александров; под ред. Ю.М. Лужнова. – М. : МАДИ, 2013. – 136 с.
2. Патент на изобретение RU 2600080 С1 Устройство для исследования триботехнических характеристик материалов / Исмаилов Г.М., Тюрин А.Е., Власов Ю.А. / Выдан 20.10.2016. Заявка № 2015138515/28 от 09.09.2015.

3. Попов А.В. Изменение смазывающих свойств моторных масел при попадании воды и антифриза / В сборнике: «Транспортные и транспортно - технологические системы». Материалы международной научно - технической конференции. Ответственный редактор Н.С. Захаров. 2015. С. 260 - 264.

4. Чокубаев О.А. Диагностика гидросистем карьерных самосвалов по параметрам работающего масла / О.А. Чокубаев, О.В. Ляпина, Ю.А. Власов В сборнике: «Избранные доклады 62 - й университетской научно - технической конференции студентов и молодых учёных». Томский государственный архитектурно - строительный университет. 2016. С. 505 - 510.

References

1. Luzhnov Yu.M. Osnovy tribotekhniki: ucheb. posobie / Yu.M. Luzhnov, V.D. Aleksandrov; pod red. Yu.M. Luzhnova. – М. : MADI, 2013. – 136 s.

2. Patent na izobretenie RU 2600080 C1 Ustrojstvo dlya issledovaniya tribotekhnicheskikh harakteristik materialov / Ismailov G.M., Tyurin A.E., Vlasov Yu.A. / Vydan 20.10.2016. Zayavka № 2015138515/28 ot 09.09.2015.

3. Popov A.V. Izmenenie smazyvayushchih svojstv motornyh masel pri popadanii vody i antifrizy / V sbornike: «Transportnye i transportno - tekhnologicheskie sistemy». Materialy mezhdunarodnoj nauchno - tekhnicheskoy konferencii. Otvetstvennyj redaktor N.S. Zaharov. 2015. S. 260 - 264.

4. Chokubaev O.A. Diagnostika gidrosistem kar'ernyh samosvalov po parametram rabotayushchego masla / O.A. Chokubaev, O.V. Lyapina, Yu.A. Vlasov V sbornike: «Izbrannye doklady 62 - j universitetskoj nauchno - tekhnicheskoy konferencii studentov i molodyh uchenyh». Tomskij gosudarstvennyj arhitekturo-stroitel'nyj universitet. 2016. S. 505 - 510.

Сведения об авторах

Кривцова Татьяна Игоревна – кандидат технических наук, доцент кафедры Автомобильный транспорт. Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89501116407, e-mail: tatyana_krivcova1985@mail.ru).

Кривцов Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры Автомобильный транспорт. Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89086619729, e-mail: krivcov_sergei@mail.ru).

Седалищев Михаил Николаевич – магистрант кафедры Автомобильный транспорт. Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. 89041325382, e-mail: sedalishchev98@mail.ru).

Information about authors

Krivtsova Tatyana I. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of automobile transport. Irkutsk national research technical university (664074, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk, Lermontova St., 83, tel. 89501116407, e-mail: tatyana_krivcova1985@mail.ru).

Krivtsov Sergey N. – doctor of technical sciences, professor of the automobile transport department. Irkutsk national research technical university (664074, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk, Lermontova St., 83, tel. 89086619729, e-mail: krivcov_sergei@mail.ru).

Sedalishchev Mikhail N. – master's student of the department of automobile transport. Irkutsk national research technical university (664074, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk, Lermontova St., 83, tel. 89041325382, e-mail: sedalishchev98@mail.ru).

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА
ПО РАЗНОСТИ РАСХОДОВ ВОЗДУХА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЦИЛИНДРО - ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

А.Ю. Понизовский

ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

В статье даётся краткий анализ актуальности диагностирования цилиндро - поршневой группы двигателя внутреннего сгорания. Влияние технического состояния цилиндро - поршневой группы двигателя внутреннего сгорания на основные показатели работы двигателя. Приводится актуальность совершенствования существующих методов и средств, с помощью которых проводятся и выявляются изменения нормативных параметров вследствие эксплуатации мобильной техники. Даётся краткий обзор авторов, непосредственно которые занимались изучением данного вопроса: разработка, внедрение. И практическая реализация методов и средств измерения, направленных на постановку диагноза ресурсо - определяющих деталей. Кратко рассмотрен способ по разности расхода 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, предлагается реализовать его практическое применение в виде разработки диагностического комплекса, с целью диагностирования мобильной техники в условиях эксплуатации. Практическая реализация данного комплекса позволит уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, уменьшить токсичность отработавших газов, снизить трудоёмкость диагностирования двигателя и повысить надёжность и долговечность работы мобильной техники.

Ключевые слова: технический сервис, двигатель внутреннего сгорания, цилиндро - поршневая группа, мобильная техника, диагностика.

**PRACTICAL APPLICATION OF THE METHOD BASED
ON THE DIFFERENCE IN AIR FLOW TO ASSESS
THE TECHNICAL CONDITION OF THE CYLINDER-PISTON GROUP
OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

A.Y. Ponizovsky

Novosibirsk state agricultural university,
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 the main performance indicators of the engine. 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, is given. A brief overview of the authors who directly studied this issue is given: development, implementation. And the practical implementation of methods and measurement tools aimed at

diagnosing resource - determining details. A method is briefly considered for the difference in air flow rates at the inlet and outlet in the starting mode of the engine. Based on the existing method for the difference in air consumption at the inlet and outlet, aimed at assessing the technical condition of the cylinder - piston group of the internal combustion engine, it is proposed to implement its practical application in the form of the development of a diagnostic complex for the purpose of diagnosing mobile equipment in operating conditions. The practical implementation of this complex will reduce the amount of harmful emissions into the atmosphere, reduce the toxicity of exhaust gases, reduce the complexity of diagnosing the engine and increase the reliability and durability of mobile equipment.

Key words: technical service, internal combustion engine, cylinder - piston group, mobile equipment, diagnostics.

Состояние цилиндра - поршневой группы (ЦПГ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и как следствие её герметичность, считается одним из главных параметров технического состояния, наиболее влияющих на работоспособность двигателя [2, 3, 5]. При разгерметизации ЦПГ уменьшаются технико - экономические параметры работы двигателя такие как:

- мощность;
- удельный расход топлива;
- часовой расход топлива [6].

Увеличивается температура выхлопа, возрастает объёмная доля вредных выбросов в атмосферу, существенно повышается токсичность в выхлопных газах, снижаются пусковые показатели двигателя, уменьшается надёжность и ресурс двигателя.

По мере развития конструктивно - технологических механизмов машин растут требования к измерительным устройствам технического сервиса [11]. Не в последнюю очередь эти требования касаются и средств технической диагностики, где возникает большой пробел в части совершенствования иных способов диагностирования, которые позволят многократно повысить качество диагноза при неизменном снижении трудоёмкости и как следствие избавиться от вышеперечисленных негативных причин.

В связи с этим реализуется широкий комплекс работ, направленных на увеличение надёжности мобильной техники. Решающее значение при этом имеет вопрос, связанный с технической постановкой диагноза мобильной техники, это позволит уменьшить материальные затраты на техническое обслуживание (ТО) и ремонт, понизить простои мобильной техники из - за внезапного схода машины с линии (вследствие технических поломок), оценивать состояние узлов и агрегатов мобильной техники, повысить экономичность ДВС, снизить токсичность выхлопных газов и повысить экологическую безопасность использования мобильной техники.

Успех такого варианта развития событий возможен при широком подходе, определяющим внедрение усовершенствованных способов оценки технического состояния ЦПГ влияющие на эффективные значения работоспособности мобильной техники.

На данный момент предлагаемые методы и способы оценки технического состояния ЦПГ не могут в полном объёме выполнить поставленную им

техническую задачу в связи с усовершенствованием мобильной техники [10]. Поэтому они могут быть улучшены, за счёт проектирования усовершенствованных способов оценки технического состояния ЦПГ, 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., Терских И.П. и др. выдвинуты гипотеза о том, что в качестве показателя технического состояния ЦПГ и камеры сгорания может служить разность расходов воздуха на впуске (выпускной коллектор) и на выпуске (выпускной коллектор) в пусковом режиме двигателя без подачи топлива.

С целью реализации диагностического комплекса для оценки технического состояния ЦПГ ДВС мобильной техники применяется способ на базе разработанного патента РФ. РФ № 2443989, от 27.02.2012 [1, 7], заключающийся в следующем: оценку технического состояния ЦПГ проводят, отключив впрыск топлива в цилиндры двигателя при этом вращают коленчатый вал двигателя на пусковых оборотах, которые составляют 150...300 об / м. На входе воздуха во впускной коллектор двигателя монтируется датчик массового расхода воздуха (ДМРВ), термоанемометрического действия, аналогичный датчик закрепляется на выходе воздуха в месте выпускного тракта, а также индуктивный датчик положения коленчатого вала [4, 9].

Эти датчики подсоединяются к электронному блоку управления (ЭБУ), который принимает сигналы, и после преобразования передаёт информацию на монитор персонального компьютера, ноутбука или планшета в виде разности расходов воздуха на впуске и выпуске, полученные значения сравнивают с нормативными и оценивают техническое состояние каждого цилиндра двигателя в отдельности [8].

Таким образом, сущность разработки диагностического комплекса заключается в исследовании процесса оценки технического состояния ЦПГ двигателя по величине расхода воздуха из надпоршневого пространства. Проведение экспериментов опытного образца диагностического комплекса направлены на определение оптимальных параметров технического состояния ЦПГ, которые необходимы для правильного диагноза и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации мобильной техники.

Применение данного диагностического комплекса позволит решить следующие задачи: уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, снизить токсичность отработавших газов, уменьшить трудоёмкость диагностирования двигателя, повысить надёжность и ресурс работы 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. Г. Гюнтер. 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. Ильин П.И. Диагностирование карбюраторного двигателя по моменту сопротивления прокручиванию коленчатого вала : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Ильин Петр Иванович. – Иркутск, 2002. – 171 с.
6. Методы, технические средства контроля и диагностики машин: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд - ние. – Новосибирск, 1987. – 132 с.
7. 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.
8. Способ оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Воронин Д.М., Понизовский А.Ю., Малышко А.А., Зенкова Н.И. Патент RU 2443989, МПК G01M 15/00. 27.02.2012.
9. Рогожкин В.М. Исследование влияния неплотностей цилиндров на изменение показателей работы дизеля. Автореферат, г. Кострома 1968. – 26 с.
10. Терских И.П. Диагностика технического состояния тракторов. – Иркутск, 1975. – 161 с.
11. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов. Под р. Михлина М.В. – М. : Колос, 1978. – 287 с.

References

1. Voronin D.M. Ponizovsky A.Yu. 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. G. Gunter. 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. Ilyin P.I. Diagnostics of a carburetor engine by the moment of resistance to cranking the crankshaft: dis. ... cand. tech. sciences: 05.20.03 / Ilyin Petr Ivanovich. – Irkutsk, 2002. – 171 p.
6. Methods, technical means of monitoring and diagnostics of machines: Sb. nauch. tr. / VASHNIL. Sib. otd - nie. – Novosibirsk, 1987 – 132 p.
7. A method for assessing the technical condition of internal combustion engines. Voronin D.M., Ponizovsky A.Yu., Malyshko A.A. Patent RU 2336513, IPC G01M 15/00. 20.10.2008, Bul. No 29.
8. 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.
9. Rogozhkin V.M. Investigation of the influence of cylinder leaks on the change in diesel engine performance. Abstract, Kostroma, 1968 – 26 p.
10. Terskikh I.P. Diagnostics of the technical condition of tractors. – Irkutsk, 1975 - 161 p.

11. Technical diagnostics of tractors and combine harvesters. Under R. Mikhlin M.V. – M.: Kolos, 1978 – 287 p.

Сведения об авторах

Понизовский Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры надёжность 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 authors

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

УДК 629.3063.6

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

¹А.П. Сырбаков, ¹С.П. Матяш, ²Н.Н. Бережнов

¹ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

²ФГБОУ ВО Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Кемерово, Россия

В статье рассмотрено влияние отрицательных температур окружающей среды на обеспечения воспламенения пускового заряда в цилиндре дизеля при низких температурах окружающей среды. Проанализированы способы обеспечения пуска дизельного двигателя при низких температурах, из холодного состояния. Предложено техническое решение для дистанционного ввода пусковой жидкости во впускной коллектор двигателя. Отражены закономерности влияния температуры окружающей среды на эффективность пуска дизельного двигателя Д - 243 в зависимости от предлагаемого варианта подачи пусковой жидкости в цилиндры двигателя.

Ключевые слова: пусковая жидкость, дизельный двигатель, отрицательная температура, пусковая частота.

IMPROVEMENT OF STARTING CHARACTERISTICS OF DIESEL ENGINES IN CONDITIONS OF NEGATIVE TEMPERATURES

¹A.P. Syrbakov, ¹S.P. Matyash, ²N.N. Berezhnov

¹Novosibirsk state agricultural university,
Novosibirsk, Russia

²Kuzbass state agricultural academy,
Kemerovo, Russia

The article considers the influence of negative ambient temperatures on the provision of ignition of the starting charge in the diesel cylinder at low ambient temperatures. Methods of ensuring the start of a diesel engine at low temperatures from a cold state are analyzed. A technical solution for remote injection of starting fluid into the engine intake manifold has been proposed. The article reflects the regularities of the influence of the ambient temperature on the efficiency of starting the diesel engine D - 243, depending on the proposed option for supplying the starting fluid to the engine cylinders.

Key words: starting fluid, diesel engine, negative temperature, starting frequency.

Зимой вследствие комплексного влияния внешней среды существенно уменьшаются эксплуатационные показатели мобильных машин с дизельными двигателями, и увеличивается количество отказов подвижных агрегатов, чем в летний период из - за возникающих технических и технологических неисправностей. В России более 80 % территории находится в зоне холодного климата. При этом подавляющее большинство мобильных машин выпускается без эффективных устройств облегчения холодного пуска и систем предпускового разогрева [5].

Одним из наиболее значимых составляющих, влияющих на эффективные показатели работы машин в зимних условиях, является операция по запуску дизельного двигателя. Как правило, пуск дизелей производится в ранние утренние часы, т. е. в начале смены, когда среднесуточная температура воздуха наименьшая, что сказывается на снижении эффективности запуска двигателя из холодного состояния.

Лучше всего проблема пуска решается при гаражном хранении техники и при предпусковом прогреве двигателя, моторного масла, охлаждающей жидкости, топлива, воздуха на впуске, аккумуляторной батареи. В условиях России часто техника эксплуатируется при безгаражном хранении, при отсутствии предварительного прогрева двигателя.

При пуске холодного двигателя из - за снижения частоты вращения коленчатого вала (по причине увеличения вязкости моторного масла, а также снижении ёмкости, мощности и энергоотдачи аккумуляторных батарей) температура в цилиндре, конце сжатия нарастает крайне медленно. Снижение температуры окружающего воздуха на 10°C понижает температуру заряда в конце такта сжатия на $20...25^{\circ}\text{C}$. При температуре $-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$, независимо от высокой частоты вращения коленчатого вала, пуск дизеля без использования специализированных средств становится проблематичным [1].

В настоящее время используются различные методы и способы для пуска «холодного» дизельного двигателя [3]:

1. Пусковые жидкости (легковоспламеняющейся жидкости);
2. Средства подогрева воздуха на впуске (свечи подогрева воздушного заряда, электрофакельные подогреватели);
3. Устройства изменения фаз газораспределения;
4. Устройства изменения угла опережения впрыскивания;
5. Средства для форсированного подогрева дизельного топлива в форсунке;

6. Декомпрессионный механизм;
7. Пусковые устройства повышенной мощности;
8. Средства калоризаторного воспламенения топлива.

На наш взгляд в качестве доступного и эффективного метода, улучшающий пусковые характеристики дизельного двигателя в условиях отрицательных температур, является использование легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), подаваемой в цилиндры на основе внешнего смесеобразования.

Высокая эффективность аэрозольного распыливания легковоспламеняющейся жидкости при пуске двигателя объясняется высоким давлением насыщенных паров и низкой температурой испарения и самовоспламенения смеси пусковой жидкости с воздухом [2]. Отечественная и зарубежная промышленность выпускает большое разнообразие пусковых жидкостей, основным компонентом которой является этиловый эфир (до 70 %) с температурой самовоспламенения 164° С.

Пусковые жидкости выпускаются в аэрозольных баллончиках, и для их применения при пуске «холодного» двигателя необходим вспомогательный персонал, для согласованного ввода пусковой жидкости во впускной коллектор в момент запуска дизеля, что соответственно увеличивает трудоёмкость работ.

Для обеспечения автономного пуска двигателя, с использованием аэрозольного баллона, отечественными производителями разработано приспособление (рисунок 1), устанавливаемое в отсеке двигателя [4]. Управление приспособлением дистанционное из кабины водителя, посредством электромагнита, воздействующего на шток клапана аэрозольного баллона.

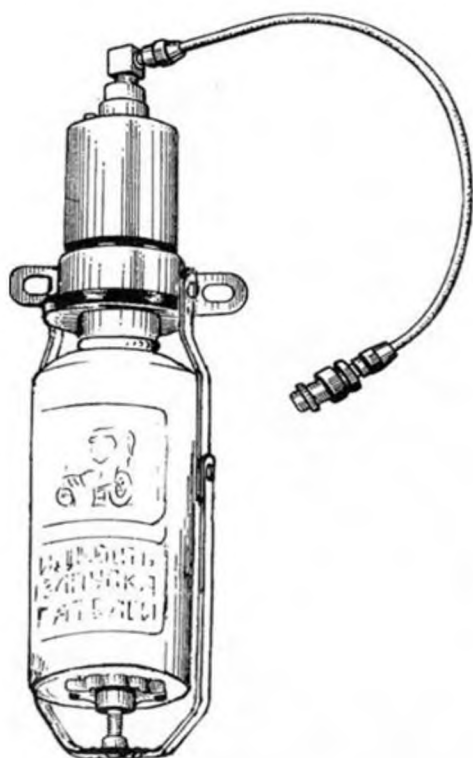


Рисунок 1 – Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом

При всех преимуществах серийного приспособления, в «открытой» продаже данное устройство практически не встречается. Так же в качестве недостатка данного пускового приспособления можно отметить то, что с понижением температуры пусковой жидкости (снижается давление в аэрозольном баллоне), эффективность её подачи в цилиндры снижается, что также сказывается на результативности пуска «холодного» дизеля. В среднем одного аэрозольного баллона хватало на 3...4 пуска дизеля Д - 243 (при температуре окружающей среды $-14...-23^{\circ}\text{C}$), что существенно отличается от заявленных производителем 8...12 пусков двигателя.

С учётом рассмотренных особенностей работы данного серийного приспособления для «холодного» пуска нами предлагается:

- увеличить объём и количество пусковой жидкости в баллоне;
- увеличить давление в баллоне до 0,6 МПа;
- упростить конструкцию устройства;
- обеспечить предварительный нагрев пусковой жидкости в баллоне до положительной температуры.

Разработанное устройство (рисунок 2) представляет собой баллон 2 с пусковой жидкостью объёмом 1 литр, систему внешнего обогрева 3 баллона мощностью 20 Вт (запитанную от бортовой электрической сети машины), электромагнитную форсунку 1 и систему дистанционного ввода пусковой жидкости во впускной коллектор. Разработанное устройство монтируется в подкапотном пространстве, электромагнитная форсунка устанавливается во впускной коллектор в базовые технологические отверстия, пульт системы дистанционного управления располагается в кабине оператора. Управление процессом подачи пусковой жидкости осуществлялось в ручном режиме дистанционно, на основе органолептического метода, т. е. момент ввода пусковой жидкости, определяется на основе опыта оператора мобильной машины.

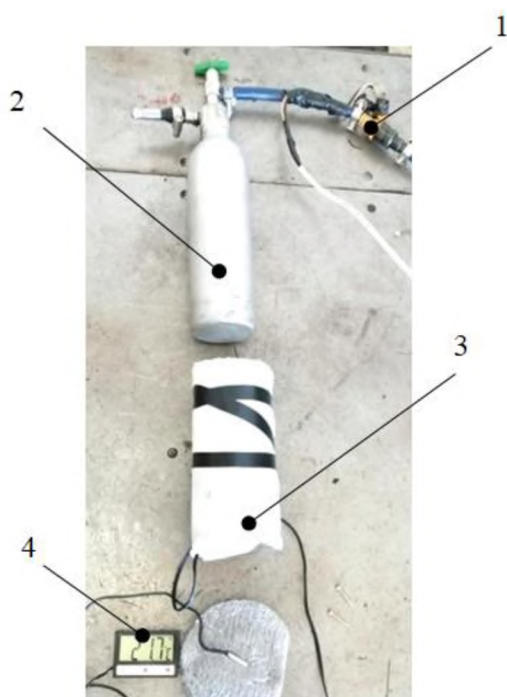


Рисунок 2 – Устройство подачи ЛВЖ во впускной коллектор дизельного двигателя

Процесс пуска дизеля из «холодного» состояния протекает следующим образом: перед пуском оператор предварительно за 10 - 15 минут включает греющий модуль, для подогрева пусковой жидкости в баллоне, и в момент пуска двигателя при прокручивании коленчатого вала пусковым устройством дистанционно управляет процессом подачи пусковой жидкости во впускной коллектор, до момента устойчивого работы двигателя.

С целью определения факторов на надёжность пуска дизельного двигателя при различной температуре окружающей среды, были проведены натурные исследования для трёх вариантов:

- пуск дизеля без использования ЛВЖ; пуск двигателя с использованием ЛВЖ (ручное управление, с привлечение вспомогательного персонала);
- пуск двигателя с использованием ЛВЖ, на базе разработанного приспособления;
- с дистанционным вводом пусковой жидкости.

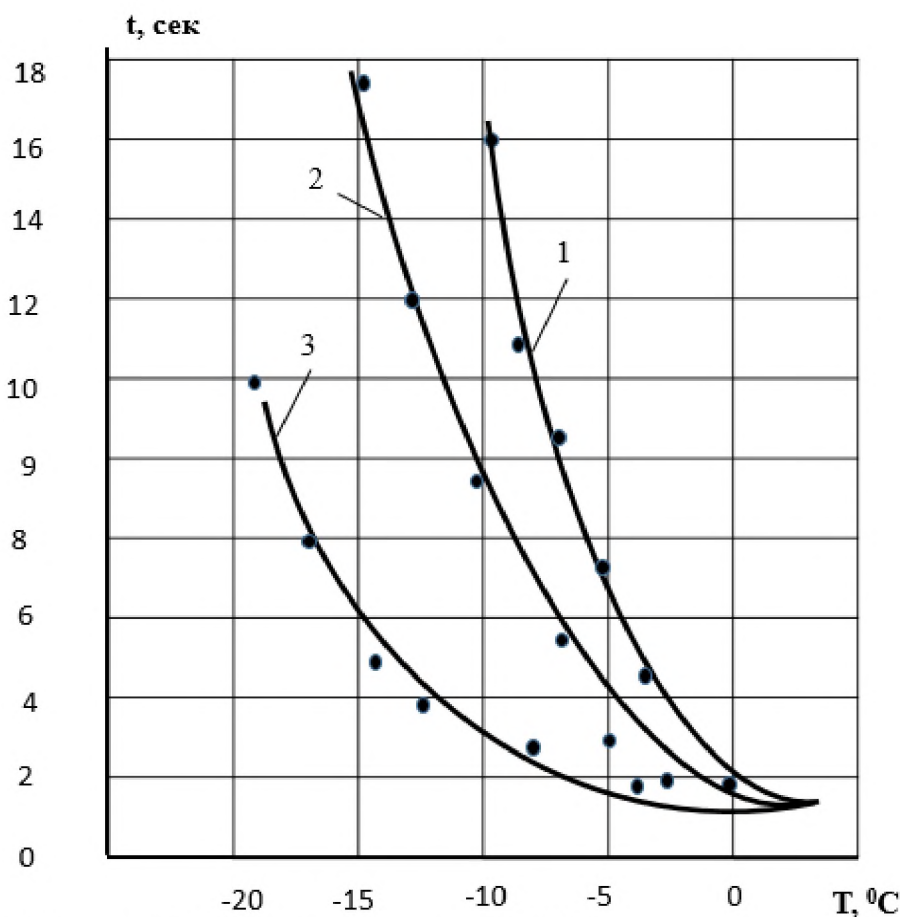
Исследование работы по «холодному» пуску дизельного двигателя Д - 243 при отрицательных температурах окружающей среды (рисунок 3), без использования средств тепловой подготовки (зависимость на графике под № 1), позволило установить, что пуск моторной установки возможен до температуры моторного масла $T = -9^{\circ} \text{C}$ включительно, при пусковых оборотах $n = 72$ об / мин. При дальнейшем понижении температуры моторного масла и окружающей среды не создаёт предпосылок для воспламенения топливо - воздушной смеси в цилиндрах дизельного двигателя.

Подача пусковой жидкости к топливовоздушной смеси (зависимость на графике под № 2), путём внешнего смесеобразования, позволило улучшить пусковые характеристики дизельного двигателя, при снижении температуры окружающей среды до $T = -15^{\circ} \text{C}$, при этом пусковая частота составила $n = 58$ об / мин. При дальнейшем снижении температуры моторного масла и воздуха, и соответственно пусковых оборотов, условия для воспламенения данной топливовоздушной смеси также не создаются. Ухудшение пусковых характеристик при температурах ниже $T = -15^{\circ} \text{C}$, также связано со снижением температуры и давления в аэрозольном баллоне, что повлияло на эффективность подачи пусковой жидкости во впускной коллектор.

В случае предварительного предпускового прогрева пусковой жидкости (способ № 2), удалось снизить температурный предел эффективности пуска. Пуск двигателя Д - 243 возможен до температуры моторного масла $T = -19^{\circ} \text{C}$, при пусковой частоте двигателя $n = 46$ об / мин. При данных температурных значениях вязкость моторного масла составила $\mu = 11200$ сСт ($\text{мм}^2 / \text{с}$), а момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала на пусковой частоте, в пиковых значениях, составил $M = 190$ Н·м.

Сравнительные испытания по эффективности пуска дизельного двигателя Д - 243 предложенными способами показали, что результативность применения пусковой жидкости, обусловлена эффективностью её подачи в впускной коллектор двигателя. Основными качественными показателями, которыми являются регулирование дозирования ЛВЖ и её температура, что

в конечном итоге определяет благоприятные условия для воспламенения топлива - воздушной смеси в цилиндрах двигателя.



1 – без использования ЛВЖ; 2 – с применением ЛВЖ.

Рисунок 3 – Зависимость времени пуска «холодного» двигателя Д - 243 от температуры окружающей среды

Применение разработанного устройства позволило повысить эффективность пуска дизельного двигателя при отрицательных температурах окружающей среды, но в тоже время управление процессом подачи пусковой жидкости осуществлялось в ручном режиме дистанционно на основе органолептического метода, что частично снижает эффективность применения. В частности количество подаваемой ЛВЖ и момент подачи определялся оператором на основе метода органолептического контроля, что понижает результативность применения пусковой жидкости.

При дальнейшем оптимизации разработанного приспособления, с целью обеспечения подачи пусковой жидкости в автоматизированном режиме, предлагается внедрить в конструкцию систему управляемой подачи жидкости на основе программируемого контроллера и датчиков частоты и положения коленчатого вала.

На основе представленного практического материала можно отразить основные выводы по данной работе:

В качестве основных выводов можно отметить следующее:

1. Проведены сравнительные испытания «холодного» пуска двигателя Д - 243 как в штатном режиме, так и с подачей ЛВЖ на впуск, которые показали, что эффективность пуска дизельного двигателя определяется техническим состоянием моторной установки, пусковой частоты вращения вала двигателя и температурой воздушного заряда.

2. Эффективный запуск дизеля в штатном режиме, на моторном масле М - 8 Г₂, возможен до температуры окружающей среды -10° С, с подачей ЛВЖ на впуск из аэрозольных баллонов, температура уверенного пуска двигателя снижается до отметки -15° С, а при дополнительном предпусковом прогреве ЛВЖ, двигатель запускается при температуре выше -19° С.

Список литературы

1. Крохта Г.М. Особенности эксплуатации тракторов в условиях отрицательных температур: монография / Г.М. Крохта – Новосиб. Гос. Аграр. Ун - т, инженер. ин - т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2017. – 376 с.

2. Ненишев А.С, Худяков Д.В. Исследование процесса запуска дизельного двигателя при низких температурах. // Автомобили, специальные и технологические машины для Сибири и Крайнего севера. Материалы 59 - й Международной науч. - техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ). Омск, СибАДИ, 2007. – С. 195 - 200.

3. Проблема запуска двигателей строительных и дорожных машин в условиях низких температур и перспективы её решения. / В.Г. Кривов, С.Д. Гулин, Н.В. Глухаренко и др. // Двигателестроение. 2011, № 4. – С. 55 - 56.

4. Сырбаков А.П. Эксплуатация автотракторной техники в условиях отрицательных температур: учебное пособие / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова – Томск : Изд - во ТПУ, 2012. – 205 с.

5. Улучшение пусковых качеств дизелей, работающих в районах крайнего севера / Л.В. Виноградов, В.В. Горбунов, Н.Н. Патрахальцев, А.В. Фомин. // Науч. технич. сб. "Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа". 2007, № 12. – С. 38 - 46.

References

1. Krokhta G.M. Features of operation of tractors in conditions of negative temperatures: monograph / G.M. Krokhta – Novosib. state agrar. university, engineer. institute – Novosibirsk: IC NSAU "Golden Ear", 2017. – 376 p.

2. Nenishev A.S, Khudyakov D.V. Investigation of the process of starting a diesel engine at low temperatures. // Cars, special and technological machines for Siberia and the Far North. Materials of the 59th International Sci. - tech. conf. Association of Automotive Engineers (AAI). Omsk, SibADI, 2007. 310 p. S. 195 - 200.

3. The problem of starting the engines of construction and road machines in low temperatures and the prospects for its solution. / V.G. Krivov, S.D. Gulin, N.V. Glukharenko and others // Dvigatlestroyeniye. 2011, No. 4. – P. 55 - 56.

4. Syrbakov A.P. Operation of autotractor equipment in freezing temperatures: textbook / A.P. Syrbakov, M.A. Korchuganova – Tomsk: TPU Publishing House, 2012. - 205 p.

5. Improving the starting qualities of diesel engines operating in the Far North. / L.V. Vinogradov, V.V. Gorbunov, N.N. Patrahaltsev, A.V. Fomin. // Scientific. technical Sat. "Natural gas as a vehicle fuel. Gas preparation, processing and use". 2007, No. 12. – S. 38 - 46.

Сведения об авторах

Сырбаков Андрей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобиля и тракторы инженерного факультета, Новосибирский государственный аграрный универ-

ситет (630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Никитина 147, тел. 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Матяш Сергей Петрович – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета, Новосибирский государственный аграрный университет (630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Никитина 147, тел. 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Бережнов Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии инженерного факультета, Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева 5, тел. 89043719014, e-mail: n.berezhnov@mail.ru).

Information about authors

Syrbakov Andrey P. – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of cars and tractors, faculty of engineering, Novosibirsk state agricultural university (630039, Russia, Novosibirsk, Nikitina str. 147, tel. 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Matyash Sergey P. – Senior lecturer of the department of cars and tractors, faculty of engineering, Novosibirsk state agricultural university (630039, Russia, Novosibirsk, Nikitina st. 147, tel. 89137298542, e-mail: smataysh@yandex.ru).

Berezhnov Nikolai N. – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of agroengineering of the faculty of engineering, Kuzbass state agricultural academy (650056, Russia, Kemerovo, Markovtseva St. 5, tel. 89043719014, e-mail: n.berezhnov@mail.ru).

УДК 629.114.2.004.54

ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ ДЛЯ СЕЗОННО - ЦИКЛОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В.Н. Хабардин

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В настоящее время техническое обслуживание (ТО) машин развивается в направлении ресурсосбережения за счёт совершенствования технологии и выбора рациональных организационных методов её реализации. Основы технологии определены правилами ГОСТ 20793 - 2009. В рамках этого стандарта наукой и практикой сегодня предложены различные технологии и методы ТО тракторов. Одной из таких технологий является сезонно - цикловая. Выбор рационального метода ТО обычно производят из трёх возможных, к которым относятся методы: централизованный, децентрализованный и комбинированный. При обосновании методов ТО принимают во внимание производственные условия использования машин в конкретном сельскохозяйственном предприятии и определяют оптимальный радиус обслуживания машин, в соответствии с которым выбирают тот или иной метод ТО. С появлением ЭВМ, решение задачи выбора стало возможным на основе математического программирования. Первая методика основана на решении задачи классическими методами, вторая заключается в том, что случайным образом размещается заданное количество стационарных пунктов ТО и подсчитывается значение целевой функции. Однако обе эти методики сложны и не учитывают принятую в хозяйствах в соответствии с природно - производственными условиями технологию ТО тракторов, что

существенно влияет на эффективность ТО. В связи с этим предложено простое методическое решение: определять методы ТО по видам периодических обслуживаний, входящих в состав применяемой технологии. При этом установлено, что на практике сезонно - цикловая технология может быть реализована при применении одного из двух методов – централизованный и комбинированный.

Ключевые слова: трактор, техническое обслуживание, метод, методика, сезонно - цикловая технология, природно-производственные условия.

JUSTIFICATION OF ORGANIZATIONAL METHODS OF TRACTOR MAINTENANCE FOR SEASONAL - CYCLE TECHNOLOGY

V.N. Khabardin

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Currently, the maintenance (maintenance) of machines is developing in the direction of resource saving due to the improvement of technology and the choice of rational organizational methods for its implementation. The basics of the technology are defined by the rules of GOST 20793 - 2009. Within the framework of this standard, science and practice today offer various technologies and methods of tractor maintenance. One of these technologies is seasonal - cyclical. The choice of a rational method is usually made from three possible methods, which include: centralized, decentralized and combined. When justifying the methods of maintenance, the production conditions of using machines in a particular agricultural enterprise are taken into account and the optimal radius of machine maintenance is determined, according to which one or another maintenance method is chosen. With the advent of computers, the solution of the choice problem became possible on the basis of mathematical programming. The first method is based on solving the problem by classical methods, the second is that a given number of stationary points is randomly placed, and the value of the objective function is calculated. However, both of these methods are complex and do not take into account the tractor maintenance technology adopted in farms in accordance with natural production conditions, which significantly affects the efficiency of maintenance. In this regard, a simple methodological solution is proposed: to determine the methods of maintenance by the types of periodic services that are part of the applied technology. At the same time, it is established that in practice, the seasonal - cycle technology can be implemented using one of two methods – centralized and combined.

Key words: tractor, maintenance, method, methodology, seasonal cycle technology, natural production conditions.

В настоящее время техническое обслуживание (ТО) машин развивается в направлении ресурсосбережения, причём с учётом технической и экологической безопасности, что осуществляется, прежде всего, за счёт совершенствования технологии и выбора рациональных организационных методов её реализации [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Основы технологии (виды ТО, условия и периодичность их проведения) определены правилами ГОСТ 20793 - 2009 [2].

В рамках этого стандарта наукой и практикой сегодня предложены различные технологии и методы ТО сельскохозяйственных тракторов. Одной из таких технологий является сезонно - цикловая, которая позволяет учесть

природно - производственные условия использования этих машин [6, 7]. Выбор рационального (менее затратного) организационного метода ТО обычно производят из трёх возможных, к которым относятся методы: централизованный (все виды ТО проводят на стационарном пункте ТО – ПТО), децентрализованный (ТО - 1 и ТО - 2 – в поле, с использованием передвижных агрегатов ТО (АТО), а ТО - 3 и сезонное ТО (ТО - ОЗ, ТО - ВЛ) – на ПТО), а также комбинированный (ТО - 1 – в поле с использованием АТО, а ТО - 2, ТО - 3, ТО - ОЗ и ТО - ВЛ – на ПТО). При обосновании методов ТО принимают во внимание производственные условия использования машин в конкретном сельскохозяйственном предприятии, например: средний радиус переездов и число обслуживаемых машин, состав ремонтно - обслуживающей базы, наличие механизаторских и инженерных кадров, срочность выполнения полевых механизированных работ и другие данные.

В этой связи следует отметить, что на базе этих данных ещё полвека тому назад в нашей стране была разработана методика выбора методов ТО тракторов. В её основу было положено определение оптимального радиуса обслуживания машин, в соответствии с которым и выбирался тот или иной метод ТО. Впоследствии, с появлением ЭВМ, решение задачи выбора стало возможным на основе математического программирования. Первая методика основана на решении задачи классическими методами, вторая заключается в том, что случайным образом размещается заданное количество ПТО и подсчитывается значение целевой функции. Однако до настоящего времени обе названные методики имеют, как минимум, два общих недостатка: они сложны и не учитывают принятую в хозяйствах в соответствии с природно - производственными условиями технологию ТО тракторов, что существенно влияет на эффективность ТО. Поэтому исследования по обоснованию методов ТО, позволяющих учесть технологию ТО и, следовательно, природно - производственные условия машиноиспользования, являются актуальными. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

Задача исследования – определить методы ТО тракторов в соответствии с требуемой по природно - производственным условиям машиноиспользования технологией ТО этих машин.

Объект исследования – процесс ТО машин.

Методика исследования. В основу методики впервые положен новый методический принцип – определение методов ТО тракторов в соответствии с применяемой технологией в конкретных природно - производственных условиях машиноиспользования (рисунок 1). При этом в качестве основных показателей и требований, характеризующих условия использования машин, приняты: сезонность (цикличность) сельскохозяйственного производства, обусловленная климатическими условиями; практика использования машин по сезонам – варианты использования машин – односезонный или ежесезонный; необходимость выполнения сезонных ТО (ТО - ОЗ и ТО - ВЛ – при подготовке машин к осенне - зимнему и весенне - летнему периодам) и ТО при подготовке машин к хранению (ТО - ПХ) и их снятии с хранения (ТО -

СХ); а также соотношение сезонной наработки с периодичностью выполнения ТО - 2 и ТО - 3.

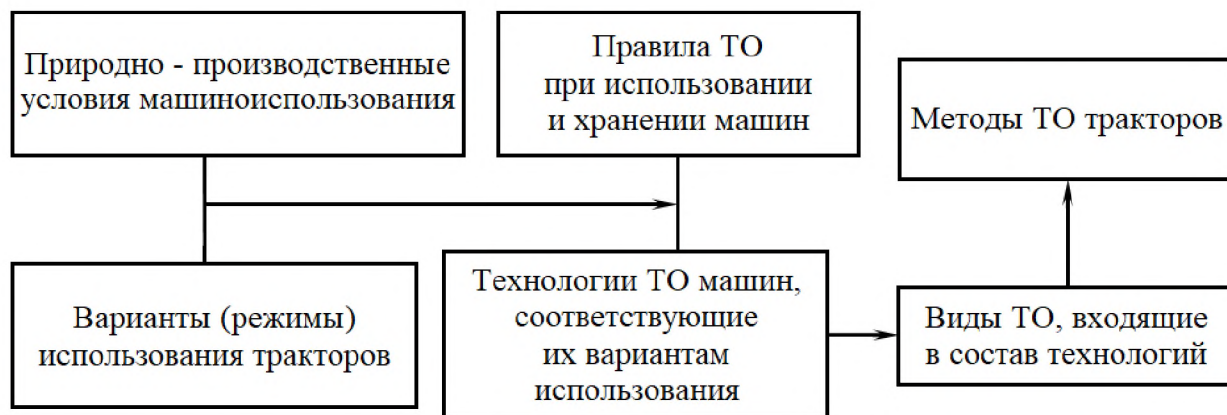


Рисунок 1 – Блок - схема определения методов ТО тракторов

В целом, предложено простое решение: определять методы ТО по видам периодических ТО, входящих в состав применяемой технологии, соответствующей природно - производственным условиям машиноиспользования. Поскольку обоснование и разработка такой технологии – процесс трудоёмкий и длительный, то для примера в данном исследовании принята уже известная сезонно - цикловая технология ТО тракторов, учитывающая природно - производственные условия сибирского региона [5, 6].

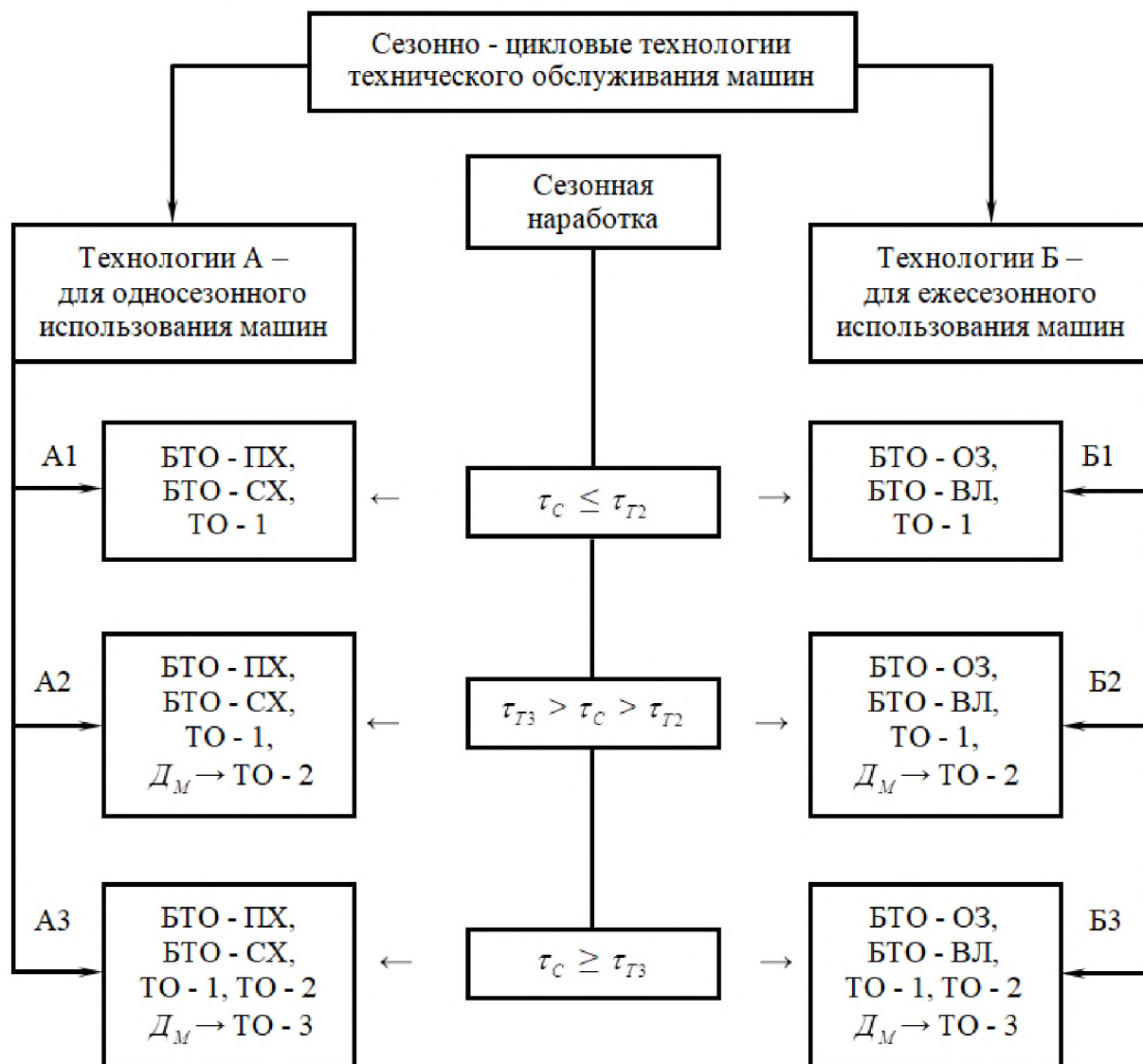
Обсуждение результатов исследования.

На первом этапе представим известную сезонно - цикловую технологию ТО тракторов. Она разработана на примере сельских товаропроизводителей Иркутской области – в соответствии с сезонно - цикловым характером использования машин в сельскохозяйственном производстве и с учётом природно - климатических условий Сибири [5, 6]. При этом в её основу положена подготовка машин к природно - производственным периодам использования. Такая подготовка осуществляется в результате совмещения операций ТО, в том числе и диагностирования, при использовании машин с операциями по их хранению и сезонных обслуживаний.

В соответствии с установленными моделями машиноиспользования (А и Б) в сельскохозяйственном производстве возможны следующие варианты сезонно - цикловой технологии ТО, которые представлены в обобщённом виде на рисунке 2:

А – для односезонной модели использования машин – с включением в состав технологии базовых ТО при подготовке машин к хранению БТО - ПХ и использованию БТО - СХ;

Б – для ежесезонной модели использования машин с включением в состав технологии базовых ТО при подготовке машин к осенне - зимнему БТО - ОЗ и весенне - летнему БТО - ВЛ периодам использования.



$D_M \rightarrow$ ТО - 2, $D_M \rightarrow$ ТО - 3 – ТО - 2 и ТО - 3 по результатам проверки состояния моторного масла (другие обозначения в тексте).

Рисунок 2 – Сезонно - цикловые технологии ТО в соответствии с вариантами использования и сезонной наработкой машин

При этом для каждой модели использования (А и Б) предусмотрено в зависимости от сезонной наработки τ_c три варианта соответствующей технологии (А1, А2, А3 и Б1, Б2, Б3): первый – при $\tau_c \leq \tau_{T2}$; второй – при $\tau_{T3} > \tau_c > \tau_{T2}$; третий – при $\tau_c \geq \tau_{T3}$, где τ_{T2} , τ_{T3} – периодичность ТО - 2 и ТО - 3.

В совокупности базовые обслуживания – это два комплекса операций ТО, проводимых по результатам диагностирования. Причём, один из них выполняется при подготовке машин к осенне - зимнему периоду эксплуатации, а другой – к весенне - летнему. Дополнительно – проверка качества масла в двигателе, по результатам которой принимается решение о необходимости проведения ТО - 2 в течение того или другого периода эксплуатации.

Таблица 1 – Варианты сезонно - цикловой технологии и организационные методы ее реализации

Варианты сезонно - цикловой технологии ТО	Сезонная наработка в соотношении с периодичностью ТО	Виды периодических ТО и контроля качества масла в двигателе	Организационные методы реализации технологии ТО (один из них)
A1, B1	$\tau_c \leq \tau_{T2}$	ТО-1	Централизованный, комбинированный – при применении АТО для ТО - 1
A2, B2	$\tau_{T3} > \tau_c > \tau_{T2}$	ТО-1, D_M	Централизованный, комбинированный – при применении АТО для ТО - 1 и контроля качества моторного масла
A3, B3	$\tau_c \geq \tau_{T3}$	ТО-1, ТО-2, D_M	Централизованный, децентрализованный, комбинированный – при применении АТО для ТО - 1 и контроля качества моторного масла

Практически базовые ТО получены на основе совмещения операций ТО - 2 и ТО - 3 с ТО при подготовке и снятии машин с хранения – для односезонной модели, и с сезонными обслуживаниями – для ежесезонной модели машиноиспользования. В результате совмещения получены два «капитальных» (базовых или основных – наиболее крупных по объёму выполняемых операций ТО) обслуживания: для односезонной модели использования – БТО - ПХ и БТО - СХ, для ежесезонной модели – БТО - ОЗ и БТО - ВЛ. При этом в период между базовыми ТО выполняют периодические обслуживания ТО - 1 или ТО - 2, а также, при необходимости, контроль качества моторного масла. По его результатам принимают решение о смене масла, к которой приурочивают проведение других операций ТО - 2 или ТО - 3. Операции всех видов ТО также выполняют по результатам диагностирования – решения принимают с учётом сезонно - циклового характера сельскохозяйственного производства и природно - климатических условий использования машин [6].

Теперь перейдём к анализу сезонно - цикловой технологии ТО тракторов и определению методов ТО. Из рисунка 2 следует, что при заданных интервалах сезонной наработки этих машин оба варианта технологии включают в себя одни и те же периодические ТО. Следовательно, одним и тем же вариантам технологии – в одних и тех же пределах соотношений наработки с периодичностью ТО предварительно могут быть назначены одни и те же методы реализации технологии, что представлено в таблице 1. Так, для вариантов A1, B1 и A2, B2 могут быть прописаны централизованный и комбинированный методы ТО, для A3, B3 – децентрализованный метод – дополнительно. Принимая во внимание, что расчётная сезонная наработка составляет 558

мото - ч, фактическая по Иркутской области – 452, а по России – 415 - 530 мото - ч [6], то можно считать, что наиболее востребованными методами ТО при реализации сезонно - цикловой технологии являются централизованный и комбинированный с применением АТО для ТО - 1 и контроля качества моторного масла.

Поэтому дальнейшее обоснование методов ТО по названной технологии сводится к выбору наиболее экономичного из двух методов – централизованного и комбинированного. В этом случае задача по обоснованию методов значительно упрощается. При этом следует заметить, что для реализации сезонно - цикловой технологии требуются простые АТО, в состав которых входит оборудование для проведения операций несложных видов обслуживаний – ТО - 1 с контролем качества моторного масла.

Выводы: 1. Предложено простое методическое решение: определять организационные методы ТО по видам периодических обслуживаний, входящих в состав применяемой технологии, соответствующей природно - производственным условиям машиноиспользования.

2. Установлено, что на практике сезонно - цикловая технология может быть реализована при применении одного из двух методов – централизованный и комбинированный.

Список литературы

1. Buraev M. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture / M. Buraev, P. Ilyin, S. Ilyin, A. Shisteev, A. Anosova // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019. 2019. С. 012019.

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

3. 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.

4. Хабардин В.Н. Определение экологической безопасности применения мобильных средств технического обслуживания машин / В.Н. Хабардин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 3. – С. 116 - 121.

5. Хабардин В.Н. Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве: монография / В.Н. Хабардин. – Иркутск: Изд - во ИрГАУ, 2020. – 124 с.

6. Хабардин, В.Н. Ресурсосберегающие технологии, методы и средства технического обслуживания тракторов: монография / В.Н. Хабардин. - Иркутск: Изд - во ИрГСХА, 2009. - 384 с.

7. Хабардин В.Н. Современные направления развития технического обслуживания машин / В.Н. Хабардин // Техника в сел. хоз - ве. – 2009. – № 5. – С. 28 - 30.

8. Хабардин В.Н. Условия труда, качество и эффективность технического обслуживания машин в поле / В.Н. Хабардин, А.В. Хабардина, Н.В. Чубарева, М.В. Чубарева, Т.Л. Горбунова // Естественные и технические науки. – 2016. – № 2. - С. 153 - 163.

9. Хабардин В.Н. Математическое описание технического обслуживания машин с учетом условий труда в поле / В.Н. Хабардин, Г.Ф. Ханхасаев, Н.В. Чубарева, М.В. Чуба-

рева // Научно - практический журнал «Вестник ВСГУТУ». – Улан - Удэ: Изд - во ВСГУТУ, 2016. – № 1. – С. 21 - 25.

10. Чубарева Н.В. Ресурсосбережение при техническом обслуживании тракторов с учетом условий труда оператора в поле / Н.В. Чубарева, В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, А.В. Хабардина, Н.В. Степанов, // Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». – Иркутск: Изд - во Иркутского ГАУ, 2017. – Вып. 78. – С. 159 - 169.

11. Чубарева Н.В. Методика определения условий труда оператора по техническому обслуживанию машин в поле / Н.В. Чубарева, М.В. Чубарева, В.Н. Хабардин, // Научно - практический журнал «Дальневосточный аграрный вестник». – Благовещенск: Изд - во ДальГАУ, 2017. – № 2 (42). – С. 167 - 174.

Reference

1. Buraev M. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture / M. Buraev, P. Ilyin, S. Ilyin, A. Shisteev, A. Anosova // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019. 2019. С. 012019.

2. GOST 20793 - 2009. Tractors and agricultural machines. Maintenance. – Moscow, 2011. – 19 pp.

3. Maintenance and repair of cars in agriculture: manual for higher education institutions / V.I. Chernoiyanov, under edition V.I. Chernoiyanov. – Moscow: GOSNITI; Chelyabinsk: ChGAU, 2003. - 992 p.

4. Khabardin V.N. Opredelenie e`kologicheskoy bezopasnosti primeneniya mobil`ny`x sredstv texnicheskogo obsluzhivaniya mashin [Определение экологической безопасности применения мобильных средств технического обслуживания машин]. Dal`nevostochny`j agrarny`j vestnik [Дальневосточный аграрный вестник]. 2019. no 3, pp. 116 - 121.

5. Khabardin V.N. Problemy` i koncepciya texnicheskogo obsluzhivaniya mashin v sel`skom hozyajstve: monografiya [Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве: монография]. Irkutsk: Izd - vo IrGAU [Иркутск: Изд - во ИрГАУ]. 2020. – 124 p.

6. Habardin V.N. Resursosberegajushie tehnologii, metody i sredstva texnicheskogo obsluzhivaniya traktorov [Ресурсосберегающие технологии, методы и средства технического обслуживания тракторов], Irkutsk. – 2009. - 384 p.

7. Khabardin V.N. Sovremennye napravleniya razvitiya texnicheskogo obsluzhivaniya mashin [Современные направления развития технического обслуживания машин]. Tekhnika v sel`skom hozyajstve [Техника в сельском хозяйстве]. 2009, no 5, pp. 28 - 30.

8. Khabardin V.N., Khabardina A.V., Chubareva N.V., Chubareva M.V., Gorbunova T.L. Usloviya truda, kachestvo i effektivnost' texnicheskogo obsluzhivaniya mashin v pole [Условия труда, качество и эффективность технического обслуживания машин в поле]. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki [Естественные и технические науки]. 2016, no 2, pp. 153 - 163.

9. Khabardin V.N. Matematicheskoe opisanie texnicheskogo obsluzhivaniya mashin s uchetom uslovij truda v pole [Математическое описание технического обслуживания машин с учетом условий труда в поле]. Nauchno - prakticheskij zhurnal «Vestnik VSGUTU» [Научно - практический журнал «Вестник ВСГУТУ»]. – Улан - Уде: Изд - во VSGUTU, 2016. – no 1. – pp. 21 - 25.

10. Chubareva N.V. Resursosberezhenie pri texnicheskom obluzhivanii traktorov s uchetom uslovij truda operatora v pole [Ресурсосбережение при техническом облуживании тракторов с учетом условий труда оператора в поле]. Nauchno - prakticheskij zhurnal «Vestnik IrGSXA» [Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА»]. – Irkutsk: Izd - vo Irkutskogo GAU, 2017. – no 78. – pp. 159 - 169.

11. Chubareva N.V. Metodika opredeleniya uslovij truda operatora po texnicheskomu ob-sluzhivaniyu mashin v pole [Методика определения условий труда оператора по техническому обслуживанию машин в поле]. Nauchno - prakticheskiy zhurnal «Dal`nevostochnyj agrarnyj vestnik» [Научно - практический журнал «Дальневосточный аграрный вестник»]. – Blagoveshhensk: Izd - vo DalGAU, 2017. – no 2 (42). – pp. 167 - 174.

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 authors:

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 agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhniy settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru).

УДК 631.173

К ФОРМИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ РЕМОНТНОГО ЦИКЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Г.М. Бураева, А.В. Шистеев

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В статье приведены аналитические исследования производственного процесса ремонта изделия на предприятии технического сервиса с учётом запаздываний обусловленных технологическим процессом выполнения ремонтных операций. Внутренняя среда системы технического сервиса связывает различные технологические процессы и операции между собой. Работа ремонтного производства, как единой системы, направлена на достижение максимального эффекта за счёт оптимизации материальных ремонтных потоков на всём протяжении, от первичного звена до конечного, на выходе отремонтированной продукции. Рациональная организация технического сервиса во времени достигается за счёт синхронизации выполнения технологических процессов ремонта. От решения проблемы синхронизации функционирования этих процессов зависит ритмичность и непрерывность ремонтного цикла. Одной из наиболее главных характеристик взаимосвязи подсистем ремонтного производства является запаздывание потоков информации, материалов и комплектующих в ремонтных логистических цепях поставок информации, материалов и комплектующих на рабочие участки и места. Задержки данных ресурсов происходят в подразделениях, где они проверяются, комплектуются и распределяются по технологическим ремонтным группам. Эти отступления от высокой организации производственного процесса ремонта машин могут привести к увеличению общего такта производства, продолжительности пребывания объекта в ремонте и фронта ремонта.

Ключевые слова. Ремонт, цикл, технический сервис, логистическая цепь, поток.

FORMATION OF THE STRUCTURE OF THE REPAIR CYCLE AT THE TECHNICAL SERVICE ENTERPRISE

G.M. Buraeva, A.V. Shisteev

*Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The article presents analytical studies of the production process of repairing a product at a technical service enterprise, taking into account the delays caused by the technological process of performing repair operations. The internal environment of the technical service system connects various technological processes and operations with each other. The work of repair production, as a single system, is aimed at achieving the maximum effect by optimizing the material repair flows throughout, from the primary link to the final one, at the output of the repaired products. The rational organization of technical service in time is achieved by synchronizing the execution of technological repair processes. The rhythmicity and continuity of the repair cycle depends on the solution of the problem of synchronization of the functioning of these processes. One of the most important characteristics of the interconnection of repair production subsystems is the delay in the flow of information, materials and components in the repair logistics supply chains of information, materials and components to working areas and places. Delays in these resources occur in departments where they are checked, completed and distributed to technolog-

ical repair groups. These deviations from the high organization of the production process of repairing machines can lead to an increase in the overall production cycle, the duration of the object's stay in repair and the front of repair.

Key words: Repair, cycle, technical service, logistics chain, flow.

Введение. Эффективность ремонтного производства достигается в результате обеспечения поточности, непрерывности технологического процесса ремонта и процесса управления ремонтным подразделением. Под непрерывностью понимается минимизация задержек, простоев, сбоев, отказов при функционировании системы ремонтно - технического сервиса машин. Задержки производственного процесса ремонта машин призвана изучать, выявлять и устранять теория логистики производственных процессов [1].

Основная часть. Производственный процесс ремонта изделия на предприятии технического сервиса представляет собой последовательное изменение состояний объекта в результате определённых технологических процессов, каждый из которых обладает своей длительностью и динамикой [2, 4]. Каждый производственный участок и рабочее место предприятия можно представить в виде накопителя (резервуара), характеристикой состояния которого является уровень (объём) находящегося в нём содержимого времени и затрачиваемого труда [5].

Показатель уровня логистизации предприятия определяется выражением

$$N_i(t) = N_{i\text{вып}}(t),$$

где $N_i(t)$ – средний темп поставки материалов и комплектующих в ремонтной логистической цепи;

$N_{i\text{вып}}(t)$ – темп планового выпуска готовой продукции по заказам потребителей.

Производственные участки связаны между собой потоками материалов, продукции, заказов потребителей, трудовых ресурсов, средств производства и т. д. [3]. В общем случае каждый участок может иметь несколько каналов входящих и исходящих потоков. Темпы потоков характеризуют скорость передачи содержимого потоков от одного участка к другому.



Рисунок 1 – Укрупнённая схема взаимосвязи ремонтных логистических цепей на предприятии технического сервиса

На ремонтном предприятии не происходит мгновенного выпуска продукции по требованию. Здесь существуют определённые временные запаздывания для оформления заказов и принятия решения о запуске их в производство, обусловленное технологическим процессом выполнения [6].

Время запаздывания t_3 накапливается благодаря различию в темпах входящего q_v и исходящего q_u потоков:

$$t_3 = \tau + T(q_v - q_u) \quad (1)$$

где τ – такт производства;

T – интервал времени между потоками.

Темп исходящего потока определяется следующим уравнением:

$$q_u = \frac{q_v}{\bar{d}} \quad (2)$$

где \bar{d} – среднее время, необходимое для преодоления запаздывания (среднее время запаздывания).

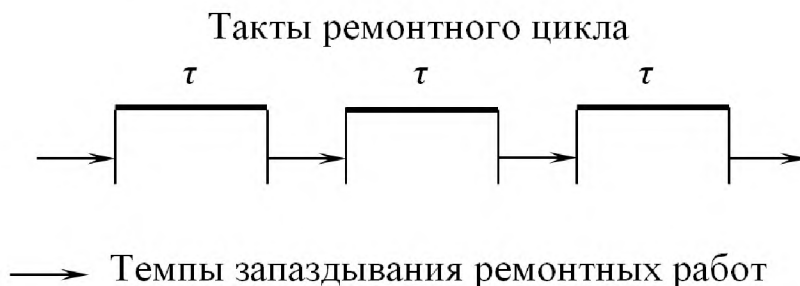


Рисунок 2 – Схема запаздывания потоков ремонтного цикла

Средний темп запаздывания представляет собой временной промежуток в единицах такта.

Запаздывания во времени под воздействием входящих и исходящих потоков определяют функционирование элементов системы технического сервиса в дискретном времени [6].

Например, для участка по ремонту топливных насосов высокого давления (ТНВД) специализированного мотороремонтного предприятия необходимо определить продолжительность выполнения послеремонтных испытательных работ при годовом фонде рабочего времени участка $\Phi = 2100$ ч., трудоёмкости $T = 6,9$ чел - ч., годовой программе ремонта $W = 1500$ ремонтов.

Определяем общий такт τ производства по формуле

$$\tau = \frac{\Phi}{W} = \frac{2100}{1500} = 1,4 \text{ ч.}$$

Определяем продолжительность ремонтных работ. Для этого строим таблицу - график, в которой указываем разряд работы, трудоёмкость, рас-

чётные проценты загрузки рабочего и продолжительность работы, а также график ремонтного цикла.

Расчётное число исполнителей (тактов) равно

$$z_p = \frac{T}{\tau} = \frac{6,9}{1,4} = 4,9 \text{ чел.}$$

Задержки при регулировке и монтаже ТНВД на стенде повышают длительность работы и требуют $Z_n = 5$ рабочих.

Определим коэффициент q среднего темпа запаздывания ремонтного процесса в единицах такта (заштрихованная часть графика)

$$q = \frac{1}{\tau \cdot n} = \frac{1}{1,4 \cdot 5} = 0,14 \text{ ч}$$

где n – число тактов за рабочую смену, $n = t_{см} / \tau = 7,0 / 1,4 = 5$.

Определяем продолжительность ремонта

$$t_n = z_p \cdot \tau + (q \cdot z_p) = 4,9 \cdot 1,4 + 0,14 \cdot 4,9 = 7,54 \text{ ч.}$$

Таблица 1 – Испытательный цикл ТНВД

Название работы	Разряд работы	Трудоёмкость	Процент загрузки	Продолжительность работы	Часы работы								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
					Такты								
					1	2	3	4	5				
Послеремонтное испытание ТНВД	6	6,9	110	7,54									

Из таблицы 1 следует, что наличие темпа запаздывания ремонтного цикла приводит к перегрузке рабочего времени ремонта на 9,3 %. Это значит, чтобы выполнить работу в течение рабочей смены каждый рабочий должен повысить интенсивность своего труда на монтажно - регулировочных и испытательных работах.

Вывод. Инерционные свойства ремонтного процесса увеличивают значение темпов ремонтного цикла на каждом его этапе и характеризуют процесс, в результате которого увеличиваются длительность ремонта изделия. Для устранения запаздываний необходимо заполнять каналы системы материалами и комплектующими элементами в соответствии с изменением условий и режимов технологического ремонтного процесса.

Список литературы

1. Аверьянов И.Н. Использование логистических ремонтных цепей в ремонтном производстве авиационных двигателей и наземных газотурбинных установок / Научный аспект. – № 3, 2013. – С. 139 - 146.
2. Бураев М.К., Шистеев А.В. Логистическая поддержка системы производственно-технической эксплуатации машинно - тракторного парка / М.К. Бураев, А.В. Шистеев //

Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7 - й Международной научно - практической конференции «АГРОИНФО - 2018» (Новосибирская область, р.п. Краснообск, 24 - 25 октября 2018 г.). – С. 383 - 386.

3. Бураева Г.М. Логистика ресурсодвижения в системе агротехнического сервиса / Г.М. Бураева // Инновационно - промышленный салон: материалы III Всероссийской научно - практической конференции «Ремонт. Восстановление. Реновация», 28 февраля - 2 марта 2012 г. – Уфа: Изд - во БашГАУ, 2012. – С. 126 - 131.

4. Ворожейкина Т.М. Логистика в АПК / Т.М. Ворожейкина, В.Д. Игнатов. – М. : КолосС, 2007. – 184 с.

5. Левкин Г.Г. Методические указания по изучению дисциплины "Логистика на предприятиях АПК" / М. : Директ - Медиа, 2014. 46 с.

6. Юдин М.И., Стукопин Н.И., Ширай О.Г. Организация ремонтно - обслуживающего производства в сельском хозяйстве: Учебник / КГАУ. - Краснодар, 2007. – С. 944.

7. Бром А.Е. Разработка концепции и методологических основ создания организационной системы логистической поддержки жизненного цикла наукоёмкой продукции: Автореф. дисс. ... док. техн. наук : 05.02.22 / Бром Алла Ефимовна. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 35 с.

References

1. Averyanov I.N. The use of logistics repair chains in the repair production of aircraft engines and ground gas turbine units / Scientific aspect. – No. 3, 2013. – pp. 139 - 146.

2. Buraev M.K., Shisteev A.V. Logistic support of the system of production and technical operation of the machine and tractor park / M.K. Buraev, A.V. Shisteev // Information technologies, systems and devices in the agro - industrial complex: materials of the 7 th International Scientific and Practical Conference "AGROINFO - 2018" (Novosibirsk Region, Krasnoobsk settlement, October 24 - 25, 2018). – S. 383 - 386.

3. Buraeva G.M. Logistics of resource movement in the system of agrotechnical service / G.M. Buraeva // Innovation and Industrial Salon: Materials of the III All - Russian Scientific and Practical Conference "Repair. Recovery. Renovation ", February 28 - March 2, 2012 - Ufa: Publishing house BashGAU, 2012. – pp. 126 - 131.

4. Vorozheikina T.M. Logistics in the agro - industrial complex / T.M. Vorozheikin, V.D. Ignatov. - M. : KolosS, 2007. – 184 p.

5. Levkin G.G. Methodological instructions for the study of the discipline "Logistics at the enterprises of the agro - industrial complex" / М. : Direct - Media, 2014. 46 p.

6. Yudin M.I., Stukopin N.I., Shirai O.G. Organization of repair and service production in agriculture: Textbook / KGAU. - Krasnodar, 2007. – p. 944.

7. Brom A.E. Development of the concept and methodological foundations for the creation of an organizational system of logistic support for the life cycle of science - intensive products: Avtoref. diss. ... doc. tech. Sciences: 05.02.22 / Brom Alla Efimovna. - Moscow: MSTU im. N.E. Bauman, 2009, 35 p.

Сведения об авторах

Бураева Галина Михайловна – аспирант кафедры «Технический сервис и инженерные дисциплины». Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис и инженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, 8(3952)237431, e-mail: drive-er@yandex.ru)

Information about the authors

Buraeva Galina M. – postgraduate at the department “Technical service and general engineering disciplines» of the faculty of engineering. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Shisteev Alexey V. – Candidate of technical sciences, ass. prof. of the department “Technical service and general technical disciplines” of the faculty of engineering. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel. 89025608844, e-mail: drive - er@yandex.ru).

УДК 621-82

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАРУЖНОЙ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПЕРЕД РЕМОНТОМ

Г.М. Бураева, Э.М. Бондарь

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В статье освещён один из вариантов улучшения существующей конструкции устройства для наружной мойки тракторов и комбайнов. Очистка и мойка техники является одной из трудоёмких задач при подготовке машин к ремонту в условиях ремонтно - сервисных предприятий. С точки зрения организации и технологии этот процесс проходит в неблагоприятных условиях загрязнённости и избыточной влажности.

В работе дан анализ различных способов очистки и мойки тракторов и сельскохозяйственных машин. Эффективность этих способов заключается в использовании перемещающихся и качающихся гидрантов; увеличении ёмкости резервуаров для жидкости и теплоизоляция их для стабилизации теплового режима; улучшении условий фильтрации раствора; использование водо - воздушных и прерывистых струй, усиливающих их разрушающее действие; использовании ванн для выварки комплектных машин или их агрегатов. Наряду с этим была отмечена их низкая производительность и большая трудоёмкость. Для преодоления указанных недостатков необходимо было создать и использовать при мойке устройства, требующие минимально возможных затрат ручного труда. В качестве базового объекта было выбрано действующее устройство наружной мойки сельскохозяйственных машин. Были сформулированы цель и задачи модернизации существующего моечного устройства. При постановке задач исследования были учтены недостатки разных технологических способов очистки и мойки труднодоступных участков сельскохозяйственных машин (зазоры, щели, стыковые соединения) – струйного, тупикового или полоскательного типа.

Ключевые слова: ремонт, наружная мойка, сельскохозяйственная техника, модернизация, автоматизация.

MODERNIZATION OF THE DEVICE FOR WASHING AGRICULTURAL MACHINERY BEFORE REPAIR

G.M. Buraeva, E.M. Bondar

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article highlights one of the options for improving the existing structure of the device for outdoor washing of tractors and combines. Cleaning and washing of machinery is one of the time - consuming tasks when preparing machines for repair in the conditions of repair and service enterprises. From the point of view of organization and technology, this process takes place in unfavorable conditions of pollution and excessive humidity. The paper analyzes various methods of cleaning and washing tractors and agricultural machines.

The effectiveness of these methods consists in the use of moving and swinging hydrants; increasing the capacity of liquid tanks and their thermal insulation to stabilize the thermal regime; improving the filtration conditions of the solution; using water - air and intermittent jets that enhance their destructive effect; using baths for welding complete machines or their aggregates. Along with this, their low productivity and high labor intensity were noted. To overcome these shortcomings, it was necessary to create and use devices that require the minimum possible manual labor costs during washing. The operating device for outdoor washing of agricultural machines was chosen as the base object. The purpose and tasks of modernization of the existing washing device were formulated. When setting the research tasks, the disadvantages of various technological methods of cleaning and washing hard - to - reach areas of agricultural machines (gaps, cracks, butt joints) – jet, dead - end or strip type - were taken into account.

Key words: repair, outdoor washing, agricultural machinery, modernization, automation.

Введение. От чистоты поступающих на ремонт машин и их элементов во многом зависят надёжность и качество восстановления работоспособного состояния ремонтируемой техники. Загрязнение деталей машин способствует задержанию на них влаги, что создаёт благоприятные условия для образования коррозии. Поэтому перед ремонтом тракторы, автомобили, самоходные кормоуборочные и зерноуборочные комбайны и другие сельскохозяйственные машины необходимо тщательно очищать [8]. Перед мойкой машины те устройства, на которые не должна попадать вода (агрегаты и сборочные единицы электрооборудования и другие элементы), следует закрыть чехлами из брезента или полимерной пленки [6, 8].

Процесс подготовки машины к ремонту включает в себя ряд операций: очистку, осмотр и определение состояния машины, установление вида ремонта и необходимого объёма ремонтных работ, подготовку документации, доставку машины на ремонтное предприятие, приёмку и сдачу её, повторную наружную очистку и мойку перед разборкой.

Технологический процесс очистки и мойки тракторов и сельскохозяйственных машин проводится на специальной площадке с твёрдым покрытием или на эстакаде. Первоначально из машины, установленной на такой площадке проводится (при необходимости) слив отработанного масла из картеров в специальные ёмкости, продувка полостей картеров паром или сжатым воздухом, с наружных поверхностей узлов и агрегатов механиче-

ским способом с помощью механического инструмента – скребков, металлических щёток, абразивных брусков удаляются скопления грязи, продуктов коррозии и другие крупные загрязнения [7]. Этот процесс, как правило, сопровождается совместным действием водоструйных аппаратов, подающих в зону очистки водные растворы моющих средств.

Для наружной мойки используют следующие установки: для тракторов – ОМ - 8036, для комбайнов – ОМ - 2417 и др. [2]. Многие предприятия внедряют установки своей конструкции и совершенствуют старые. Эффективным в этих разработках следует считать: использование перемещающихся и качающихся гидрантов; увеличение ёмкости резервуаров для жидкости и теплоизоляция их для стабилизации теплового режима; улучшение условий фильтрации раствора; использование водо - воздушных и прерывистых струй, усиливающих их разрушающее действие; использование ванн для выварки комплектных машин или их агрегатов.

Концепция. При разработке механизированного оборудования для наружной мойки сельскохозяйственной техники исходили из следующих концептуальных положений:

- не превышение нормативной продолжительности мойки (30 мин. на одну машину);
- улучшение условий труда рабочих (уменьшение воздействия шума и вибраций, избыточной влажности, устранение необходимости работать в неудобной позе и поднимать и перекладывать предметы);
- возможность обработки машин разных марок;
- невысокая стоимость оборудования.

Устройство мойки. Установка для наружной мойки машин (рисунок 1) представляет собой сварную конструкцию каркасного типа выполненного на 4 стойках с уложенными на них двутавровыми балками. К балкам приварен монорельс, на котором смонтирована тележка порталного душевого устройства.

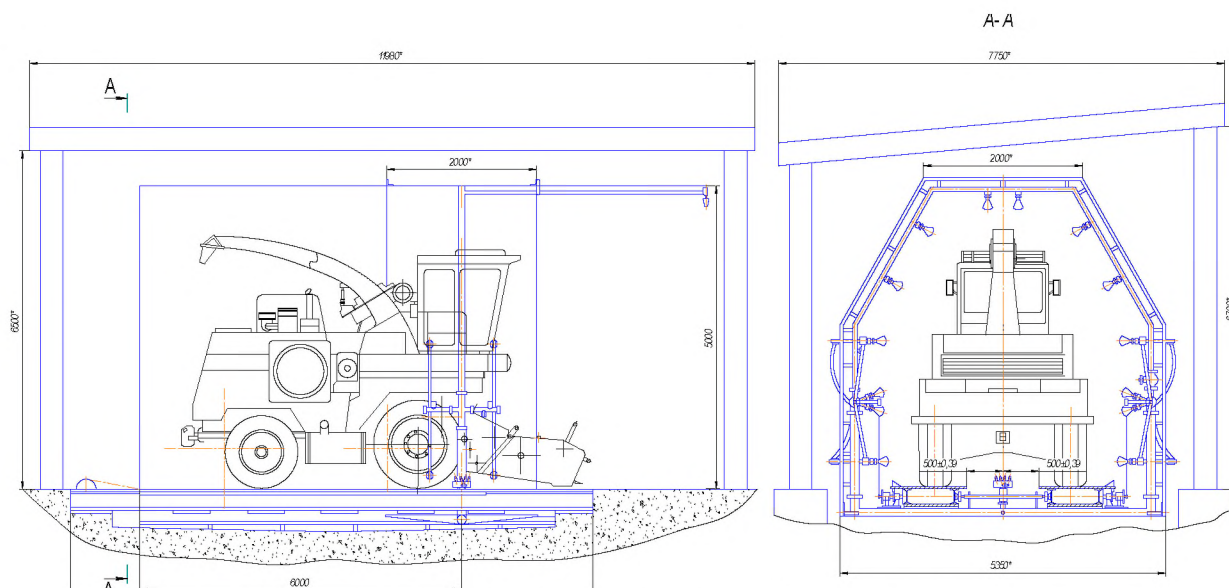


Рисунок 1 – Установка для наружной мойки машин

Перед мойкой трактор или комбайн фиксируется на платформе, передвигающейся вдоль душевого устройства с помощью тягового механизма. С помощью пусковой кнопки на пульте управления оператор запускает насосы установки и одновременно начинается движение платформы вдоль портала душевого устройства.

Моющий состав из душевого устройства под высоким давлением подаётся на объект мойки. При автоматическом возвратно - поступательном движении платформы вдоль портала душевого устройства осуществляется технологический процесс мойки. Всего в душевом устройстве 56 резьбовых отверстий, в которые устанавливаются насадки диаметром 4 - 10 мм. Подачу жидкости в душевое устройство осуществляют насосом производительностью 3,6 л / с при напоре 0,94 МПа. Жидкость в ванне подогревается до 90° С, с помощью установки, работающей на жидком топливе. Масло, оставшееся в картерах двигателя, конечных передач, коробки перемены передач и заднего моста, масляных полостях кареток подвески, удаляют струей жидкости, подаваемой через специальные шланги или брандспойтом [5].

В качестве моющей жидкости применяют растворы препаратов МЛ - 51, МС - 5 и МС - 6, Лабомид - 101, Лабомид - 102 концентрации 10 - 15 г / л и др. [3].

На установке можно мыть тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны, автомобили и другие машины, габаритные размеры которых не превышают размеры моечного устройства.

Проблема. В ходе моечных работ было выявлено, что наиболее трудно-выполнимыми оказались операции по удалению загрязнений на днищах машин. Для преодоления этих затруднений необходимо разработать специальные устройства, позволяющие механизировать процесс мойки днища машин. Нижняя часть конструкции сельскохозяйственных машин находится в зоне недостижимости струй душевого устройства моечного портала. На днище машины концентрируются все виды отмеченных выше загрязнений, отличающиеся высокой адгезионной прочностью. Мойка ручным водоструйным аппаратом не даёт должного эффекта. Поэтому рабочий прилагает дополнительные усилия по устранению этих загрязнений.

Цель заключается в модернизации моечной установки путём создания механизированного устройства для мойки днища машин.

Задачи:

- обосновать подход к решению поставленной проблемы;
- разработать меры по выполнению принятого подхода.

Варианты решения проблемы. *Первый способ.* С помощью скребков и металлических щёток удаляются видимые загрязнения. При этом затруднён доступ к местам очистки и рабочему приходится выполнять работу в неудобной позе, находясь практически под машиной. Результат: очищаются только видимые глазу загрязнения в зоне доступности механического инструмента при больших затратах времени рабочего [5, 6].

Второй способ. Загрязнения на днище машины устраняют водоструйным аппаратом с двух сторон. При этом время работы в сравнении с первым способом сокращается, однако качество мойки и трудоёмкость процесса оставляет желать лучшего. Результат: из-за необходимости постоянного манипулирования водоструйным агрегатом последний становится громоздким и неудобным для работы в стеснённом пространстве [4, 5].

Третий способ. Использование дополнительных насадок в нижней части моечного портала. Результат: отмываются только те поверхности днища, которые находятся в зоне нормальных напряжений струи жидкости, способной сбить адгезионные загрязнения [6].

Последний способ приняли за базовый в поиске оптимального устройства для механизированной мойки днища машин.

Развитие принятого варианта. Наличие многочисленных комбинаций расположения струйных насадок вынудило провести ряд испытаний с разными конструкциями водоструйных аппаратов. Остановились на варианте роторного разбрызгивателя жидкости по окружности (рисунок 2). В его конструкции предусматривается наличие движущихся элементов: 1 – втулка, 2 – сальник, 3 – подшипник, 4 – болт, 5 – шайба, 6 – распределитель, 7 – сопло насадки, 8 – штуцер подвижный, 9 – крышка, 10 – втулка, 11 – шайба, 12 – гайка, 13 – корпус, 14 – втулка.

Кинетическая энергия поступающей под напором жидкости заставляет вертушку разбрызгивателя вращаться на 360°. От силы напора зависит дальность и мощность струи жидкости [1]. Возможна регулировка наклона струй относительно горизонта и изменение угла поворота вертушки на определённый сектор.

Вертушка монтируется в нижней ветви моечного портала и располагается под объектом мойки. Этот вариант показал наиболее удовлетворительные результаты при мойке днища тракторов и комбайнов.

Процесс удаления загрязнений осуществляется путём ослабления их адгезионной прочности за счёт кинетической энергии струи и характеризуется следующими основными показателями: динамическим давлением струи воды (скорость и сила удара); расходом воды (масса жидкости); температурой воды; применяемыми моющими средствами [1, 5].

Для обеспечения удаления загрязнений струей воды необходимо, чтобы она обладала большой кинетической энергией

$$E = \phi^2 \cdot \rho \cdot H_c \quad (1)$$

где ϕ – коэффициент скорости струи, зависящей от типа насадки (выбирается по таблицам);

ρ – вес воды, кг;

H_c – напор, м.

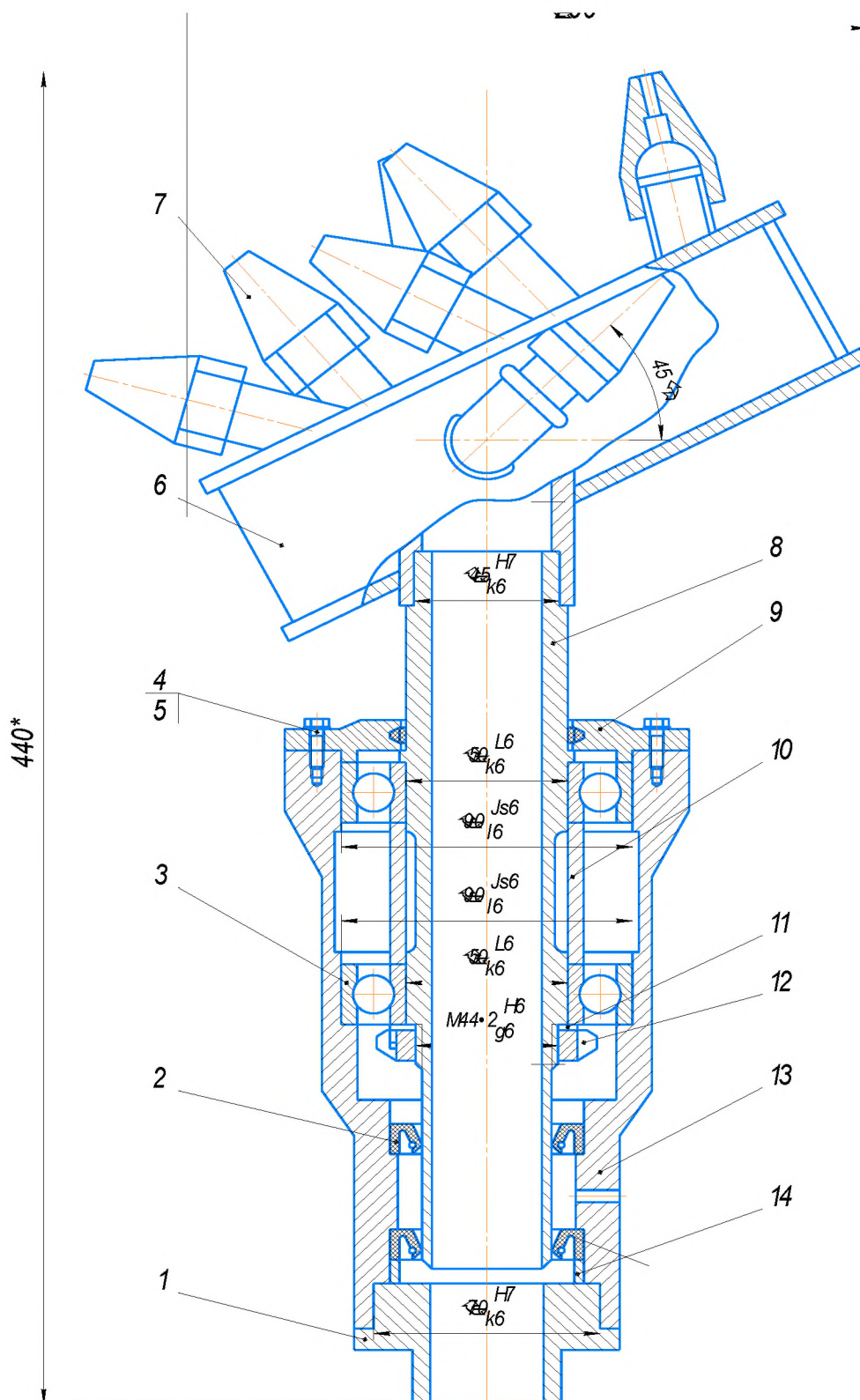


Рисунок 2 – Роторный разбрызгиватель жидкости

Из уравнения (1) видно, что кинетическая энергия струи воды является линейной функцией весового расхода и давления. Следовательно, наибольшая эффективность мойки обеспечивается путём повышения давления воды при небольших её расходах или путём увеличения расхода при относительно малом давлении. Для наружной мойки машин и агрегатов с многократным

использованием воды в работе [5] рекомендуется давление жидкости перед соплом – 0,5...0,6 МПа ($H_c = 50...60$ м). На существующей установке этот параметр моечного процесса равен 0,94 МПа.

Диаметр отверстия из условия обеспечения ламинарного течения жидкости определяется по формуле

$$d_n \geq \frac{R_e \cdot \nu}{V} \quad (2)$$

где R_e – число Рейнольдса;

ν – кинематическая вязкость жидкости (для воды $\nu = 0,9 \cdot 10^{-6}$ м²/с);

V – скорость истечения жидкости, см / с.

Движение будет ламинарным, если $R_e < 2320$. Рекомендуется [8] назначать R_e равным 1000...1500, а скорость V должна превышать 6000 см / с. Удаление сопел от поверхности объекта мойки принимаем в пределах 300...500 мм.

Выбрав необходимые параметры моечного процесса для нашей установки определим

$$d_n = \frac{1400 \cdot 0,9 \cdot 10^{-6}}{6500} = 0,006 \text{ м} = 6 \text{ мм}$$

Принимаем количество и сопел вертушки равным 6 и определим расход моющей жидкости

$$Q = \alpha \cdot n \cdot \mu \cdot \omega \cdot 2gH, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (3)$$

где α – коэффициент запаса ($\alpha = 1, 1...1,3$);

n – количество сопел;

μ – коэффициент расхода ($\mu = 0,45...0,62$);

ω – площадь поперечного сечения отверстия насадка, м²;

g – 9,81 м / с²;

H – напор перед насадком, м.

$$Q = 1,2 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 50 = 0,000027 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ или } 0,027 \text{ л / с}$$

Определив расход моющей жидкости через насадки вертушки, находим, что производительность штатного насоса 3,6 л / с при напоре 0,94 МПа вполне достаточны для нагнетания жидкости в насадки вертушки и обеспечения мойки днища машин.

Выводы. В результате опытной эксплуатации установки для наружной мойки сельскохозяйственной техники в реальных производственных условиях пришли к следующим выводам:

- моечная установка удовлетворяет поставленным требованиям;

- применение устройства для мойки днища сельскохозяйственной техники возможно и целесообразно в условиях предприятия;
- использование установки для наружной мойки сельскохозяйственной техники позволило значительно улучшить условия труда;
- использование устройства для мойки днища машин потребовало внесения некоторых изменений в конструкцию установки для наружной мойки, что позволило повысить эффективность её работы;
- опыт использования установки для наружной мойки такого рода даёт возможность продолжить работы по механизации и автоматизации моечных процессов в ремонтном производстве.

Список литературы

1. Абразивно - кавитационная мойка сельскохозяйственных машин [Текст] / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, Е.Ю. Шемякина, Н.М. Тараканова // Вестник РГАТУ. – 2010. - № 4. – С. 64 - 65.
2. ГОСТ 18206 - 78. Машины для мойки тракторов, автомобилей и их составных частей [Текст]. - Введ. 01-01-1986. - М. : Изд - во стандартов, 1978. - 34 с.
3. Гурвич Л.М. Применение моющих средств при очистке тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [Текст] / Л.М. Гурвич. – М. : ЦНИИТЭМ, 1976.
4. Загрязнения сельскохозяйственных машин и устройства для их очистки [Текст] / А.В. Шемякин, А.В. Кирилин, С.А. Кожин, Е.Г. Кузин // В сборнике: Технические науки - от теории к практике сборник научных публикаций. Сер. «Научный журнал Globus». – М. : 2016. С. 40 - 46.
5. Кирилин А.В. Мойка сельскохозяйственных машин с использованием жидкостных струй высокого давления [Текст] / А.В. Кирилин. // Молодой учёный. – 2017. № 11 - 3 (145). – С. 20 - 22.
6. Надёжность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. // Под ред. В.В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 775 с.
7. Тельнов Н.Ф. Технология мойки сельскохозяйственных машин [Текст] / Н.Ф. Тельнов. – М. : Колос, 1983.
8. Юдин М.И., Стукопин Н.И., Ширай О.Г. Организация ремонтно - обслуживающего производства в сельском хозяйстве: Учебник / КГАУ. – Краснодар, 2007. – С. 944.

References

1. Abrasive - cavitation washing of agricultural machines [Text] / A.V. Shemyakin, M.B. Latyshenok, E.Y. Shemyakina, N.M. Tarakanova // Bulletin of the RGATU. – 2010. – No. 4. - pp. 64 - 65.
2. GOST 18206 - 78. Machines for washing tractors, cars and their components [Text]. - Introduction. 01-01-1986. – M. : Publishing House of Standards, 1978. - 34 p
3. Gurvich L.M. The use of detergents for cleaning tractors, cars and agricultural machines [Text] / L.M. Gurvich. - M. : TSNIITEM, 1976.
4. Pollution of agricultural machines and devices for their cleaning [Text] / A.V. Shemyakin, A.V. Kirilin, S.A. Kozhin, E.G. Kuzin // In the collection: Technical sciences - from theory to practice collection of scientific publications. Ser. "Scientific journal Globus". – M. : 2016. pp. 40 - 46.
5. Kirilin A.V. Washing of agricultural machines using high-pressure liquid jets [Text] / A.V. Kirilin. // Young scientist. – 2017. № 11 - 3 (145). – P. 20 - 22.
6. Reliability and repair of machines / V.V. Kurchatkin, N.F. Telnov, K.A. Achkasov, etc. // Edited by V.V. Kurchatkin. – M. : Kolos, 2000 – 775 p.

7. Telnov N.F. Technology of washing agricultural machines [Text] / N.F. Telnov. – М. : Kolos, 1983.

8. Yudin M.I., Stukopin N.I., Shirai O.G. Organization of repair and maintenance production in agriculture: Textbook / KGAU. – Krasnodar, 2007. - p. 944.

Сведения об авторах

Буряева Галина Михайловна – аспирант кафедры «Технический сервис и общепромышленные дисциплины». Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Бондарь Эдуард Михайлович – магистрант инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237431).

Information about the authors

Buraeva Galina M. – postgraduate at the department “Technical service and general engineering disciplines» of the faculty of engineering. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk region, Irkutsk district, Russia, tel. 83952237431, e-mail: lavaki2009@yandex.ru).

Bondar' Eduard M. – magistrant inzhenernogo fakul'teta FGBOU VO Irkutskiy GAU imeni A.A. Yezhevskogo (664038, Rossiya, Irkutskaya oblast', Irkutskiy rayon, pos. Molodezhnyy, tel. 83952237431).

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ХАССП НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.В. Воронова, А.Е. Сахаровская, Ю.А. Алексеева

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Среди огромного количества различных продуктов животного происхождения наиболее совершенными, т. е. наиболее ценными в пищевом и биологическом отношении, являются молоко и молочные продукты [5, 6]. В соответствии с мировыми тенденциями для молочной отрасли наиболее актуальной и всё более широко используемой системой управления качеством является ХАССП (анализ рисков и управление (контроль) в критических точках). Она обеспечивает контроль на всех этапах производства пищевых продуктов, любой точке процесса производства, хранения и реализации продукции, где могут возникнуть опасные ситуации, и используется в основном предприятиями - производителями пищевой продукции.

На всех крупных перерабатывающих предприятиях, большую роль в получении высококачественного молока, а в ряде случаев и молочных продуктов, играет первичная обработка молока на хорошо оборудованных фермах [8, 9, 10]. Проблема повышения качества молока остаётся актуальной для сельхозпроизводителей и предприятий молочной промышленности различных уровней мощности и форм собственности. Цель исследований применение системы ХАССП в сельскохозяйственных перерабатывающих кооперативах.

Ключевые слова: система ХАССП, молоко, первичная обработка молока, качество молока.

INTRODUCTION OF HACCP SYSTEM AT A SMALL ENTERPRISE

A.V. Voronova, A.E. Sakharovskaya, Y.A. Alekseeva

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Among the huge number of various products of animal origin, the most perfect, i. e. the most valuable in food and biological terms are milk and dairy products [5, 6]. In accordance with global trends for the dairy industry, the most relevant and increasingly widely used quality management system is HACCP (risk analysis and management (control) at critical points). It provides control at all stages of food production, at any point in the production process, storage and sale of products, where dangerous situations may arise, and is used mainly by food manufacturers.

At all large processing enterprises, primary processing of milk on well - equipped farms plays an important role in obtaining high - quality milk, and in some cases also dairy products [8, 9, 10]. The problem of improving the quality of milk remains relevant for agricultural producers and dairy enterprises of various power levels and forms of ownership. The aim of the research was to develop a HACCP system for agricultural churning cooperatives.

Key words: HACCP system, milk, primary milk processing, milk quality.

Введение. Система ХАССП – совокупность организационной структуры, документов, производственных процессов и ресурсов, необходимых для

реализации ХАССП. Система ХАССП главным образом используются компаниями - производителями пищевой продукции. В развитых странах каждое предприятие - изготовитель разрабатывает собственную систему ХАССП, в которой учитываются все технологические особенности производства, начиная от сырья и заканчивая конечным потребителем. Разработанная система может подвергаться изменениям, быть переработана с учётом любых изменений в процессах технологий производства [3, 4, 6, 7]. Её основное предназначение – уменьшение рисков, которые могут быть вызваны всевозможными проблемами с безопасностью пищевой продукции.

Существует семь принципов, которые легли в основу системы ХАССП и применяются в обязательном порядке при создании системы для определенного предприятия - изготовителя пищевой продукции:

1. Проведение тщательного анализа рисков (опасных факторов). Это осуществляется путём процесса важности потенциально опасных факторов на всех этапах жизненного цикла пищевых продуктов, контролируемых производителем. Также проводится оценка вероятности любого риска, и разрабатываются общие профилактические меры для предотвращения и устранения выявленных опасностей.

2. Определение критических точек контроля (КТК), а также технологических этапов и процедур, в рамках которых жёсткий контроль даёт возможность предотвратить, не допустить потенциальную опасность или с помощью определённых мер свести к нулю возможность возникновения рисков.

3. Установление критических пределов для каждой контрольной точки. Здесь определяются критерии, которые показывают, что процесс находится под контролем. Разработчики системы формируют допуски и ограничения, которые необходимо срочно соблюдать, чтобы в критических контрольных точках ситуация не выходила из - под контроля.

4. Установление процедур мониторинга критических точек контроля (Как? Кто? Когда?). С этой целью в КТК создаются системы мониторинга и проводятся различные инспекции на основе периодического анализа, тестирования и других видов контроля над производством.

5. Разработка корректирующих действий, которые необходимо предпринять в тех случаях, когда инспекция и наблюдения свидетельствуют о том, что ситуация может выйти, выходит либо уже вышла из - под контроля.

6. Установление процедур учёта и ведения документации, в которой фиксируются необходимые параметры. Документация будет ярким свидетельством того, что производственные процессы в КТК находятся под контролем, все возникшие отклонения исправляются, а разработанная система ХАССП для данной компании в целом функционирует эффективно.

7. Установление процедур проверки набора документации, которая должна постоянно поддерживаться в рабочем состоянии, отражать все мероприятия по внедрению, исполнению и соблюдению всех принципов ХАССП. Другими словами, данный набор документов будет отражать факт жизнеспособности разработанной системы ХАССП для данного предприятия - произ-

водителя пищевой продукции [1, 2].

Цель исследований заключалась в разработке системы ХАССП для сельскохозяйственных перерабатывающих кооперативов (СПК).

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: провести анализ и выбор учитываемых опасных факторов на этапе первичной обработки молока; определить критические контрольные точки на этапе первичной обработки молока; разработать рабочий лист ХАССП.

Для определения опасных факторов при первичной обработке молока для сельскохозяйственных перерабатывающих кооперативов. Разработана блок - схема технологического процесса, которая представлена на рисунке 1.

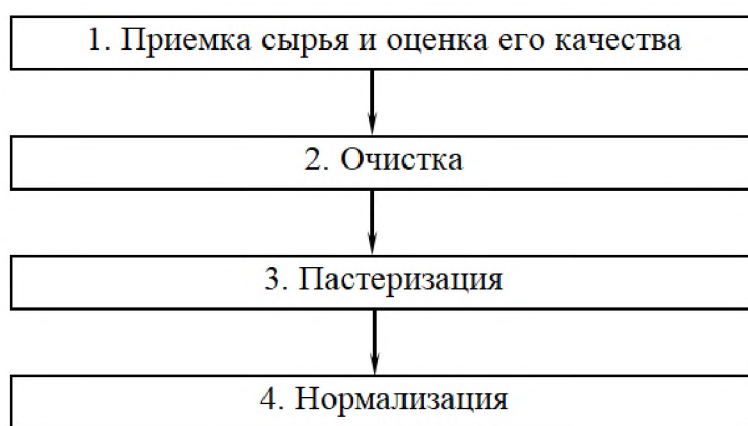


Рисунок 1 – Схема первичной обработки молока

Согласно дереву принятия решений, определены ККТ и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критические контрольные точки первичной обработки молока

Стадия	Решение	Обозначение
1. Приёмка сырья и оценка его качества	Да	ККТ1 (б) ККТ2 (х) ККТ3 (ф)
2. Очистка	Да	ККТ4 (ф)
3. Пастеризация	Нет	-
4. Нормализация	Нет	-

По данным таблицы можно сделать вывод, что критическими точками при первичной обработке молока, являются этапы: приёмка сырья, оценка качества и очистка. Для снижения риска производства продукта ненадлежащего качества нужно при производстве руководствоваться требованиями ТР ТС 033 / 2013 [3].

Количество критических контрольных точек зависит от сложности и вида продукции, производственного процесса, попадающих в область анализа.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Каждому потенциальному фактору проводим анализ риска с учётом вероятности появления фактора. Степень риска представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ рисков

ККТ	Риск	Контроль	Степень риска
ККТ1 (б)	Микробиологическая обсемененность	Лабораторные исследования, анализ сырья	Значительная вероятность
ККТ2 (х)	Попадание моющих средств, тяжёлых металлов, промышленных жидкостей	Лабораторные исследования, титрование, органолептический анализ	Маловероятно
ККТ3 (ф)	Загрязнение мухами, инородными телами	Очистка и анализ сырья	Значительная вероятность
ККТ4 (ф)	Неисправность фильтра	Замена фильтра	Маловероятно

На ККТ1 и ККТ3 определена значительная вероятность биологического и физического рисков.

Заключительным этапом является подготовка рабочих листов ХАССП. По результатам исследований определили 4 критических контрольных точек, представленных в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Рабочий лист ХАССП Приёмка сырья

Наименование операции	Опасный фактор	№ ККТ	Контролируемый параметр и его предельное значение	Процедура мониторинга	Контролирующие действия
Приёмка сырья	Биологический	ККТ1	Обсеменённость	ГОСТ 32901-2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа	Соблюдение приёмки температуры, транспортировки сырья, лаб. исследования
	Химический	ККТ2	Кислотность	ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности	Соблюдение приёмки температуры, транспортировки сырья, лаб. исследования
	Физический	ККТ3	Температура сырья	ГОСТ 26809-2014) «Молоко и молочные продукты. Правила приёмки», ГОСТ 8218-89 Молоко. Метод определения чистоты	Соблюдение приёмки температуры, транспортировки сырья, лаб. исследования

Информация в рабочих листах, таблицы 4 и 5, соответствует реальной ситуации на предприятии. Рабочие листы должны быть на рабочих местах

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

технологического процесса: приёмка сырья и оценка его качества, очистка, которые согласно нашим исследованиям имеют ККТ.

Таблица 4 – Рабочий лист ХАССП. Очистка

Наименование операции	Опасный фактор	№ ККТ	Контролируемый параметр и его предельное значение	Процедура мониторинга	Контролирующие действия
Очистка	Физический	ККТ4	Фильтр	ГОСТ 12026-76 Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия	Очистка, фильтрация

Выявлены опасные факторы, характерные для этапа первичной обработки молока. По каждому из представленных факторов проведён анализ рисков с выделением недопустимых (неприемлемых для потребителя) критериев по каждой стадии процесса производства.

Разработаны рабочие листы ХАССП для этапа первичной обработки молока; это что позволит правильно организовать и неуклонно выполнять все требования по обеспечению необходимого уровня санитарно - гигиенического состояния производства и выпуска безопасной и качественной продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51705.1 – 2001 л «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». – М. : Стандартинформ, 2009 – 12 с.
2. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП». – М. : Стандартинформ, 2009 – 12 с.
3. ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».
4. Аршакуни В.Л. О применении элементов системы ХАССП при внедрении стандарта ИСО 9001:2000 в пищевой промышленности [Текст]: научно - технический журнал / Сертификация. – М. : 2014. - № 4. - С. 26 - 30.
5. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции [Текст]: учеб. пособие / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М. : Пищепромиздат, 2001. - 528 с.
6. Иваньо Я.М. и др. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области / Я.М. Иваньо. в 2 частях – Иркутск: изд - во ИрГСХА. - Том Часть 2 - 2019. – 321 с.
7. Y.A. Kozub, V.I. Komlatsky and T.A. Khoroshailo. About some automated processes in the production of dairy products of dairy products. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 862 032021.
8. T.A. Khoroshailo and Y.A. Kozub. Robotization in the production of dairy, meat and fish products 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1515 022007.
9. V.I. Komlatsky et al. Technological process intensification trends in livestock. 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1515 022009.

10. Хорошайло Т.А., Алексеева Ю.А. Племенное скотоводство как элемент стратегии производства говядины / Т.А. Хорошайло, Ю.А. Алексеева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2020. - № 4 (63). – С. 165 - 168.

References

1. GOST R51705.1 - 2001 I «Sistemy kachestva. Upravleniye kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP. Obshchiye trebovaniya». M.: Standartinform, 2009 – 12 с.
2. GOST R 51705.1-2001 «Upravleniye kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP». M. : Standartinform, 2009 – 12 с.
3. TR TS 033/2013 Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti moloка i molochnoy produktsii».
4. Arshakuni V.L. On the application of elements of the HACCP system in the implementation of ISO 9001: 2000 in the food industry [Text]: scientific and technical journal / Certification. – M. : 2014. - No. 4. - P. 26 - 30.
5. Donchenko L.V. Food safety [Text]: textbook. allowance / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. - M. : Pishchepromizdat, 2001. - 528 p.
6. Ivan'o Y.M. i dr. Agricultural system of the Irkutsk region, Irkutsk, 2019, 321 p.
7. Y.A. Kozub, V.I. Komlatsky and T.A. Khoroshailo. About some automated processes in the production of dairy products of dairy products. 2020 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 862 032021.
8. T.A. Khoroshailo and Y.A. Kozub. Robotization in the production of dairy, meat and fish products 2020 J. Phys. : Conf. Ser. 1515 022007.
9. V.I. Komlatsky et al. Technological process intensification trends in livestock. 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1515 022009.
10. Khoroshaylo T.A., Alekseyeva Y.A. Livestock breeding as part of a beef strategy. Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. no 4 (63). pp. 165 - 168.

Сведения об авторах

Алексеева Юлия Анатольевна – к.с.-х.н., доцент, заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 - б ком. 223, тел. 89148743734, yulia_a72@mail.ru).

Воронова Алена Владимировна – студентка 4 курса направления подготовки технология производства и переработки с.-х. продукции факультета БВМ (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 - б, тел. 89041368530, alenka.tokareva.98@bk.ru).

Сахаровская Анна Евгеньевна – студентка 3 курса направления подготовки технология производства и переработки с.-х. продукции факультета БВМ (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 - б ком. 323, тел. 9501372937, sakharovskayaanna21@mail.ru).

Information about the authors

Alekseeva Yulia A. – candidate of agricultural sciences, associate professor Head of the department of production technology and processing of agricultural products and veterinary sanitary expertise (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89148743734, e-mail_yulia_a72@mail.ru).

Voronova Alena V. – 4 nd year student of the direction of preparation technology of production and processing of cx products, faculty of BVM(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89041368530, alenka.tokareva.98@bk.ru).

Sakharovskaya Anna Y. – 3 nd year student of the direction of preparation technology of production and processing of ex products, faculty of BVM (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 9501372937, sakharovskayaanna21@mail.ru).

УДК 631.356.4:658.562

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

А.В. Кузьмин, В.А. Беломестных

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В данной работе рассматриваются результаты испытаний образцов мякоти клубней.

На качество клубней, закладываемых на хранение или идущих в потребление, влияют механические повреждения, полученные при уборке. При этом внутренние повреждения мякоти оказывают более серьезное влияние, чем внешние. Поэтому кроме постоянного совершенствования рабочих органов уборочных машин в определённый момент возник вопрос совершенствования самих клубней, то есть возникла потребность в выведении сортов, пригодных для механизированного возделывания.

В настоящее время при селекции картофеля применяется оценка клубней на устойчивость к механическим повреждениям (на пригодность к механизированной уборке). Перечень параметров, которые контролируют при селекции клубней, приведены в таблице 1. Все - таки, основную роль в повреждаемости клубня играет сердцевина. Во - первых, повреждения поверхностного слоя клубня относительно быстрее сердцевины заживают при хранении в течение одной - двух недель. А во - вторых, механическая прочность поверхностного слоя выше, чем сердцевины.

Испытания проводили на лабораторной установке, представляющей маятниковый копер, снабжённый тензометрическими датчиками. При проведении эксперимента фиксировали: силу разрушения, импульс и время разрушения. Проведённые испытания цилиндрических образцов, вырезанных из мякоти клубней при действии ударных нагрузок указывают на зависимость напряжения от деформации близкую к линейной. Что говорит о возможности применения методов теории упругости при исследовании деформации клубней под действием ударных нагрузок.

Ключевые слова: картофель, образцы мякоти, селекция картофеля, механическая прочность, ударные нагрузки.

SOME ASPECTS OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF POTATO TUBERS

A.V. Kuzmin, V.A. Belomestnykh

*Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

In this paper, the results of testing samples of strawberry pulp are considered.

The quality of tubers laid for storage or going to consumption is affected by mechanical damage received during harvesting. At the same time, internal injuries of the pulp have a more

serious impact than external ones. Therefore, in addition to the continuous improvement of the working bodies of harvesting machines, at a certain moment, the question of improving the tubers themselves arose, that is, there was a need to breed varieties suitable for mechanized cultivation.

Currently, when selecting potatoes, an assessment of tubers for resistance to mechanical damage (for suitability for mechanized harvesting) is used. The list of parameters that are controlled during the selection of tubers is given in Table 1. After all, the core plays the main role in the damage of the tuber. Firstly, damage to the surface layer of the tuber heals relatively faster than the core when stored for one to two weeks. And secondly, the mechanical strength of the surface layer is higher than the core.

The tests were carried out on a laboratory installation representing a pendulum copper equipped with strain gauges. During the experiment, the following parameters were determined: the force of destruction, the momentum and the time of destruction. The tests of cylindrical samples cut from the pulp of tubers under the action of shock loads indicate a stress - strain dependence close to linear. What indicates the possibility of applying the methods of the theory of elasticity in the study of the deformation of tubers under the influence of shock loads.

Key words: potatoes, pulp samples, potato selection, mechanical strength, shock loads.

Введение. В принятой концепции развития сельского хозяйства нашего региона по дальнейшему совершенствованию системы земледелия биологизация и экологизация определены как основные направления её развития [2]. В Иркутской области – благоприятная зона для выращивания качественного продовольственного и семенного картофеля, который выращивают в крупных сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения [1, 3]. Поскольку на качество современного продовольственного картофеля оказывает большое влияние, состояние клубней после механизированной уборки, рассмотрим вопросы их физико - механических характеристик, в частности отдельные механические свойства мякоти.

Как оказалось, на качество клубней, закладываемых на хранение или идущих в потребление, влияют механические повреждения, полученные при уборке. При этом внутренние повреждения мякоти оказывают более серьезное влияние, чем внешние. Поэтому кроме постоянного совершенствования рабочих органов уборочных машин в определённый момент возник вопрос совершенствования самих клубней, то есть возникла потребность в выведении сортов, пригодных для механизированного возделывания.

В настоящее время при селекции картофеля применяется оценка клубней на устойчивость к механическим повреждениям (на пригодность к механизированной уборке). Перечень параметров, которые контролируют при селекции клубней, приведены в таблице 1 [4].

Таким образом, мы выяснили, что очень важную роль в механической повреждаемости клубней значит изучение механических характеристик мякоти. Хотя внутреннее строение клубня картофеля представляет собой эллипсоид, имеющий сердцевину и определённый поверхностный слой приблизительно глубиной 5 мм. Всё - таки, основную роль в повреждаемости клубня играет сердцевина. Во - первых, повреждения поверхностного слоя

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

клубня относительно сердцевины заживают при хранении в течение одной - двух недель. А во - вторых, механическая прочность поверхностного слоя выше, чем сердцевины.

Таблица 1 – Перечень контролируемых параметров в селекции картофеля

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Диапазон измерения	Абсолютная погрешность измерения	Частота контроля
Контроль клубней					
Физико - механические свойства					
1	Масса	г	5 - 500	1	После уборки
2	Длина	мм	15 - 220	1	- // -
3	Ширина	мм	10 - 200	1	- // -
4	Толщина	мм	5 - 180	1	- // -
5	Коэффициент формы	-	1,0 - 1,7	0,1	- // -
6	Плотность	-	-	-	- // -
7	Статическая прочность	Н	300 - 1500	10	- // -
8	Коэффициент упругости	%	5 - 30	0,1	- // -
9	Сопротивление на прокол	мм	3 - 20	0,1	- // -
10	Повреждаемость при ударе	мм	0 - 20	0,1	- // -
11	Прочность соединения кожуры с мякотью	Н / см ²	5 - 50	0,1	- // -
12	Динамическая твёрдость	Кол - во ударов	10 - 20	0,1	- // -
13	Статическая твёрдость	Н / мм ³	20 - 100	0,5	- // -
14	Устойчивость к вырыву	Н / мм ³	50 - 500	1	- // -
15	Сопротивление на разрыв	Н / мм ²	10 - 100	0,1	- // -
16	Деформация	мм	1 - 10	0,01	- // -

Цель данной статьи – анализ результатов испытаний образцов мякоти клубней картофеля.

Материалы и методы. В статье использованы данные протоколов испытаний образцов мякоти клубней картофеля, методы: экономико - статистический, абстрактно - логический.

Результаты и обсуждение. Итак, мы проводили изучение механических характеристик мякоти клубней на образцах, вырезанных из картофеля в виде цилиндров [5]. Сорт картофеля Невский. Образцы мякоти имели следующие параметры: диаметр 17 мм и высота 20 мм. Испытания проводили на лабораторной установке, представляющей маятниковый копер, снабжённый тензометрическими датчиками. При проведении эксперимента фиксировали: силу разрушения, импульс и время разрушения. Кроме того, определяли угол вылета маятника в холостом режиме φ_0 и при разрушении образца φ . Далее вычислялась работа разрушения образца:

$$A_{\text{разр}} = mgh(\sin \varphi_0 - \sin \varphi),$$

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

где m – масса маятника, кг;

h – высота падения маятника, м.

Затем определяли предел прочности мякоти:

$$\sigma_{BC} = \frac{P_{max}}{F},$$

где P_{max} – максимальная сила разрушения, Н;

F – площадь поперечного сечения образца, мм².

Далее определяли модуль упругости мякоти образца:

$$E = \frac{V_{обр} - \sigma_{BC}^2}{2 \left(A_{разр} - \frac{c\lambda^2}{2} \right)},$$

где $V_{обр}$ – объём образца, м³;

c – жёсткость балки тензометрического узла;

λ – максимальный прогиб балки, м.

Таким образом, мы получили следующие параметры образцов (таблица 2).

Таблица 2 – Механические характеристики образцов мякоти

№ п/п	Наименование параметров			
	Диаметр образца, мм	Высота образца, мм	Модуль упругости, Н / мм ²	Предел прочности, Н / мм ²
1	17	20	0,006	1,246
2	17	20	0,010	1,633
3	17	20	0,064	4,048
4	17	20	0,023	2,978
5	17	20	0,047	3,440
6	17	20	0,043	3,360
7	17	20	0,032	3,053
8	17	20	0,038	3,070
9	17	20	0,028	2,429

Получив, таким образом, данные по механическим характеристикам образцов мякоти, можно прогнозировать каким образом будет меняться устойчивость к механическим повреждениям данного сорта картофеля. Хотя конечно, поведение клубней картофеля в каждом конкретном случае довольно трудно предсказать, так как клубни – биологические объекты, живые организмы, поэтому их реакция на внешние воздействия зависит от большого количества факторов, которые трудно предугадать. Ведь реакция клубня зависит не только от механических параметров режима работы уборочных машин и даже не только от геометрических параметров, формы рабочих органов уборочных машин, но и не только от материалов, из которых они изготовлены, а и от таких непредсказуемых параметров погоды (температуры,

влажности, атмосферного давления и т. д.), степени зрелости клубней, характера и структуры почвы и т. п. Но изучать всё это, всё равно надо. Тем более сейчас, когда предсказывают в ближайшем будущем бурный рост научного интереса к сельскому хозяйственному сектору, широчайшее внедрение в отрасль новейших технологий, в том числе цифровых и нано технологий. В настоящее время также постоянно идёт совершенствование картофелеуборочных машин, машин для послеуборочной обработки и технологий на основе современных научных данных [6, 7, 8, 9, 10].

Проведённые испытания цилиндрических образцов, вырезанных из мякоти клубней при действии ударных нагрузок указывают на зависимость напряжения от деформации близкую к линейной. Что говорит о возможности применения методов теории упругости при исследовании деформации клубней под действием ударных нагрузок.

Как показали эксперименты, за время взаимодействия тел при ударе (в среднем $t = 0,013$ с) и скорости распространения волны в клубне $63,93$ м / с [11] волна успевает пройти сквозь клубень и отразиться $6...9$ раз (в зависимости от размеров клубня). Из этого следует вывод о том, что можно использовать при расчётах формулы статического сжатия.

Выводы. Таким образом, испытаниями было установлено:

- испытания свидетельствуют о зависимости напряжения от деформации близкую к линейной, что говорит о возможности применения методов теории упругости при исследовании деформации клубней под действием ударных нагрузок.

- исследования подтверждают, что в качестве модели мякоти клубня картофеля можно выбрать модель твёрдого тела, состоящую из абсолютно упругой и упруго - пластической частей, соединённых последовательно.

Список литературы

1. Боннет В.В. Влияние технического состояния картофелеуборочного комбайна на надёжность и экономичность функционирования технологического процесса (на примере КПК-2-01) : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Боннет Вячеслав Владимирович. – Новосибирск, 2001. – 198 с.
2. Дмитриев Н.Н. Агрэкономическая эффективность плодосменных севооборотов с сидерацией и фитомелиорацией. Научно - практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2020; 101:14-22. DOI: 10.51215/1999 - 3765-2020-101-14-22.
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. Перечень контролируемых параметров, приборов, средств автоматизации и лабораторного оборудования для селекции, семеноводства и производства картофеля. НПО Агроприбор – Инв. № 3320. – М. , 1975.
5. 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.
6. Тулапин П.Ф. Картофелеуборочные комбайны рационально использовать без доочистки клубней // Техника в сел. хоз - ве. - 1983, - № 9. – С. 17.
7. Рослов Н.Н. Хранение картофеля. – М. : Агропромиздат, 1988. – 93 с.

8. Eskel potato equipment // Spudmun. July – August, 1986. - VOL. 24, № 6 - P. 15.
9. Болихов Б.А., Луганский В.И. Хранение картофеля в ГДР. – М. : Колос. 1984. – 80 с.
10. Организационно - технологический проект послеуборочной доработки и предпосадочной подготовки картофеля на стационарном картофелесортировальном пункте с оборудованием ГДР. – М. : центр РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР, 1985.
11. Гагулина В.Г. Исследование причин повреждения клубней картофеля при посадке вычерпывающим аппаратом и изыскание способов их снижения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 [Текст] / В.Г. Гагулина. – Л. , 1980.

References

1. Bonnet V.V. Vliyanie tekhnicheskogo sostoyaniya kartofeleuborochnogo kombajna na nadezhnost' i ekonomichnost' funkcionirovaniya tekhnologicheskogo processa (na primere КРК-2-01): dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.03 / V.V. Bonnet. – Novosibirsk, 2001. - 198 p.
2. Dmitriev N.N. Agroekonomicheskaya effektivnost' plodosmennyyh sevooborotov s sideraciej i fitomelioraciej [Agro - economic efficiency of fruit - bearing crop rotations with sideration and phytomelioration]. Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA". 2020; 101:14-22. DOI: 10.51215/1999 - 3765-2020-101-14-22
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. A list of controlled parameters, devices, automation tools and laboratory equipment for breeding, seed production and potato production. NPO Agropribor - Inv. No. 3320. – М. , 1975.
5. Kuzmin, A.V. Metody snizheniya povrezhdayemosti klubney kartofelya i sovershenstvovaniya kartofeleuborochnyykh 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. – М. , 2005. – 238 p.
6. Tulapin P.F. Kartofeleuborochnye kombajny racional'no ispol'zovat' bez doochistki klubnej. [Potato harvesters should be used efficiently without further cleaning of tubers]. Tekhnika v sel. hoz - ve. 1983, no 9., pp. 17.
7. Roslov N.N. Hranenie kartofelya. [Potato storage]. М. : Agropromizdat, 1988. – 93 p.
8. Eskel potato equipment. Spudmun. July - August, 1986. – VOL. 24, no 6., pp. 15.
9. Bolihov B.A., Luganskij V.I. Hranenie kartofelya v GDR. [Potato storage in the GDR]. Moscow: Kolos. 1984. 80 p.
10. Organizacionno - tekhnologicheskij proekt posleuborochnoj dorabotki i predposadочноj podgotovki kartofelya na stacionarnom kartofelesortiroval'nom punkte s oborudovaniem GDR [organizational and Technological project of post - harvest completion and pre - harvest preparation of potatoes at a stationary potato sorting station with GDR equipment]. Moscow: center of ROSSELKHOZNADZOR. 1985.
11. Gagulina V.G. Issledovanie prichin povrezhdeniya klubnej kartofelya pri posadke vy`cherpy`vayushhim apparatom i izy`skanie sposobov ix snizheniya [Investigation of the causes of damage to potato tubers when planting with a scooping device and finding ways to reduce them]: dis. ... candidate of technical sciences. science: 05.20.01 [Text] / V.G. Gagulina. – Л. , 1980.

Сведения об авторах

Кузьмин Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и инженерных дисциплин инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный; Тел.:89503835361, E-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

Беломестных Владимир Афанасьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета (664038, Иркутская Область, г. Иркутск, п. Молодёжный; Тел.:89086413239, E-mail: belomestnyhv@mail.ru).

Information about the authors

Kuzmin Alexander V. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical services and general engineering disciplines faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth; tel.: 89503835361, E-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

Belomestnykh Vladimir A. – candidate of technical Sciences, associate Professor of the department of technical services and general engineering disciplines faculty of engineering (664038, Irkutsk Region, Irkutsk, the village Youth; Tel.: 89086413239, E-mail: belomestnyhv@mail.ru).

УДК 631.33

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, И.А. Савченко, Н.Н. Аникиенко

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В настоящее время при большом выборе сельскохозяйственной техники различных производителей важным является её адаптированность к региональным условиям. В статье дана характеристика применяемых технологий возделывания зерновых культур: традиционная технология, комбинированная технология, включающая экспериментальное комбинированное орудие и сеялку для посева в ряды, *No - till* или минимальная обработка почвы. Целью исследования является повышение эффективности возделывания зерновых культур путём применения технических систем, реализующих влаго- и энергосберегающие приёмы основной и предпосевной обработки почвы с посевом в микро ряды. Авторами предложена технология возделывания зерновых культур с применением экспериментального комбинированного орудия. Установлено, что в результате его применения повышается производительность агрегата на 30 - 40 %, а также снижается расход топлива до 30 %. Рассчитаны эксплуатационные затраты при бороновании на 1 га. В варианте с комбинированной обработкой почвы эксплуатационные затраты снижаются по сравнению с традиционной обработкой на 44,87 рублей на 1 га, в сравнении с технологией *No - till* на 48,74 руб. Сельскохозяйственным товаропроизводителям применение комбинированной технологии позволит получить значительную экономию материальных и денежных средств, повысить конкурентоспособность продукции. Авторами доказано, что технология является адаптированной к природно - климатическим условиям Иркутской области.

Ключевые слова: ресурсосберегающая технология, комбинированное орудие, зерновые культуры, прибавка урожая, Иркутская область.

RESOURCE - SAVING GRAIN CULTIVATION TECHNOLOGY

G.N. Polyakov, S.N. Shukhanov, I.A. Savchenko, N.N. Anikienko

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

At present, with a large selection of agricultural machinery from various manufacturers, it is important to adapt it to regional conditions. The article describes the characteristics of the applied technologies for the cultivation of grain crops: traditional technology, combined technology, including an experimental combined tool and a seeder for sowing in ridges, *No - till* or minimal tillage. The aim of the study is to increase the efficiency of cultivation of grain crops through the use of technical systems that implement moisture and energy - saving methods of basic and pre - sowing soil cultivation with sowing in micro - ridges. The authors proposed a technology for the cultivation of grain crops using an experimental combined tool. It has been found that as a result of its application, the unit productivity increases by 30 - 40 %, and fuel consumption is also reduced by up to 30 %. Operating costs for harrowing per hectare have been calculated. In the variant with combined tillage, operating costs are reduced in comparison with traditional tillage by 44,87 rubles per 1 ha, in comparison with *No - till* technology by 48,74 rubles. The use of the combined technology will allow agricultural producers to obtain significant savings in material and monetary resources, and to increase the competitiveness of their products. The authors have proved that the technology is adapted to the natural and climatic conditions of the Irkutsk region.

Key words: resource - saving technology, combined tool, grain crops, yield increase, Irkutsk region.

Основным условием эффективности деятельности организации является конкурентоспособность продукции. В сельском хозяйстве идёт поиск эффективных технологий, позволяющих экономить затраты материальных и денежных средств. На рынке сельскохозяйственной техники представлены сельскохозяйственные машины отечественного и импортного производства. В этих условиях требуется сформировать технологию возделывания культур, адаптированную к условиям Иркутской области [1, 6, 8].

Цель исследования. Повышение эффективности возделывания зерновых культур путём применения технических систем, реализующих влаго- и энергосберегающие приёмы основной и предпосевной обработки почвы с посевом в микрогряды.

Задачи исследования:

1. Дать анализ технологий возделывания зерновых культур в Иркутской области.
2. Определить технико - экономические показатели использования машин.
3. Обосновать экономическую эффективность комплекса машин.

Методика исследования. Анализ технологий возделывания зерновых культур и конструктивных особенностей рабочих органов сельскохозяйственных машин, адаптированных к условиям Иркутской области.

Объектом исследования является технологический процесс комплекса машин, технико - экономические показатели работы орудия для основной и предпосевной обработки почвы.

Результаты исследования. В Иркутской области идёт обновление парка сельскохозяйственных машин на основе ресурсосберегающих технологий. Главным является адаптированность комплекса машин к природно - климатическим условиям региона [9, 10].

В области сложились следующие технологии возделывания зерновых культур: традиционная технология, комбинированная технология, включающая экспериментальное комбинированное орудие и сеялку для посева в гряды, *No - till* или минимальная обработка почвы [4, 5].

В таблице 1 представлен комплекс машин распространенных технологий.

Таблица 1 – **Варианты технологии возделывания зерновых культур в условиях Иркутской области**

Наименование операций	Состав агрегата
Традиционная технология	
Осенью обработка плугом на глубину 22 - 24 см	тракторы К - 701, К - 744 + ПН - 8 - 35 или К - 744 + ПСКУ – 8 (ширина захвата 4,8 м)
Весенняя обработка – боронование в 2 следа	ЗБЗС-1 в сцепке СУ-11 + трактор 3 т.с.; культивация на глубину 6 - 7 см + трактор 3 т.с.
Посев зерновых культур сеялками	СЗП - 3,6 (3штуки) в агрегате с трактором 3 т.с. на глубину 5 - 6 см
Прикатывание посевов водоналивными катками	водоналивные катки +трактор 3 т.с.
До всходовое боронование полевыми боронами или боронование по всходам поперёк рядков	БП - 0,6 + трактор 3 т.с. СУ - 11 на глубину 3 - 4 см +трактор 3 т.с.
Технология, включающая экспериментальное комбинированное орудие и сеялку для посева в гряды СКП - 2,1	
Осенью обработка плугом на глубину 22 - 24 см	тракторы К - 701, К - 744 + ПН - 8 - 35 или К - 744 + ПСКУ - 8(ширина захвата 4,8 м)
Весенняя обработка – комбинированное орудие (экспериментальное)	комбинированное орудие (экспериментальное) + трактор 3 т.с.
Посев зерновых культур в гряды	СКП - 2,1 (5 шт.) + К - 701
До всходовое боронование на глубину 2 - 3 см	бороной с активными рабочими органами с шириной захвата 6,2 м + МТЗ - 1221
<i>No - till</i> или минимальная обработка почвы	
Осенью дискование почвы на глубину 8 - 10 см	дискаторы D - 4 * 4 или 4 * 2 + трактор К - 701, К - 744
Посев зерновых «Кузбасс» глубина посева 5 - 6 см	Посевной комплекс «Кузбасс» + трактор К -701
Гербицидная обработка	опрыскиватель + трактор МТЗ - 1221
Повторная гербицидная обработка	опрыскиватель + трактор МТЗ - 1221

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Как видно по данным таблицы сравнения вариантов технологии возделывания зерновых культур, показана на примере комбинированного орудия для предпосевной обработки почвы за один проход и переоборудованной сеялки для посева семян в гряды. Предлагаемая нами технология является влагосберегающей. Экспериментальные исследования показали, что при возделывании овса урожайность повышается на 4,4 ц / га [2, с. 43 - 49].

Предложенный комплекс машин имеет ряд конкурентных преимуществ:

1. Прогрев почвы в грядках на 3 - 4° выше, чем при посеве дисковыми сошниками в борозду [11, с. 33 - 37].

2. Появление всходов культуры на 3 - 4 дня раньше.

3. Выравненное семенное ложе позволяет до 86 % семян укладывать на одинаковую глубину и достичь дружных всходов.

4. Уплотнение семенного ложа способствуют образованию капилляров и «подтягивание» почвенной влаги к семенам [3, с. 13 - 22].

5. Влажность почвы на глубине 10 см на 0,2 - 0,5 % выше, чем почвы под дисковым сошником [12]. Эта разница наблюдается до середины июля и захватывает все важные фазы развития культуры, в том числе фазу кущения – начала формирования вторичной корневой системы культуры.

Для оценки экономической эффективности рассчитаем эксплуатационные затраты (таблица 2).

Таблица 2 – Эксплуатационные затраты на бороновании по различным технологиям

Показатели	Традиционная технология	Комбинированная технология	<i>No – till</i> или минимальная обработка почвы
Норма выработки, га	57,0	79,8	68,0
Дневная тарифная ставка, руб.	970,60	970,60	970,60
Оплата труда в расчёте на 1 га, руб.	17,03	12,16	14,3
Амортизационные отчисления на 1 га, руб.	270,0	270,0	270,0
Отчисления в ремонтный фонд, руб.	330,0	330,0	330,0
Расход ГСМ на 1 га, л	3,2	2,4	2,9
Стоимость ГСМ в расчёте на 1 га, руб.	160	120	145
Итого эксплуатационных затрат на 1 га, руб.	777,03	732,16	759,3

Как видно по данным таблицы 2, наименьшая сумма эксплуатационных затрат получена при комбинированной обработке почвы. Это обусловлено тем, что с увеличением нормы выработки снижаются затраты на оплату труда трактористов - машинистов, расход топлива. В варианте с комбинированной обработкой почвы эксплуатационные затраты снижаются по сравнению

с традиционной обработкой на 44,87 рублей на 1 га, в сравнение с технологией *No - till* на 27,14 руб. Эксплуатационные затраты показаны в расчёте на 1 га, в целом по сельскохозяйственной организации будет получена значительная экономия финансовых средств.

Таким образом, применение комбинированного орудия для возделывания зерновых культур является экономически целесообразным. Экспериментальные исследования показали, что производительность агрегата выше на 30 - 40 %, экономия топлива составляет 30 %. Данная технология является влагосберегающей, в результате её применения повышается урожайность зерновых культур.

Список литературы

1. Боннет В.В. Влияние технического состояния картофелеуборочного комбайна на надёжность и экономичность функционирования технологического процесса (на примере КПК-2-01) : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Боннет Вячеслав Владимирович. – Новосибирск, 2001. – 198 с.
2. Поляков Г.Н. Выбор и обоснование сошников посевных машин / Г.Н. Поляков, Д.А. Яковлев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2016. - № 20. – С. 43 - 49.
3. Поляков Г.Н. Распределение семян при посеве различными типами сошников / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, Д.А. Яковлев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. - № 31. – С. 13 - 22.
4. Самусик Г.С. Довсходовое боронование и бороны с активными рабочими органами / Г.С. Самусик, Г.Н. Поляков, А.В. Косарева // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Сб. всерос. науч. - практич. конф. – 2020. – С. 242 - 249.
5. 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. Солодуна. – Иркутск, изд - во ИрГСХА, 2012. – 416 с.
6. 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.
7. Солодун В.И. Особенности и эффективность применения технологии прямого посева зерновых культур в условиях Предбайкалья / В.И. Солодун, Т.В. Амокова, О.В. Рябинина // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса. Сб. II Всерос. науч. - практич. конф. с междунар. участием. – 2020. – С. 16 - 22.
8. Технологии возделывания полевых культур в условиях Предбайкалья: научно - практические рекомендации / Иркутский НИИСХ; Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского. – Иркутск: ООО «Мегапринт». – 2020. – 223 с.
9. Цэдашиев Ц.В. Эксплуатационная надёжность тракторов «КЛААС» / Ц.В. Цэдашиев, П.И. Ильин, А.Ю. Логинов, Ц.В. Цэдашиев // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 32. С. 27 - 34.
10. Чернышева Е. Стартап в мешке. Крупные компании в поисках новых идей [Электронный ресурс] / Е. Чернышева // Агротехника и технологии: электрон. научн. журн. – 2021. - № 3 (85). URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/35814-startap-v-meshke-krupnye-kompanii-v-poiskakh-novykh-idey> (дата обращения 22.08.2021).
11. Шуханов С.Н. Некоторые мероприятия по улучшению состояния почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / С.Н. Шуханов // Международный технико - экономический журнал. – 2019. № 4. – С. 33 - 37.
12. 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.

References

1. 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.
2. Polyakov G.N. Choice and justification of sowing machine openers / G.N. Polyakov, D.A. Yakovlev // Topical issues of agricultural science. – 2016. – No 20. – S. 43 - 49.
3. Polyakov G.N. Distribution of seeds when sowing with different types of openers / G.N. Polyakov, S.N. Shukhanov, D.A. Yakovlev // Topical issues of agricultural science. – 2019. – No 31. – S. 13 - 22.
4. Samusik G.S. Pre - emergence harrowing and harrow with active working bodies / G.S. Samusik, G.N. Polyakov, A.V. Kosareva // Scientific research of students in solving urgent problems of the agro - industrial complex. Sat. vseros. scientific and practical conf. – 2020. – S. 242 - 249.
5. Agricultural machines and implements 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 guidance of V.I. Solodun. – Irkutsk, publishing house IrGSKhA, 2012. – 416 p.
6. The system of agriculture in the Irkutsk region: in 2 hours. Part 2. Monograph / Ed. Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitrieva. – Irkutsk: Megaprint LLC, 2019. – 321 p.
7. V.I. Solodun Features and efficiency of the technology of direct sowing of grain crops in the conditions of Cisbaikalia / V.I. Solodun, T.V. Amokova, O.V. Ryabinina // Problems and prospects of sustainable development of the agro - industrial complex. Sat. II All – Russia. scientific and practical conf. with int. participation. – 2020. – S. 16 - 22.
8. Technologies of cultivation of field crops in the conditions of Cisbaikalia: scientific and practical recommendations / Irkutsk research institute of agriculture; Irkutsk GAU them. A.A. Ezhevsky. – Irkutsk: Megaprint LLC. – 2020. – 223 p.
9. Tsedashiev Ts.V. Operational reliability of tractors "CLAAS" / Ts.V. Tsedashiev, P.I. Ilyin, A.Yu. Loginov, Ts.V. Tsedashiev // Actual problems of agricultural science. 2019.No 32, pp. 27 - 34.
10. Chernysheva E. Startup in a bag. Large companies in search of new ideas [Electronic resource] / E. Chernysheva // Agrotechnics and technologies: electron. scientific. zhurn. - 2021. - No. 3 (85). URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/35814-startap-v-meshke-kрупnye-kompanii-v-poiskakh-novykh-idey> (date of treatment 08/22/2021).
11. Shukhanov S.N. Some measures to improve the state of the soil during the cultivation of agricultural crops / S.N. Shukhanov // International technical and economic journal. – 2019. No. 4. – S. 33 - 37.
12. Yakovlev D.A. Substantiation of rational parameters of the opener group of the SZS-2.1 seeder for direct sowing / D.A. Yakovlev and V.I. Belyaev, G.N. Polyakov // Bulletin of the Altai state agrarian university. – 2019. No. 9 (179). – S. 131 - 135.

Сведения об авторах

Поляков Геннадий 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, п. Молодёжный, тел. 89025669965, e-mail: zxm1953@mail.ru).

Шуханов Станислав Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru).

Савченко Инна Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, предпринимательства и экономической безопасности в АПК Института экономи-

ки, управления и прикладной информатики. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89149172282, e-mail: innasava2016@mail.ru).

Аникиенко Николай Николаевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, предпринимательства и экономической безопасности в АПК Института экономики, управления и прикладной информатики. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89041443777, e-mail: anikienkonikolai@mail.ru).

Information about the author

Polyakov Gennadiy N. – candidate of technical sciences, assistant professor department technical support of the agro - industrial complex of the faculty of engineering, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025669965, e-mail: zxm1953@mail.ru.).

Shukhanov Stanislav N. – doctor of technical sciences, professor of the department of technical support of the agroindustrial complex of the faculty of engineering. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk region, Irkutsk region, settlement Molodezhny, tel. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru.

Savchenko Inna A. – candidate of economic sciences, assistant professor department of management, entrepre - neurship and economic security within agro - industrial complex Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149172282, e-mail: innasava2016@mail.ru).

Anikienko Nikolay N. – candidate of economic sciences, assistant professor department of management, entrepre - neurship and economic security within agro - industrial complex Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041443777, e-mail: anikienkonikolai@mail.ru).

УДК 637.345

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

В.В. Редько, А.В. Шмырева, Ю.А. Алексеева

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

Контроль качества пищевой продукции и процесса её производства является составной частью управления качеством и лежит в основе получения доброкачественной продукции [4, 5]. Производство заквасок является одним из наиболее важных, а также самых трудных процессов на молочном заводе. От правильного подбора заквасочных культур зависит производство продукта с необходимыми потребительскими характеристиками и требуемым уровнем качества. Производство кисломолочных продуктов основано на сложных биохимических процессах, протекающих при сквашивании пастеризованного, стерилизованного, топленого молока или сливок заквасками, в состав которых входят чистые культуры молочнокислых бактерий, дрожжей, уксуснокислых бактерий и их комбинаций и естественной симбиотической закваской (кефирными грибками) [3, 7]. В статье представлены контролируемые показатели закваски при производстве кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: закваска, молоко, качество молока, контролируемые параметры.

ENSURING QUALITY AND SAFETY IN THE PRODUCTION OF SOUR MILK PRODUCTS

V.V. Redko, A.V. Shmyreva, Y.A. Alekseeva

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Quality control of food products and the process of their production is an integral part of quality management and is the basis for obtaining good - quality products [4, 5]. The production of starter cultures is one of the most important as well as the most difficult processes in a dairy. The production of a product with the necessary consumer characteristics and the required level of quality depends on the correct selection of starter cultures. The production of fermented milk products is based on complex biochemical processes occurring during the fermentation of pasteurized, sterilized, baked milk or cream with sourdough cultures, which include pure cultures of lactic acid bacteria, yeast, acetic acid bacteria and their combinations and natural symbiotic sourdough (kefir fungi) [3, 7]. The article presents the controlled indicators of fermentation in the production of fermented milk products.

Key words: starter culture, milk, milk quality, controlled parameters.

Кисломолочные продукты – это кисломолочные напитки, сметана, творог, сыр, т. е. такие продукты, в основе приготовления которых лежат главным образом основные виды брожения: молочнокислое и спиртовое. Вырабатываются кисломолочные продукты с использованием специальных заквасок [5, 7].

Кисломолочные продукты получают путём сквашивания молочного сырья заквасками чистых молочнокислых бактерий. В качестве сырья для производства кисломолочных продуктов применяют пастеризованное, топленое, стерилизованное молоко, смеси молока и сливок, молочную сыворотку, пахту, а также сухое, сгущённое молоко и др.

Кисломолочные напитки считаются биологически ценными, так как обладают высокими лечебно - профилактическими свойствами и большой усвояемостью.

Пищевая ценность кисломолочных продуктов зависит от состава и свойств исходного сырья, количественного и качественного состава входящих в рецептуру компонентов, условий и режимных параметров на всех стадиях технологической обработки, а также от уровня технологической оснащённости предприятия. Среди кисломолочных продуктов сыр занимает одно из первых мест по пищевой и энергетической ценности.

Первые сыры были «свежими», то есть не сбраживались. Они состояли исключительно из солёных белых творогов, высушенных из сыворотки, подобно сегодняшнему творогу. Для ускорения процесса естественного разделения необходимо было разработать способы добавления сычужного фермента к молоку.

При производстве сыров применяются сухие и жидкие закваски. Жид-

кие представляют собой чистые культуры молочнокислых бактерий, находящихся в активном состоянии – это их преимущество, однако наличие молочной кислоты сокращает срок их практической годности до 20 дней.

В сухих заквасках клетки молочнокислых бактерий находятся в неактивном состоянии, поэтому их необходимо перевести в активное состояние. Недостатком является наличие в них, хотя и в небольшом количестве, посторонней микрофлоры. Преимущество их заключено в удлинении срока действия до 2 - 3 месяцев. В настоящее время при производстве сыра в молоко, перед свёртыванием, вносят производственные закваски либо активированные бактериальные препараты с целью восполнения полезной микрофлоры, уничтоженной при пастеризации молока и формирования видовых особенностей сыров [3, 6, 7, 8].

При выработке сыров с низкой температурной обработкой употребляют бактериальные закваски и бактериальные препараты.

В зависимости от формы выпуска и содержания микроорганизмов распознают: сухие и жидкостные бактериальные закваски, представляющие собой чистые культуры молочнокислых микробов в молоке, содержащие в 1 г (см^3) не более 10^9 жизнеспособных клеток; сухие и жидкостные бактериальные концентраты, содержащие в 1 г (см^3) не менее 100^9 жизнеспособных клеток [1, 2]. Смешанные закваски и концентраты состоят из микроорганизмов разных видов, родов и семейств.

Важным составляющим, при изготовлении сыров, являются молочнокислые бактерии, вносимые в молоко для выработки сыра в виде подобранных и приготовленных композиций.

Молочнокислые бактерии, включаемые в состав микрофлоры бактериальные закваски и бактериальные препараты, по многофункциональным признакам принято поделить на последующие группы:

- мезофильные гомоферментативные (сбраживающие лактозу в большей степени по молочной кислоты) молочнокислые стрептококки рода *Streptococcus*, видов *S. lactis* и *S. cremoris* и молочнокислые палочки рода *Lactobacillus*, видов *L. plantayum* и *L. casei*;

- мезофильные гетероферментативные молочнокислые стрептококки вида *S. lactis*, вариации *S. lactis* subsp. *Diacetilactis* и *S. lactis* subsp. *Acetoinicus*, сбраживающие цитраты в пребывании углеродов с образованием углекислого газа, уксусной кислоты, ацетона, диацетила.

При выработке сыров производственные бактериальные закваски, активированные бактериальные препараты традиционно вносят в молоко перед свёртыванием.

Количество вносимой закваски может составляет 1 - 2 % от численности перерабатываемого молока.

В зависимости от температурных пределов роста микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры, выделяют бактериальные закваски и концентраты мезофильные (25 - 35° C), термофильные (40 - 50° C) и смешанные. В состав мезофильных бактериальных заквасок входят: лактококки, лейко-

ностоки, молочнокислые палочки, бифидобактерии и др. В состав термофильных бактериальных входят термофильные молочнокислые стрептококки и палочки [6, 7].

Сырьём для производства заквасок является обезжиренное молоко кислотностью не более 18°T , $\rho = 1030 \text{ кг / м}^3$, которое получено из молока коровьего, не ниже первого сорта по ГОСТ Р 52054 - 2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия», с содержанием соматических клеток не более 500 тыс. кг / см³ [1, 2]. Схема технологического процесса производственной закваски, представлена на рисунке 1.

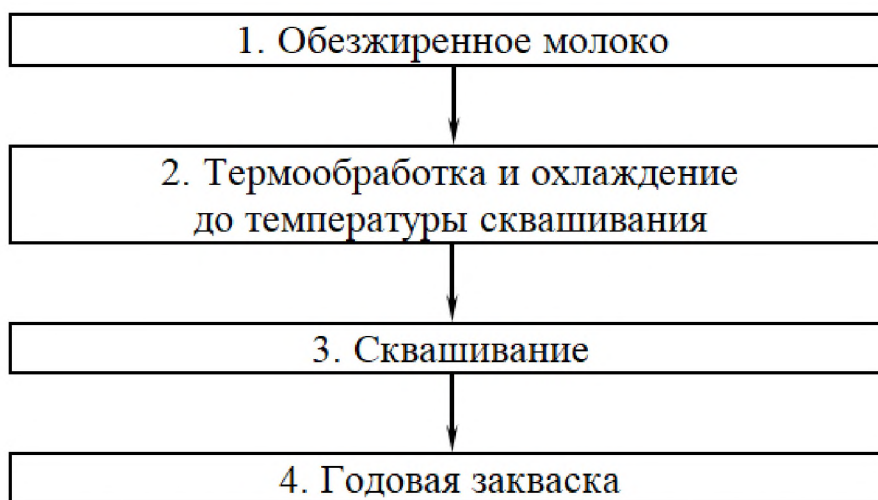


Рисунок 1 – Схема производственной закваски

Для приготовления применяют молоко, пастеризованное при $92 - 95^{\circ} \text{C}$ с выдержкой 20 - 30 минут и охлажденное $43 - 45^{\circ} \text{C}$. Количество вносимой закваски составляет 1 %. Заквашенное молоко размешивают и оставляют на 150 - 170 мин. до образования сгустка. После образования сгустка закваску остужают. Кислотность готовой закваски обязана существовать $80 - 85^{\circ} \text{T}$ [1, 2, 4, 5]. Согласно схеме производства, в таблице 1 представлены контроль и степень риска при производстве производственной закваски.

В производстве кисломолочных продуктов целесообразно применять лабораторную или производственную закваску. Для поддержания заквасок в наиболее активном состоянии необходимо постоянно производить замену заквасочных штаммов, если на предприятии получают закваску пересадочным способом, то количество пересадок обязано существовать не более 5 - 7. На предприятия должны поступать высококачественные закваски или их концентраты, задача молокоперерабатывающего предприятия состоит в том, чтобы сохранить их полную эффективность.

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Таблица 1 – Контроль производственной закваски

Процесс	Контроль	Лабораторные исследования	Степень риска
Обезжиренное молоко	Органолептический	1 - Кислотность, 2 - плотность, 3 - массовая доля сухих веществ, 4 - температура; 5 - термоустойчивость	Значительная вероятность
	Физико - химический		
	Микробиологический	1 - КМАФАнМ; 2 - БГКП; 3 - микроскопирование; 4 - дрожжи и плесени; 5- молочнокислые микроорганизмы; 6 - эффективность пастеризации; 7 - термоустойчивость молочнокислые палочки; 8* - Staph. aureus	
Термообработка и охлаждение до температуры сквашивания	Физико - химический	4 - температура	Маловероятно
	Микробиологический	1 - КМАФАнМ; 2 - БГКП; 6 - эффективность пастеризации; 7 - термоустойчивость молочнокислые палочки	Проверка термограмм
Сквашивание	Физико - химический	1 - Кислотность, 2 - плотность, 3 - массовая доля сухих веществ, 4 - температура	Значительная вероятность
	Микробиологический	3 - микроскопирование	Контроль времени сквашивания
Годовая закваска	Органолептический	1 - Кислотность, 2 - плотность	Маловероятно
	Физико - химический		
	Микробиологический	2 - БГКП; 3 - микроскопирование; 4 - дрожжи и плесени; 5 - молочнокислые микроорганизмы; 7 - термоустойчивость молочнокислые палочки; 8* - Staph. aureus; 9* - Salmonella.	Значительная вероятность

Примечания: Периодичность контроля установлена программой производительного контроля. * - Исследования проводят в аккредитованных лабораториях.

Молокозаводы могут покупать производственные заквасочные культуры в различном виде:

- в жидком виде для получения маточной закваски (в настоящее время довольно редко);
- в состоянии глубокой заморозки – концентрированные заквасочные культуры для получения производственной закваски;
- концентрированные заквасочные культуры после сублимационной сушки в виде порошка – для получения производственной закваски;
- в состоянии глубокой заморозки – сверхконцентрированные закваски в готовом растворимом виде для непосредственного введения в продукт [6, 7, 9].

Список литературы

1. ГОСТ Р 51705.1 - 2001 л «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». М. : Стандартинформ, 2009 – 12 с.
2. ГОСТ Р 51705.1 - 2001 «Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП». М. : Стандартинформ, 2009 – 12 с.
3. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции [Текст]: учеб. пособие / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М. : Пищепромиздат, 2001. - 528 с.
4. Y.A. Kozub, V.I. Komlatsky and T.A. Khoroshailo. About some automated processes in the production of dairy products of dairy products. 2020 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 862 032021.
5. Козуб, Ю.А. Повышение эффективности производства молока / Ю.А. Козуб // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81 - 2. – С. 50 - 54.
6. Кокорина, И.Ю. Растительные компоненты, используемые при производстве сыров / И.Ю. Кокорина, Ю.А. Козуб // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы всероссийской научно - практической конференции, п. Молодёжный, 14 - 15 марта 2019 года. – п. Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 35 - 43.
7. Луфаренко, О.Д. Параметры технологического процесса производства кисломолочного продукта / О.Д. Луфаренко, Ю.А. Козуб // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 174 - 177.
8. T.A. Khoroshailo and Y.A. Kozub. Robotization in the production of dairy, meat and fish products 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1515 022007.
9. V.I. Komlatsky et al. Technological process intensification trends in livestock. 2020 J. Phys. : Conf. Ser. 1515 022009.

References

1. GOST R51705.1 - 2001 l «Sistemy kachestva. Upravleniye kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP. Obshchiye trebovaniya». М. : Standartinform, 2009 – 12 с.
2. GOST R 51705.1 - 2001 «Upravleniye kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP». М.: Standartinform, 2009 – 12 с.
3. Donchenko L.V. Food safety [Text]: textbook. allowance / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. - М. : Pishchepromizdat, 2001. – 528 p.
4. Y.A. Kozub, V.I. Komlatsky and T.A. Khoroshailo. About some automated processes in the production of dairy products of dairy products. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 862 032021.
5. Kozub, Yu.A. Improving the efficiency of milk production / Yu.A. Kozub // Bulletin of IrGSKhA. - 2017. – No. 81 - 2. – S. 50 - 54.
6. Kokorina, I.Yu. Vegetable components used in the production of cheeses / I.Yu. Kokorina, Yu.A. Kozub // Scientific research of students in solving urgent problems of the agro - industrial complex: Materials of the All - Russian scientific and practical conference, Molodezhny village, 14 - 15 March 2019. - p. Molodezhny: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, 2019. – S. 35 - 43.
7. Lufarenko, O.D. Parameters of the technological process of fermented milk product production / O.D. Lufarenko, Yu.A. Kozub // Young science of the agrarian Don: traditions, experience, innovations. - 2018. - Т. 2. – No. 2. – S. 174 - 177.
8. T.A. Khoroshailo and Y.A. Kozub. Robotization in the production of dairy, meat and fish products 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1515 022007.
9. V.I. Komlatsky et al. Technological process intensification trends in livestock. 2020 J. Phys. : Conf. Ser. 1515 022009.

Сведения об авторе

Алексеева Юлия Анатольевна – доцент, к.с.-х.н., заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 - б, ком. 223, тел. 89148743734, yulia_a72@mail.ru).

Шмырева Алена Валерьевна – студентка 4 курса направления подготовки технология производства и переработки с.-х. продукции факультета БВМ (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 - б, тел. 89041133843, alena.shmyreva.00@mail.ru).

Редько Владимир Владимирович – студент 4 курса направления подготовки технология производства и переработки с.-х. продукции факультета БВМ (664038 Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный общ 4 – б, ком. 323, тел. 89996858461, vovan.redko777@gmail.com).

Information about the author

Alekseeva Yulia A. – candidate of agricultural sciences, associate professor Head of the department of production technology and processing of agricultural products and veterinary sanitary expertise (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, p. Molodezhny, tel. 89148743734, e-mail yulia_a72@mail.ru).

Shmyreva Alena V. – 4 nd year student of the direction of preparation technology of production and processing of с.-х. products, faculty of BVM(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89041133843, alena.shmyreva.00@mail.ru).

Redko Vladimir V. – 4 nd year student of the direction of preparation technology of production and processing of с.-х. products, faculty of BVM (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, p. Molodezhny, tel. 89996858461, vovan.redko777@gmail.com).

УДК 631.354.2.076

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ

Н.Н. Степанов, А.А. Бричагина, Н.В. Степанов

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В статье проанализированы причины потерь, возникающие при уборке зерновых культур. Установлено, что основными причинами потерь являются организационные причины (агронимические, технические, технологические, природно - хозяйственные, экономические и кадровые). Источниками потерь за комбайном могут быть жатка (за режущим аппаратом, делителями, мотвилком) и молотилка (за молотильным аппаратом, соломотрясом, очисткой, из - за неплотного закрытия смотровых и регулировочных люков шнеков и элеваторов, щелей в местах соединения рабочих органов). В значительной степени, на величину потерь и качество зерна в бункере влияют режимы работы воздушно - решётной очистки и технологические регулировки: частота вращения лопастей вентилятора и угол наклона планок жалюзи решетного стана. С целью повышения качества проведения технологических регулировок очистки зерноуборочных комбайнов предложено устройство для автоматического управления работой очистки, полностью исключающее влияние человеческого фактора. Применение предлагаемой конструкторской раз-

работки позволит повысить качество проведения уборочных работ, уменьшить потери зерна за очисткой комбайна, уменьшить количество примесей в бункере комбайна.

Ключевые слова: уборка урожая, зерноуборочный комбайн, потери зерна, молотильно - сепарирующее устройство.

REDUCTION OF LOSSES DURING GRAIN HARVESTING

N.N. Stepanov, A.A. Brichagina, N.V. Stepanov

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article analyzes the causes of losses that occur during the harvesting of grain crops. It is established that the main reasons are organizational (agronomic, technical, technological, natural and economic, economic and personnel). The sources of losses behind the harvester can be the header - behind the cutting machine, dividers, reel and thresher - behind the threshing machine, straw belt, cleaning, due to the loose closure of the inspection and adjustment hatches of augers and elevators, cracks at the joints of the working bodies. To a large extent, the amount of losses and the quality of grain in the hopper are influenced by the operating modes of air - sieve cleaning and technological adjustments: the rotation frequency of the fan blades and the angle of inclination of the blinds of the sieve mill. In order to improve the quality of technological adjustments of cleaning of combine harvesters, a device for automatic control of the cleaning operation is proposed, which completely excludes the influence of the human factor. The application of the proposed design development will improve the quality of harvesting operations, reduce grain losses during the cleaning of the combine, and reduce the amount of impurities in the hopper of the harvester.

Key words: harvesting, combine harvester, grain losses, threshing and separating device.

Резервом увеличения производства зерна является повышение качества проведения уборочных работ. Одним из основных требований, предъявляемых к уборке зерновых культур, является минимизация потерь урожая.

Многочисленные причины потерь зерна можно свести в три группы: биологические (осыпание до уборки, резкое снижение посевных и хлебопекарных качеств зерна в зависимости от колебаний влажности и температуры при дозревании на корню или в валках и т. д.); непредвиденные (засуха, ливневые и затяжные дожди, град, ранние заморозки, пожары и т. д.) и организационные [7].

Организационные причины потерь зерна можно разделить на [5, 4, 8, 9]:

- агрономические;
- технические;
- технологические;
- природно – хозяйственные;
- экономические;
- кадровые.

К агрономическим причинам относятся: неправильный выбор сортов; загущённые или изреженные посевы; полеглость хлебостоя; неправильный выбор сроков уборки; недостаточное внимание к борьбе с вредителями и болезнями зерновых культур; фаза спелости; влажность и урожайность зерна;

масса тысячи зёрен; массовое отношение зерна к незерновой части хлебной массы; густота стояния и степень полеглости растений; засорённость посевов и т. д.).

Технические причины – конструктивные несовершенства узлов и агрегатов комбайна, плохое техническое состояние машины.

Технологическими причинами являются: режимы работы и технологические регулировки жатки, молотильного аппарата, очистки и других рабочих органов, неправильная разбивка полей на загоны и т. д.

Природно - хозяйственные причины: неудачный выбор полей по расположению, рельефу, плодородию; затягивание уборочных работ; перебои в обеспечении уборочных агрегатов горюче - смазочными материалами, неорганизованный контроль за качеством выполнения уборочных работ и т. д.

Экономические причины потерь – непродуманная система оплаты труда, отсутствие чёткого учёта собранного зерна и т. д.

Кадровые причины – низкий уровень квалификации комбайнеров.

Потери зерна условно разбивают на две группы: прямые, или невозвратимые, и косвенные. К прямым относят потери количества урожая, к косвенным – качества.

При уборке прямые потери включают в себя потери недомолотом и свободным зерном в соломе и полове, срезанными и несрезанными колосьями и свободным зерном за жаткой или подборщиком, россыпью зерна через щели и неплотные соединения в комбайне, а также потери от естественного самоосыпания зерна при запаздывании с уборкой. Прямые потери убранного зерна возникают также в результате просыпаний при перевозках, подработке, а также убытков, причиняемых птицами и грызунами и т. д.

К косвенным потерям относят потери посевных и хлебопекарных качеств зерна от тех или иных причин, в частности, к этой группе относят все механически поврежденные зерна. Так как механическое повреждение зерна оказывает в наибольшей степени отрицательное влияние на хранение и его посевные, и продуктивные качества. Зачастую косвенные потери являются причиной возникновения прямых потерь. Например, значительное содержание в зерновой массе механически повреждённого зерна может привести к бурному развитию микроорганизмов. Это, в свою очередь, способствует возникновению очагов самосогревания, что не только снижает посевные и хлебопекарные качества зерна, но и может привести его к полной негодности.

Источниками потерь за комбайном могут быть жатка (за режущим аппаратом, делителями, мотовилом) и молотилка (за молотильным аппаратом, соломотрясом, очисткой, из - за неплотного закрытия смотровых и регулировочных люков шнеков и элеваторов, щелей в местах соединения рабочих органов) [2, 3, 6].

При уборке зерновых культур зерно подвергается механическому воздействию рабочими органами комбайнов. Наличие повреждений негативно

сказывается на хранении зерна, на его товарных, хлебопекарных и посевных качествах [1, 10].

Механические повреждения принято делить на две большие группы [2, 10]:

1. Макроповреждения – дробление зерна вдоль и поперёк, его плouщение и обрушивание;
2. Микроповреждения – полностью выбит или частично повреждён зародыш; повреждена оболочка зародыша или около него; повреждён эндосперм; внутренние повреждения (вмятины, ушибы – «синяки»).

Зерна с макроповреждениями по своим физико - механическим свойствам значительно отличаются от целых и поэтому легко отделяются на любых современных зерноочистительных и сортировальных машинах.

Микроповреждения могут быть обнаружены только при тщательном осмотре зерна с помощью лупы 10 - кратного увеличения, определении всхожести, окрашивании зерна и т. д. [10].

В процессе уборки хлебной массы зерноуборочными комбайнами механические повреждения зерна, в наибольшей степени, происходят при обмолоте. Наличие повреждений зависит главным образом от следующих факторов [5, 3, 8]:

- секундной подачи хлебной массы в молотильный аппарат;
- частоты вращения барабана;
- величины молотильного зазора;
- конструктивных особенностей молотильного аппарата (диаметр и длина барабана, тип барабана и подбарабанья, число бичей, угол обхвата барабана подбарабаньями);
- физико - механических свойств зерна (влажности, прочности и т. д.).

В значительной степени на величину потерь и качество зерна в бункере влияют режимы работы воздушно - решётной очистки и технологические регулировки: частота вращения лопастей вентилятора и угол наклона планок жалюзи решётного стана.

С целью повышения качества проведения технологических регулировок очистки зерноуборочных комбайнов предложено устройство для автоматического управления работой очистки, полностью исключая влияние человеческого фактора.

Общий вид предлагаемой схемы приводится на рисунке 1.

Отличие предлагаемой разработки от существующих конструкций заключается, во - первых, в замене механического привода вентилятора на прямой привод от асинхронного электрического привода; во - вторых, в регулировании угла наклона планок верхнего и нижнего решёт посредством сервопривода. Управление частотой вращения крыльчаток вентилятора и углом наклона планок жалюзи осуществляется управляющим контроллером. Обратная связь в системе управления строится на основе применения акустических датчиков потерь зерна за очисткой молотилки. Применение частотного преобразователя в приводе вентилятора позволяет изменять частоту

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

ту вращения вала вентилятора в предлагаемых заводом - изготовителем пределах. При этом на частоту вращения вала вентилятора не влияют режимы двигателя внутреннего сгорания комбайна. Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить как электропривод постоянного тока, так и механические приводы.

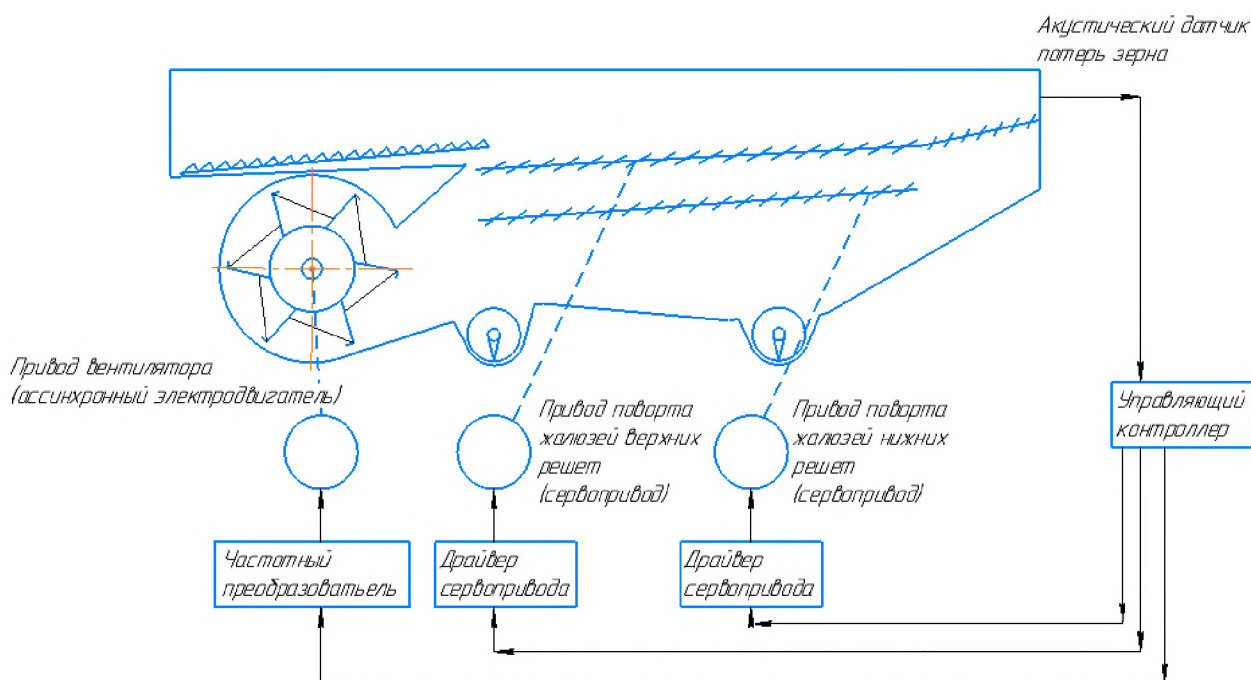


Рисунок 1 – Схема устройства для автоматического управления работой очистки зерноуборочного комбайна

Принцип частотного метода регулирования скорости асинхронного двигателя обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жёсткостью. Регулирование скорости при этом не сопровождается увеличением скольжения асинхронного двигателя, поэтому потери мощности при регулировании невелики. Для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения вала асинхронного электродвигателя преобразователь частоты должен обеспечивать одновременное регулирование частоты и напряжения на статоре асинхронного двигателя. Использование сервопривода для регулирования угла наклона планок жалюзи решётчатого стана позволяет осуществлять регулировку с точностью до $0,1^\circ$.

Алгоритм управления частотой вращения вентилятора и углом наклона планок жалюзийных решёт может быть построен на основе данных, полученных в результате исследований функционирования системы очистки зерноуборочного комбайна с использованием метода экспертных оценок.

Применение предлагаемой конструкторской разработки позволит повысить качество проведения уборочных работ, уменьшить потери зерна за очисткой комбайна, уменьшить количество примесей в бункере комбайна.

Список литературы

1. Деревянко Дмитрий. Влияние травмирования зерна на качество семенного материала / Дмитрий Деревянко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2011. - № 5. - С. 50 - 51.
2. Жалнин Э.В. Классификация потерь зерна и их оценка / Э.В. Жалнин // Сельский механизатор. – 2014. - № 9. - С. 4 - 6.
3. Иовлев Г.А. Обзор испытаний зерноуборочных комбайнов на качество выполнения процесса обмолота зерновых культур / Г.А. Иовлев Г. А., И.И. Голдина / Теория и практика мировой науки. – Екатеринбург: Свердлов. рег. отд. «Международная академия аграрного образования». – 2017. - № 11. – С. 56 - 62.
4. Ломакин С.Г. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учётом условий уборки: статья в журнале / С.Г. Ломакин, В.Е. Бердышев // Вестник РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2016. - № 5 (75). – С. 7 - 12.
5. Министерство сельского хозяйства Иркутской области: - Экономика, 2018 - 2019 / - режим доступа к ресурсу: <http://irkobl.ru/sites/agroline/economy/>.
6. Министерство сельского хозяйства Иркутской области: - Анализ/ Анализ основных показателей сельского хозяйства иркутской области, 2018 - 2019/ - режим доступа к ресурсу: <http://irkobl.ru/sites/agroline/analiz/>.
7. Морозов А.Ф. Пути снижения потерь зерна при уборке урожая / А.Ф. Морозов, А.Н. Пугачев. – М. : Колос. – 1969. – 248 с.
8. Рациональный подход к уборке зерновых культур машинами / Редакция CLAAS. CLAAS // Техника и оборудование для села. – 2015. - № 5. - С. 20 - 22.
9. Федорова, О.А. Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов / О.А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2017. - № 4 (48). - С. 239 - 245.
10. Шейченко В.А. Исследование микроповреждений и макротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами / В.А. Шейченко [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2016. - № 1. - С. 24 - 27.

Reference

1. Derevyanko Dmitriy. Vliyanie travmirovaniya zerna na kachestvo semennogo materiala / Dmitriy Derevyanko // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2011. - № 5. – S. 50 - 51.
2. Zhalnin E.V. Klassifikaciya poter' zerna i ih ocenka / E. V. Zhalnin // Sel'skij mekhanizator. – 2014. - № 9. – S. 4 - 6.
3. Iovlev G.A. Obzor ispytaniy zernouborochnyh kombajnov na kachestvo vypolneniya processa obmolota zernovykh kul'tur / G.A. Iovlev, I.I. Goldina / Teoriya i praktika mirovoj nauki. – Ekaterinburg: Sverd. reg. otd. «Mezhdunarodnaya akademiya agrarnogo obrazovaniya». – 2017. - № 11. – S. 56 - 62.
4. Lomakin S.G. Formirovanie parka zernouborochnyh kombajnov s uchytom uslovij uborki: stat'ya v zhurnale / S.G. Lomakin, V.E. Berdyshev // Vestnik RGAU MSKHA im. K.A. Timiryazeva. – 2016. - № 5 (75). – S. 7 - 12.
5. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Irkutskoj oblasti: - Ekonomika, 2018 - 2019 / - rezhim dostupa k resursu: <http://irkobl.ru/sites/agroline/economy/>.
6. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Irkutskoj oblasti: - Analiz / Analiz osnovnykh pokazatelej sel'skogo hozyajstva irkutskoj oblasti, 2018 - 2019 / - rezhim dostupa k resursu: <http://irkobl.ru/sites/agroline/analiz/>.
7. Morozov A.F. Puti snizheniya poter' zerna pri uborke urozhaya / A.F. Morozov, A.N. Pugachev. – M. : Kolos. – 1969. – 248 s.
8. Racional'nyj podhod k uborke zernovykh kul'tur mashinami / Redakciya CLAAS. CLAAS // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2015. - № 5. – S. 20 - 22.

9. Fedorova, O.A. Faktory, vliyayushchie na pokazateli ispol'zovaniya zernouborochnykh kombajnov / O.A. Fedorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. - № 4 (48). – S. 239 - 245.

10. Shejchenko V.A. Issledovanie mikropovrezhdenij i makrotravmirovaniya zerna pri ego uborke zernouborochnymi kombajnami / V.A. Shejchenko [i dr.] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2016. - № 1. – S. 24 - 27.

Сведения об авторах

Степанов Николай Николаевич – студент 1 курса магистратуры инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

Бричагина Анастасия Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

Степанов Николай Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно - тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

Information about the author

Stepanov Nikolay N. – the 1th year master's degree of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, p. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

Brichagina Anastasia A. – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, p. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

Stepanov Nikolai V. – candidate of technical sciences, fssociate professor of the department of machine and tractor park operation, life safety and professional education of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsky district, Molodezhny Village, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru).

УДК 631.365.036.3

СУШКА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Ц.В. Цэдашиев, М.К. Бураев, Ц.В. Цэдашиев

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

Производительность сушильных агрегатов, в том числе и установок активного вентилирования можно повысить как увеличением количества и геометрических размеров аппаратов, более рационального использования времени их работы (сокращение подготовительно - заключительных операций), так и интенсификацией процесса сушки. Применение этих двух способов повышения производительности как правило приводит к увеличению капитальных или эксплуатационных затрат, так как это связано с дополнительными затратами на увеличение ёмкостей аппаратов, дополнительного расходования топлива, электроэнергии, агента сушки и прочее. Исходя из сказанного, следует стремиться к разработке технологий и применению технологического оборудования, обеспечивающего максимальное сокращение удельных затрат на сушку зернового материала при сохране-

нии в заданных пределах его показателей качества т. е. внимание стоит обращать не только на физико - химические и технологические закономерности, а также на экономические показатели, являющиеся основными для хозяйств.

Ключевые слова: сушка, зерновка, влага, конвекция, интенсивность, испарение.

DRYING OF GRAIN CROPS

Th.V. Tsedashiev, M.K. Buraev, Th.V. Tsedashiev

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The productivity of drying units, including active ventilation units, can be increased both by increasing the number and geometrical dimensions of devices, more rational use of their operation time (reduction of preparatory and final operations), and intensification of the drying process. The use of these two methods of increasing productivity, as a rule, leads to an increase in capital or operating costs, since this is associated with additional costs for increasing the capacities of the apparatus, additional consumption of fuel, electricity, drying agent, etc. Based on the foregoing, one should strive to develop technologies and use technological equipment that ensures the maximum reduction in unit costs for drying grain material while maintaining its quality indicators within the specified limits. Those attentions should be paid not only to physicochemical and technological patterns, but also to economic indicators that are basic for farms.

Key words: drying, weevil, moisture, convection, intensity, evaporation.

Механизм удаления влаги из зерна при конвективной сушке схематично может быть представлен следующим образом (рисунок 1). Вдоль поверхности влажного зерна движется агент сушки с определёнными параметрами (θ_v – температура; P_v – парциальное давление). Теплота от агента сушки конвективным способом передаётся зерну, его поверхность нагревается до температуры θ_z и часть влаги, находящейся у поверхности, испаряется. В результате по объёму зерна создаются перепады влагосодержания и температуры, под действием которых происходит диффузионный процесс переноса влаги к поверхности в зону испарения [2,6,7]. Оторвавшиеся от поверхности зерна молекулы пара диффундируют через пограничный слой и поглощаются агентом сушки. Обязательное условие процесса удаления влаги с поверхности зерна в этом случае – наличие разности между парциальным давлением у его поверхности P_z и в агенте сушки P_v .

Интенсивность сушки зависит от физико - химических свойств материала и движущей силы процесса. Эту зависимость в общем виде выражают линейным уравнением [8, 9].

$$Q = K \cdot C,$$

где Q – плотность потока;

K – кинетический коэффициент, зависящий от физико - механических свойств материала;

C – движущая сила процесса.

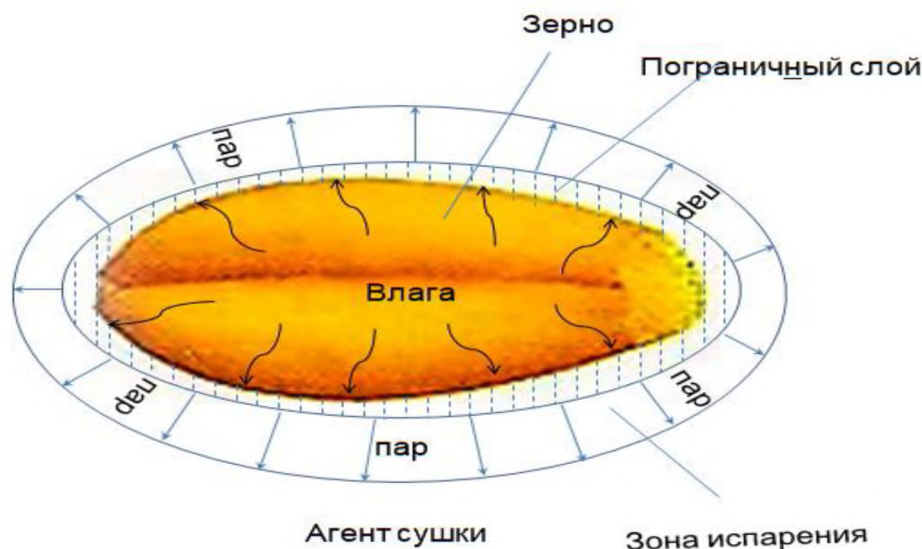


Рисунок 1 – Механизм удаления влаги из зерна при конвективной сушке

Движущей силой переноса вещества (влаги) могут быть градиенты влажностного содержания, температуры, осмотического давления, общего давления внутри тела и др. Процесс сушки можно интенсифицировать за счёт увеличения кинетических коэффициентов K и движущих сил C [1]. Следует учитывать, что эти факторы изменяются в процессе сушки, так как зависят от температуры и влажности тела.

Если в увеличении движущих сил имеются определённые пределы, обусловленные свойствами материалов и их термо- и влагоустойчивостью, то в отношении повышения кинетических коэффициентов имеются значительные неиспользованные резервы [3, 4].

При молекулярной диффузии, согласно закону Фика, количество диффундирующего через слой вещества равно [1]:

$$Q_m = \frac{D \cdot F \cdot C_{\text{сл}} \cdot \tau}{\delta},$$

где D – коэффициент диффузии, зависящий от свойств диффундирующего компонента и среды, а также от температуры и давления;

F – поверхность соприкосновения фаз;

$C_{\text{сл}}$ – движущая сила процесса (изменение концентрации влаги по толщине слоя);

τ – время;

δ – толщина слоя вещества.

Зависимость коэффициента диффузии от температуры и давления в газах видна из соотношения

$$D = D_0 \cdot \frac{P_0}{P} \left[\frac{T}{T_0} \right]^{3/2}$$

где D_0 – коэффициент диффузии при $T_0 = 273^\circ \text{ К}$ и $P_0 = 10^{-5}$ Па.

P_0 – исходное значение водяных паров на поверхности материала, Па;

P – текущее значение водяных паров на поверхности материала, Па;

T_0 – исходное значение температуры, $^\circ\text{К}$;

T – текущее значение температуры, $^\circ\text{К}$.

Из этой формулы видно, что коэффициент диффузии D обратно пропорционален абсолютной температуре в степени $3/2$.

При конвективной диффузии количество вещества переносимого от поверхности раздела фаз в газовую фазу [5], определяется по уравнению:

$$q_m = \beta \cdot F \cdot c_r,$$

где β – коэффициент массоотдачи;

c_r – движущая сила процесса.

Коэффициент массоотдачи зависит от гидродинамических, физических и геометрических факторов и определяется экспериментально при помощи теории подобия:

$$\beta_c = \frac{D \cdot Nu}{L},$$

где $Nu = f(R_e, P_r)$ – критерий Нуссельта;

β_c – коэффициент массоотдачи, м/с;

L – определяющий геометрический размер, м.

Критерий Прандтля

$$Pr = \frac{3600 \cdot \mu}{\rho \cdot D},$$

где μ – вязкость, $\text{Н}^{\text{с}} / \text{м}$;

ρ – плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При небольшом градиенте температуры в пограничном слое в качестве потенциала можно принять его парциальное давление.

При сушке влажных материалов происходят взаимосвязанные процессы тепло- и массообмена между материалом и агентом сушки. Внешний тепло- и массообмен нарушает равновесное состояние поверхности материала и приводит к внутреннему тепло- и массообмену.

Интенсивность внутреннего переноса влаги в процессе сушки описывается также известным уравнением неизотермической теплопроводности [1]:

$$q_m = -a_m \cdot \rho \cdot \nabla u - a_m \cdot \rho \cdot \delta \cdot \nabla \theta,$$

Первый член уравнения характеризует перемещение влаги в материале под влиянием градиента влажности, второй – под влиянием градиента температуры. При обычной конвективной сушке материал прогревается с по-

верхности и градиенты ∇u и $\nabla \Theta$ имеют противоположные знаки, т. е. теплопроводность препятствует удалению влаги из материала. По данным Филоненко Г.К. градиент $\nabla \Theta = 1$ создаёт движение влаги в материале, равноценное перепаду влажности ∇u в 5...8 %.

Кроме того, методы интенсификации можно установить из уравнения кинетики сушки:

$$-\frac{dW^c}{d\tau} = K \cdot W^c - W_p^c,$$

где W^c , W_p^c – текущая и равновесная влажность материала, %;
 K – коэффициент сушки для пластины, c^{-1} .

$$K = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{1 a_m + 4 \pi^2 - R a_{mi}},$$

где a_{mi} – коэффициент внешнего массообмена, м / с;
 a_m – коэффициент внутренней диффузии влаги, м / с;
 R – эквивалентный радиус материала, м.

Из этих уравнений вытекает, что увеличение кинематических коэффициентов a_{mi} и a_m способствует увеличению скорости сушки.

Таким образом, из закономерностей процесса сушки следует, что скорость сушки материала лимитирует внутренний влагоперенос. Поэтому при любых способах интенсификации сушки необходимо добиваться соответствия между интенсивностью испарения влаги с поверхности материала и внутренним влагопереносом.

Список литературы

1. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.О. Уколов – М. : Колос, 1982. – 2 39 с.
2. Ильин, П.И. Сушка семян зерновых культур в условиях мелкотоварного производства / Ильин П.И., Цэдашиев Ц.В., Цэдашиева Л.Н. // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2017. № 24. – С. 48 - 54.
3. Ханхасаев Г.Ф. Аэродинамика рабочей камеры вихревого охладителя зерна / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов, Т. А. Алтухова, Ц.В. Цэдашиев // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – Вып. 5 – С.44 - 47.
4. Ханхасаев Г.Ф. Лабораторная установка вихревого охладителя зерна / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов, Т.А. Алтухова, Ц.В. Цэдашиев // Вестник БГСХА. – 2015. – Вып. 1 – С. 57 - 59.
5. Ханхасаев Г.Ф. Определение коэффициента теплоотдачи зерна при работе вихревого охладителя / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов, Т.А. Алтухова, Ц.В. Цэдашиев // Вестник ИрГСХА. – 2014. - Вып. 63. – С. 91 - 93.
6. Цэдашиев Ц.В. Вихревая сушилка для зернистых материалов / Ц.В. Цэдашиев // Вестник ИрГСХА. – 2017. - Вып. 79 – С. 163 – 167.
7. Цэдашиев Ц.В. Исследование вихревой газовой сушилки / Ц.В. Цэдашиев., Г.Ф. Ханхасаев // Проблемы динамики и прочности современных машин: матер. междунар. научно - практич. конф. // – Улан - Удэ: ВСГУТУ, 2016. – С. 189 - 195.
8. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: Моногра-

фия / М.И. Юдин – Краснодар: КГАУ, 2004. – 239 с.

9. Пахомов, В.И. Параметры процесса сушки зерна с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты колебаний [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Зерноград, 1988. – 220 с.

References

1. Zhidko V.I. et all. Zernosushenie i zernosushilki [Zernosushenie and grain dryers]. Moscow, 1982, 239 p.

2. Ilyin, P.I. Drying of seeds of grain crops in the conditions of small - scale production / Ilyin P.I., Tsedashiev Ts.V., Tsedashieva L.N. // Topical issues of agricultural science. - 2017. No. 24. - P. 48 - 54.

3. Khankhasayev G.F. et all. Aerodinamika rabochei kamera vihrevogo ohladitelya zerna [Aerodynamics of a working chamber of a vortex grain cooler]. Ulan - Ude, 2014, pp. 44 - 47.

4. Khankhasayev G.F. et all. Laboratornaya ustanovka vihrevogo ohladitelya zerna [Laboratory installation of vortex grain cooler]. Ulan - Ude, 2015, pp. 57 - 59.

5. Khankhasayev G.F. et all. Opredelenie koeffitsienta teplootdachi zerna pri rabote vihrevogo ohladitelya [Determination of the coefficient of heat transfer of grain during the operation of the vortex cooler]. Vestnik IrGSHA, 2014, no 63, pp. 91 - 93.

6. Tsedashiev Ts.V. Vihrevaya sushilka dlya zernistykh materialov [Vortex dryer for granular materials]. Vestnik IrGSHA, 2017, no 79, pp. 163 - 167.

7. Tsedashiev Ts.V. Khankhasayev G.F. Issledovanie vihrevoi gazovoi sushilki [Vortex Gas Dryer Study]. Ulan - Ude, 2016, pp. 189 – 195. 7. Yudin M.I. Planirovanie eksperimenta i obrabotka ego rezultatov [Planning an experiment and processing its results]. Krasnodar, 2004, 239 p.

8. Yudin M.I. Planning of the experiment and the results of his treatment: Monograph / M.I. Yudin – Krasnodar: kgau, 2004. – 239 p.

9. Pakhomov, V.I. parameters of the process of grain drying using the energy of the electromagnetic field of ultrahigh frequency oscillation [Text]: dis. kand. tekhn. science: 05.20.01. - Zernograd, 1988. - 220 p.

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, п. Молодёжный, тел. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Бураев Михаил Кондратьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

Цэдашиев Цыбик Владимирович – студент 3 курса инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89148782402, e-mail: tsedashiev@mail.ru).

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. – Doctor of technical sciences, professor of the department "Technical ser-

Секция 3. Технологические процессы производства и переработки сельскохозяйственной продукции

vice and general engineering disciplines". Engineering faculty, Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500904493, e-mail: buraev@mail.ru).

Tsedashiev Tsybik V. – 3 rd year student of the faculty of engineering,. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, settlement Molodezhny, tel. 89148782402, e-mail: tsedashiev@mail.ru).

УДК 631.682

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРАТИВНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ НАВОЗА НА ФРАКЦИИ

Е.А. Булаев, С.В. Речкин, А.П. Сырбаков

ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

В данной статье рассматривается возможность разделения навозных стоков и их очистка в турбошнековом фильтрующем устройстве, встроенном в навозопровод без подвода энергии извне. Охарактеризован процесс фильтрации навозных стоков через неподвижную фильтрующую перегородку, встроенную в навозопровод. Показано, что необходимое условие фильтрования навоза в предложенном устройстве формируется следующим образом: живое сечение осадка и фильтрующей перегородки должно быть больше живого сечения щели между конусом и торцом трубопровода. Рассмотрено уравнение баланса мощности предложенного устройств, скорость фильтрования через пористую перегородку и силы действующие на винтовую поверхность шнека. Обоснована возможность работы устройства без подвода энергии извне.

Ключевые слова: турбошнековое устройство, механическое обезвоживание, энергия напора навоза, фильтрующий элемент, баланс мощности, крутящий момент.

THE ORETICAL JUSTIFICATION OF THE USE OF RECUPERATIVE HYDRAULIC ENERGY IN THE SEPARATION OF MANURE INTO FRACTIONS

E.A. Bulaev, S.V. Rechkin, A.P. Syrbakov

Novosibirsk state agricultural university,
Novosibirsk, Russia

This article discusses the possibility of separating manure runoff and cleaning it in a turbo - screw filtering device built into the manure pipeline without supplying energy from the outside. The process of filtration of manure runoff through a fixed filtering partition built into the manure pipeline is characterized. It is shown that the necessary condition for filtering manure in the proposed device is formed as follows: the free cross - section of the sediment and the filtering partition must be greater than the free cross - section of the gap between the cone and the end of the pipeline. The equation of power balance of the proposed device, the rate of filtration through the porous partition and the forces acting on the screw surface of the screw are considered. The possibility of operation of the device without external energy supply has been substantiated.

Key words: turbo auger device, mechanical dewatering, manure head energy, filter element, power balance, torque.

В настоящее время одним из ключевых вопросов, который требуют разрешения, является использование навозных стоков в качестве удобрений. Существующие технологии переработки навозных стоков крупных комплексов неэффективны, дорогостоящи и энергоемки [1, 5].

Поиск использования эффективных, ресурсосбережения технологий и устройств при переработке навозных стоков и использование их напора при неоднократном перекачивании являются актуальной задачей.

Одним из перспективных направлений энерго- ресурсосбережения при переработке навозных стоков, это использование их напора при неоднократном перекачивании [9, 10].

Испытание макета предложенного устройства в производственных условиях подтвердили правоту выдвинутой гипотезы и теоретических выкладок и показали принципиальную возможность разделения с его помощью навозных стоков. Один из наиболее энергоёмких процессов в животноводстве – переработка жидкого навоза и навозных стоков, это в значительной мере обусловлено наличием повторяющихся операций в технологических линиях, при выполнении которых большая часть энергии идёт на увеличение внутренней энергии самого навоза (например, многократное перекачивание стоков по трубопроводам). После завершения этих операций энергия полностью безвозвратно рассеивается в окружающую среду [4, 7].

В то же время данную энергию можно использовать на выполнение наиболее энергоёмкой операции при переработке навоза: разделение его на фракции. При этом как показывают исследования, можно не только снизить энергоёмкость процесса, но и существенно упростить технологию. Выявленные закономерности развития устройств для разделения навоза на фракции за счёт его напора показали, что наиболее перспективны устройства с активным рабочим органом для съёма осадка с внутренней поверхности фильтрующего элемента и транспортирования его к выходу.

В фильтровальной перегородке в процессе разделения навоза по обеим её сторонам создаётся разное давление, вследствие чего через поры фильтровальной перегородки проходит жидкая фракция (фильтрат), а твёрдые частицы задерживаются за этой перегородкой [7].

В начале фильтрования всегда наблюдается мутность фильтрата, что объясняется прохождением твёрдых частиц через поры фильтровальной перегородки. Фильтрат становится прозрачным, когда перегородка приобретает достаточно задерживающую способность. Это достигается либо за счёт уменьшения эффективного сечения пор (фильтрование с закупориванием пор), либо вследствие образования сводиков над входами в поры (фильтрование с образованием осадка).

Процесс фильтрования с образованием осадка на практике встречается чаще, чем фильтрование с закупориванием пор и вероятнее всего является преобладающим в предлагаемом устройстве.

Скорость фильтрования через пористую перегородку, как известно [1, 2], определяется разностью давления, вязкостью фильтрата и общим сопротивлением осадка и фильтровальной перегородки:

$$W = \frac{\Delta P}{\mu(r_0 \cdot h_{oc} + R_{фп})^2} \quad (1)$$

где ΔP – разность давления на поверхности фильтровальной перегородки, соприкасающейся с воздухом, и поверхности осадка, Па;
 μ – вязкость фильтра, Н с м⁻²;
 r_0 – удельное объёмное сопротивление осадка, м⁻²;
 h_{oc} – толщина слоя осадка, м;
 $R_{ФП}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹.

$$\Delta R = P_{oc} + P_{ФП} \quad (2)$$

где P_{oc} – сопротивление слоя осадка, м⁻¹;
 $R_{ФП}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹.

Поскольку скорость фильтрации обратно пропорциональна толщине слоя осадка и прямо пропорциональна ему же через падения давления ΔP , то эта величина будет определять эффективность и производительность разделения стоков. Поэтому для обеспечения нормальной работы предлагаемого устройства необходим постоянный съём осадка с фильтровальной перегородки и его продвижения к выходу. Это обеспечивается за счёт вращения шнека с использованием энергии напора навоза [3].

Известно, что достаточно широкое распространение имеют шнековые насосы для перекачивания жидкостей. А поскольку насос и турбина, обратимые машины, будем рассматривать шнек одновременно как гидравлическую турбину и транспортное устройство [8].

Уравнение баланса мощности предложенного устройства в этом случае будет иметь вид:

$$N_1 + N_2 > N_3 + N_4, \quad (3)$$

где N_1 – мощность турбины;
 N_2 – мощность шнека, работающего в режиме турбины;
 N_3 – мощность на преодоление трения в подшипниках шнека;
 N_4 – мощность на перемещение слоя густой фракции навоза, осаждающейся на фильтрующей перегородке

Мощность гидротурбины определяется по следующей зависимости [2],

$$N_1 = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (4)$$

где γ – расход жидкости, м³ / с;
 Q – плотность стоков, кг / м³;
 H – рабочий напор, Па;
 η – КПД турбины.

Для определения мощности шнека определим крутящий момент на его валу от давления навозной массы. Рассмотрим силы, действующие на винтовую поверхность шнека. Известно, что на бесконечно малую поверхность dF

винтовой поверхности (рисунок 1), ограниченную в плане бесконечно близкими радиусами ρ_u ($\rho + dp$) и бесконечно малым центральным углом $d\varphi$, находящуюся под давлением H , действует элементарная сила $dF = H \cdot dF$.

Эта сила направлена по нормали к площадке dF . Если разложить эту силу на осевую, радиальную и тангенциальную составляющие, то станет ясно, что крутящий момент создаётся только тангенциальной составляющей dp_t , равной произведению давления H на проекцию элементарной площадки dF в тангенциальном направлении: $dp_t = H \cdot dF_t$. Крутящий момент: $dM = \rho \cdot dP_t = \rho \cdot H \cdot dF_t$. Так как отношение dF_t / dF_z равно тангенсу угла подъёма винтовой поверхности шнека, который равен в свою очередь $\operatorname{tg}\gamma = h / 2\pi\rho$ (где h – шаг винта), то $dF_t = (h / 2\pi\rho) \cdot dF_z$.

Тогда $dM = (h / 2\pi\rho) \cdot P_z$. Интегрируя это выражение, получим: $M = (h / 2\pi\rho) \cdot P_z$. Поскольку $dP_z = H \cdot dF_z$, то $P_z = H \cdot F_z$, где F_z – площадь проекции винтовой поверхности в осевом направлении

$$F_z = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \frac{L}{h}, \quad (5)$$

где D – наружный диаметр шнека, м;

d – диаметр вала шнека, м;

L – длина шнека.

Следовательно

$$M = \frac{H \cdot L (D^2 - d^2)}{8} \quad (6)$$

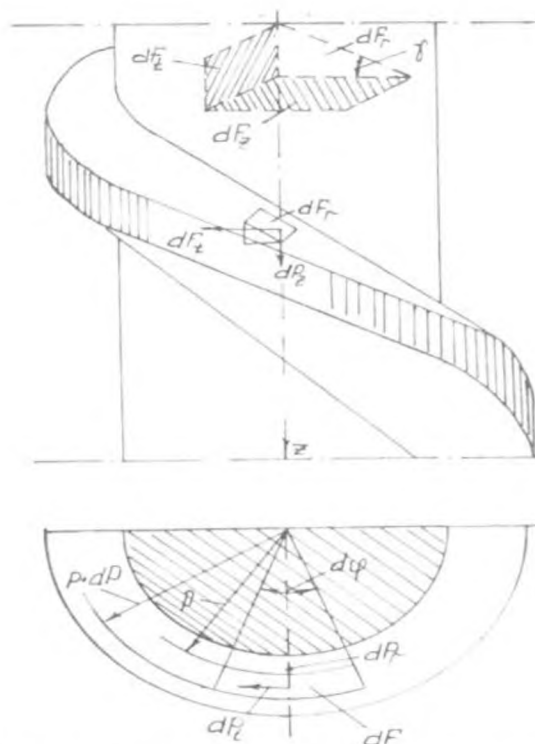


Рисунок 1 – Силы, действующие на винтовую поверхность шнека

Мощность на валу шнека за счёт давления навозной массы определится следующей зависимостью:

$$N_2 = \frac{H \cdot L \cdot \omega (D^2 - d^2)}{8}, \quad (7)$$

где ω – угловая скорость шнека, с^{-1} .

Мощность на перемещение густой фракции навоза (6):

$$N_3 = c_0 \frac{Q \cdot L}{\left(\frac{l+l}{x_0}\right) \cdot 360}, \quad (8)$$

где c_0 – коэффициент сопротивления, определяемый эмпирическим путём,

$$x_0 = c_0 \frac{V_{oc}}{V},$$

где V_{oc} – объём осадка, м^3 ;

V – объём фильтрата, м^3 .

Ввиду незначительных затрат энергии на преодоление трения в подшипниках их величиной пренебрегаем.

Окончательное уравнение баланса мощности будет выглядеть следующим образом:

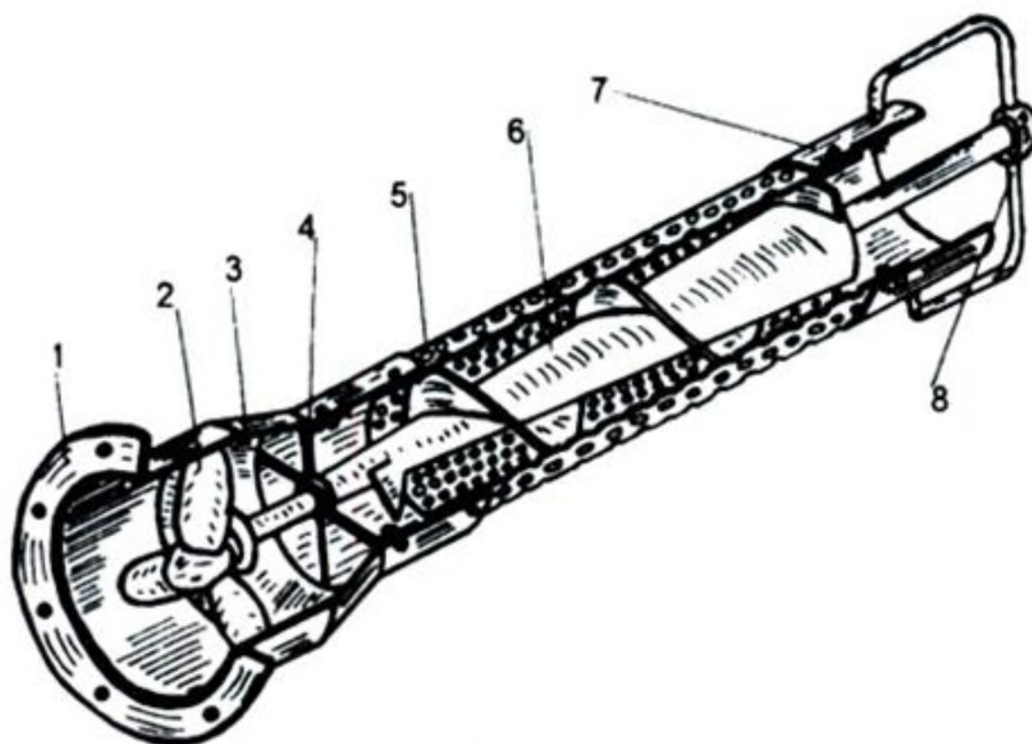
$$\frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102} \cdot \eta + \frac{H \cdot L \cdot \omega \cdot (D^2 - d^2)}{8} > c_0 \frac{Q \cdot L}{\left(\frac{l+l}{x_0}\right) \cdot 360} \quad (9)$$

При соблюдении этого неравенства будет обеспечено вращение шнека, с помощью которого очищается поверхность фильтрующей перегородки и транспортируется осадок.

Предварительный анализ и экспериментальные исследования подтвердили принципиальную возможность разделения жидкого навоза на фракции за счёт его напора и показали, что в предлагаемой конструкции разделителя, шнек - турбина совмещает функции первичного двигателя для привода самого себя как транспортирующего органа и приводится в движение за счёт напора навоза без подвода энергии извне [7].

Экспериментальные исследования с целью получения достаточно объективных результатов проводились на реальных стоках очистных сооружений разработанной установке (рисунок 2). Установка включает в себя впускной трубопровод 3 для подачи жидкого навоза, сменный фильтрующий элемент 5, выпускной трубопровод 7. Внутри участка входного трубопровода 3, перед фильтрующим элементом 5 установлена осевая турбина 2, которая жёстко связана с размещённым внутри фильтрующего элемента по всей его длине шнеком - турбиной 6. Вал шнека - турбины 6 выполнен в виде конуса. [4].

Жидкий навоз насосом подаётся по трубопроводу в разделитель. При этом в нём создаётся напор, за счёт которого происходит вращение осевой турбины 2 и через фильтрующий элемент 5 происходит выделение жидкой фракции (фильтрата). Так как осевая турбина жёстко связана с валом шнека - турбины 6, то происходит и их синхронное вращение. Дополнительный крутящий момент на валу шнека - турбины появляется также за счёт напора навоза на его витках. При вращении шнека происходит съём слоя осадка навоза с фильтрующего элемента 5 и его продвижение к выходу из разделителя.



1 – соединительный фланец; 2 – осевая турбина; 3 – впускной трубопровод; 4 – крестовина с подшипником; 5 – фильтрующий элемент; 6 – шнек - турбина; 7 – выпускной трубопровод; 8 – крестовина подшипника.

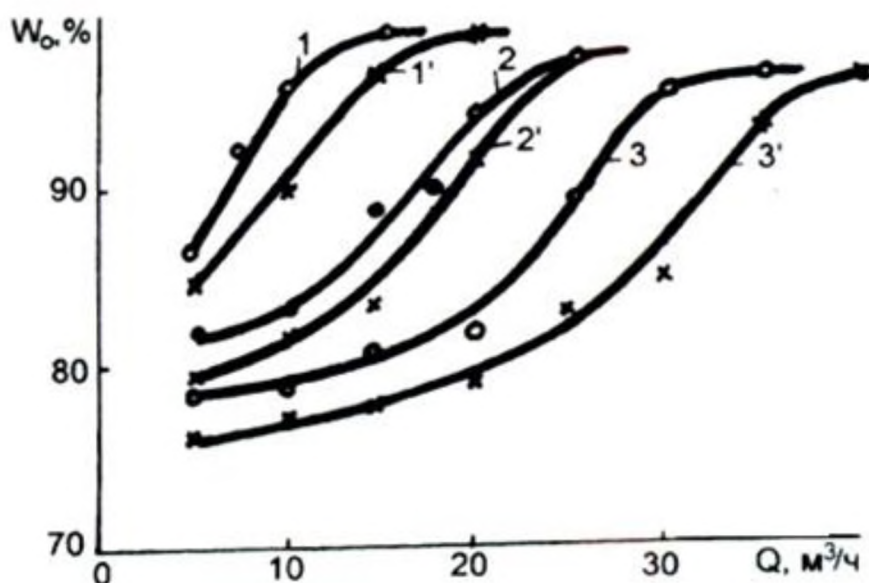
Рисунок 2 – Разделитель навоза с конусным шнеком - турбиной

Исследования проводились на фильтрующих элементах с круглыми отверстиями (диаметром 1,5 и 3,5 мм) и с отверстиями ячеистого типа (размером 1 x 20 мм, 2 x 20 мм и 4 x 25 мм). Число отверстий на фильтрующем элементе с диаметром 3,5 мм равнялась, а с отверстиями ячеистого типа размером 2 x 20 мм. Зазор между витками шнека - турбины и внутренней поверхностью фильтрующего элемента изменялся в пределах 2 - 10 мм с интервалом в 2 мм. Регулировка зазора осуществлялась с помощью прокладок различной толщины, устанавливаемых под фильтрующим элементом 5. С помощью фланцевого соединения установка соединялась с напорным трубопроводом. Расход суспензии в процессе проведения экспериментов регулировался шиберной задвижкой, установленной в напорном трубопроводе и

изменялся от 0 до $70 \text{ м}^3 / \text{ч}$, что соответствует реальным производственным условиям.

В процессе исследований контролировались следующие параметры: расход стоков, подаваемых на разделение; частота вращения шнека - турбины; давление на входе в фильтрующее устройство и на выходе из него; выход осадков и фильтрата; влажность исходных стоков, осадка и фильтрата. Фиксировались также: частота вращения шнека - турбины и давление навозной массы на входе в фильтрующий элемент и выходе из него.

Эксперименты показали (рисунок 3), что на фильтрующих элементах с круглыми отверстиями диаметром 1,5 мм и отверстиями ячеистого типа размером $1 \times 20 \text{ мм}$ независимо от зазора между внутренней поверхностью фильтрующего элемента и витками шнека - турбины разделения суспензии не происходит. При этом до производительности $30 \text{ м}^3 / \text{ч}$ вся масса проходит через разделитель и фильтрования суспензии через фильтрующий элемент не происходит.



1, 2, 3 – разделение на решетках с круглыми отверстиями 3,5 мм; 1', 2', 3' – на решетках с ячеистыми отверстиями размером $2 \times 20 \text{ мм}$.

Рисунок 3 – Зависимость влажности густой фракции навоза от подачи разделителя при исходной влажности суспензии $W_c = 99 \%$ (1,1'); 98% (2,2') и 96% (3,3')

С ростом производительности выше $30 \text{ м}^3 / \text{ч}$ увеличивается давление внутри фильтрующего элемента и по достижению его значения $0,25 \text{ МПа}$, происходит разрушение слоя осадка на внутренней поверхности фильтрующего элемента, после чего весь объем суспензии проходит через фильтрующий элемент.

На фильтрующем элементе с отверстиями ячеистого типа размером 4×25 вся масса суспензии, независимо от её расхода, проходит через фильтрующий элемент и независимо от зазора между внутренней поверхностью

фильтрующего элемента и витками шнека - турбины, разделение суспензии не происходит.

Значительно эффективнее процесс разделения жидкого навоза и навозных стоков происходит на фильтрующих элементах с круглыми отверстиями диаметром 3,5 мм и отверстиями ячеистого типа размером 2 x 20 мм при зазоре между фильтрующим элементом и витками шнека - турбины равном 8 мм. При этом, чем ниже влажность исходного навоза, тем выше и стабильнее эффективность разделения при различной подаче. В частности, эффективность разделения навоза влажностью 96 % на фильтрующем элементе с размером отверстий 3,5 мм при производительности 5 - 20 м³ / ч составляет около 75 %, при 30 м³ / ч составляет около 65 %. С отверстиями ячеистого типа размером 2 x 20 мм при производительности 5 - 15 м³ / ч составляет около 60 %, при производительности 35 м³ / ч - около 50 %. При повышении влажности исходного навоза до 99 % эффективность разделения снижается. При этом, чем ниже влажность исходного навоза, тем выше и стабильнее эффективность. Например, при влажности исходного навоза 98 % эффективность разделения на этих же фильтрующих элементах при подаче 5...10 м³ / ч составляет 40...45 %, при влажности 99 % - 25...30 % [3].

Таким образом, теоретически и экспериментально обоснована возможность разделения навоза влажностью 96...99 % с помощью устройства работающего за счёт энергии напора навозной массы.

Список литературы

1. Бондаренко А.М. Теоретические исследования процесса разделения навоза многофункциональной установкой / А.М. Бондаренко, Б.Н. Строгий, В.Ф. Яламов, Б.Н. Строгий // Вестник аграрной науки Дона. 2008. – № 3. – С. 4 - 7.
2. Жупенков В.А. Фильтрация: теория и практика разделения суспензий / В.А. Жупенков – М. : Химия, 1980. – 40 с.
3. Коваленко А.В. Обоснование процесса и технического средства фракционирования бесподстилочного свиного навоза Текст. / А.В. Коваленко, А.М. Бондаренко // КГАУ – Краснодар. 2000. – 208 с.
4. Ожигов В.П. Обоснование параметров рекуперативного разделителя навоза / В.П. Ожигов, Е.А. Булаев // Техника в сельском хозяйстве. - 1997. – № 1. – С. 12 - 15.
5. Ожигов В.П. Очерки теории инженерно-биологических систем (на примере животноводства) / Новосиб. гос. аграр. ун - т, ин - т мех. сел. хоз - ва. – Новосибирск, 1996. – 202 с.
6. Ожигов В.П. Закономерности развития устройств для разделения навоза на фракции за счет его напора / В.П. Ожигов, Е.А. Булаев // Техника в сел. хоз - ве – 1996. – № 4.
7. Патент 1687153 (РФ) Устройство для разделения навоза на фракции при транспортировании / В.П. Ожигов, Е.А. Булаев – заявлено 7.02.1989, № 4647592/15; Оpubл. в Б.И., 1991 №40. М. кл. А 01 1/00.
8. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы (движение жидкости с расходом вдоль пути) / Г.А. Петров // Харьков, изд - во Харьков ГУ, 1964. – 224 с.
9. Рекомендации по системам удаления, транспортирования, хранения и подготовки к использованию навоза для различных производственных и природно-климатических условий / Министерство сельского хозяйства РФ. М.: Росинформагротех, 2005. – 180 с.
10. Скорб, И.И. Совершенствование процесса уборки навоза при использовании гидравлических систем / И.И. Скорб. – Минск: БГАТУ, 2020. – 128 с.

References

1. Bondarenko A.M. Theoretical studies of the process of separating manure with a multi-functional installation / A.M. Bondarenko, B.N. Strict, V.F. Yalamov, B.N. Strict // Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2008. – No. 3. – S. 4 - 7.
2. Zhupenkov V.A. Filtration: Theory and practice of suspension separation / V.A. Zhupenkov – М. : Chemistry, 1980. – 40 p.
3. Kovalenko A.V. Justification of the process and technical means of fractionation of litterless pig manure Text. / A.V. Kovalenko, A.M. Bondarenko // KGAU – Krasnodar. 2000. – 208 p.
4. Ozhigov V.P. Justification of the parameters of the recuperative manure separator / V.P. Ozhigov, E.A. Bulaev // Technics in agriculture. - 1997. – No 1. – С. 12 – 15.
5. Ozhigov V.P. Essays on the theory of engineering biological systems (on the example of animal husbandry) / Novosib. state agrarian. un - t, institute of fur. sat down. households. - Novosibirsk, 1996. – 202 p.
6. Ozhigov V.P. Regularities in the development of devices for dividing manure into fractions due to its pressure / V.P. Ozhigov, E.A. Bulaev // Equipment in the village. Household – 1996. – No 4.
7. Patent 1687153 (RF) Device for dividing manure into fractions during transportation / V.P. Ozhigov, E.A. Bulaev - declared 02/07/1989, No. 4647592/15; Publ. in BI, 1991 No 40. M. class. A 01 1/00.
8. Petrov G.A. Hydraulics of variable mass (movement of fluid with flow rate along the path) / G.A. Petrov // Kharkov, publishing house Kharkov GU, 1964. – 224 p.
9. Recommendations on systems for removal, transportation, storage and preparation for use of manure for various industrial and climatic conditions / Ministry of Agriculture of the Russian Federation. М. : Rosinformagroteh, 2005. – 180 p.
10. Skorb I.I. Improving the process of cleaning manure when using hydraulic systems / И Skorb. – Minsk: BGATU, 2020. – 128 p.

Сведения об авторах

Булаев Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и тракторы. Новосибирский государственный аграрный университет (630039, Россия, г. Новосибирск, тел. 89293826216, e-mail: evgenii-bulaev@mail.ru).

Сырбаков Андрей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и тракторы инженерного факультета, Новосибирский государственный аграрный университет (630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Никитина 147, тел. 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Речкин Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторов инженерного института НГАУ. 630039, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160, тел. 89139851701, e-mail: sto.111@mail.ru.

Information about authors

Bulaev Evgeniy A. – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of automobiles and tractors. Novosibirsk state agricultural university (630039, Russia, Novosibirsk, tel. 89293826216, e-mail: evgenii-bulaev@mail.ru).

Syrbakov Andrey P. – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of cars and tractors, faculty of engineering, Novosibirsk state agricultural university (630039, Russia, Novosibirsk, Nikitina str. 147, tel. 89039335581, e-mail: sirbakovap@yandex.ru).

Rechkin Sergey V. – senior lecturer of the department of automobiles and tractors of the engineering institute of NGAU. 630039, Novosibirsk region, Novosibirsk, Dobrolyubova str., 160, tel. 89139851701, e-mail: sto.111@mail.ru.

УДК 621.365.46:635.64:664.8.047:355

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУШЁНЫХ ТОМАТОВ

И.В. Алтухов, С.М. Быкова, В.А. Федотов, В.Д. Очиров

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В статье проведён обзор и анализ работ в области исследования и разработки технологий сушки томатного сырья для получения продуктов функционального назначения. При сушке томатов применяют различные методы и способы теплового воздействия, такие как, инфракрасная сушка, сверхвысокочастотная сушка, гелио сушка, конвективная сушка, конвективно - вакуум - импульсная сушка и т. д. Изучение работ показало, что широкое применение в настоящее время получил инфракрасный способ сушки томатов. Предложена и представлена структурная схема получения сушёных томатов, которая включающая в себя транспортировку, приёмку, хранение, мойку и ополаскивание, инспектирование и сортировку, резку томатов, сушку, сортировку, помол и упаковку. Сушка нарезанных на четвертинки, половинки или кружочки плодов томатов реализуется на экспериментальной инфракрасной сушильной установке, разработанной на кафедре энергообеспечения и теплотехники, и сушильном шкафу «Универсал - СД - 4». Измельчение сушёных томатов в порошок проводится на лабораторной центробежной мельнице. По результатам исследований установлено, что полученные сушёные томаты и порошок из томатов обладают высокой пищевой ценностью и могут быть использованы в качестве добавки при приготовлении кулинарных и кондитерских изделий.

Ключевые слова: томаты, технология, сушка, инфракрасное излучение, продукты функционального назначения.

TECHNOLOGY FOR PRODUCING DRIED TOMATOES

I.V. Altukhov, S.M. Bykova, V.A. Fedotov, V.D. Ochirov

Irkutsk state agricultural university named after A. A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article provides a review and analysis of work in the field of research and development of technologies for drying tomato raw materials to obtain functional products. When drying tomatoes, various methods and methods of heat exposure are used, such as infrared drying, microwave drying, helio drying, convective drying, convective - vacuum - impulse drying, etc. The study of the work has shown that the infrared method of drying tomatoes is now widely used. A structural scheme for obtaining dried tomatoes has been proposed and presented, which includes transportation, acceptance, storage, washing and rinsing, inspection and sorting, cutting tomatoes, drying, sorting, grinding and packaging. Drying of tomato fruits cut into quarters, halves or circles is carried out on an experimental infrared drying unit, developed at the Department of Power Supply and Heat Engineering, and a drying cabinet «Universal - SD - 4». Grinding dried tomatoes into powder is carried out in a laboratory centrifugal mill. According to the research results, it was found that the obtained dried tomatoes and tomato powder have a high nutritional value and can be used as an additive in the preparation of culinary and confectionery products.

Kew words: tomatoes, technology, drying, infrared radiation, functional product.

Томат, является ведущей овощной культурой, ценность которого определяется в содержании в плодах витамина С, каротина, пигментов, пектинов, ликопина, определяющих их питательные, диетические и лечебные свойства [13]. Однако существует проблема круглогодичного сохранения томатов с исходными питательными и вкусовыми свойствами. В настоящее время одним из выходов из сложившейся ситуации стала переработка томатного сырья, в том числе сушка томатного сырья для получения пищевого концентрата. В исследованиях по переработке томатов особого внимания заслуживают работы Гаджиевой А.М., Касьянова Г.И. и Мурадова М.С. направленные на комплексную переработку томатного сырья [3 - 11].

Работы в области исследования и разработки технологий сушки томатного сырья для получения продуктов функционального назначения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Работы, посвященные сушке томатного сырья

Разработчик	Название технологии и применяемый способ сушки томатного сырья	Источник
Алексамян И.Ю. и др.	<i>Сушка томатов.</i> Сушка нарезанных на дольки томатов двухсторонним ИК - облучением при атмосферном давлении	[17]
ДГТУ (г. Махачкала), КубГТУ (г. Краснодар)	<i>Переработка томатного сырья.</i> Сушка половинок, четвертинок и ломтиков томатов с использованием ЭМП НЧ, гелиосушки, CO ₂ - экстракции, сушки в ЭМП ВЧ в среде азота и ультразвуковой обработки. <i>Производство томатного порошка.</i> Распылительная сушка дроблённых и протёрто - концентрированных плодов томатов в среде азота	[3, 7, 11]
Институт пищевых технологий (г. Кишинев)	<i>Сушка томатов.</i> Конвективная сушка резаных на четвертинки томатов	[24]
Калманович С.А. и др.	<i>Переработка семян томатов и томатных выжимок.</i> Сушка семян томатов и томатных выжимок в специальных сушильных аппаратах	[14]
Мичуринский ГАУ (г. Мичуринск)	<i>Получение томатного порошка для приготовления заварных пряников.</i> Конвективно - вакуум - импульсная сушка	[18]
Пенто В.Б., Квасенков О.И. и др.	<i>Производство пищевого продукта из томатов.</i> Конвективная сушка и СВЧ - сушка нарезанных плодов томатов	[15, 16, 19]
СибНИИП Россельхозакадемии (Новосибирская область, р.п. Краснообск)	<i>Получение пищевого порошка из томатов.</i> Сушка измельчённых томатов ИК - излучением	[2, 20, 21]
ЮУрГАУ (г. Челябинск)	<i>Сушка томатов.</i> ИК - сушка томатов с применением плёночных электронагревателей	[1, 22]

В 2016 году Минздрав России утвердил рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Согласно рекомендациям человеку для нормальной жизнедеятельности в год необходимо потреблять 140 кг овощей, в том числе 10 кг томатов [23].

Сведения из таблицы 1 показывают, что в настоящее время при переработке томатного сырья широко используется ИК - сушка. В наших исследованиях также активно применяется данный способ тепловой обработки при сушке плодов томатов. На рисунке 1 представлена структурная схема переработки плодов томатов с использованием ИК - излучения.

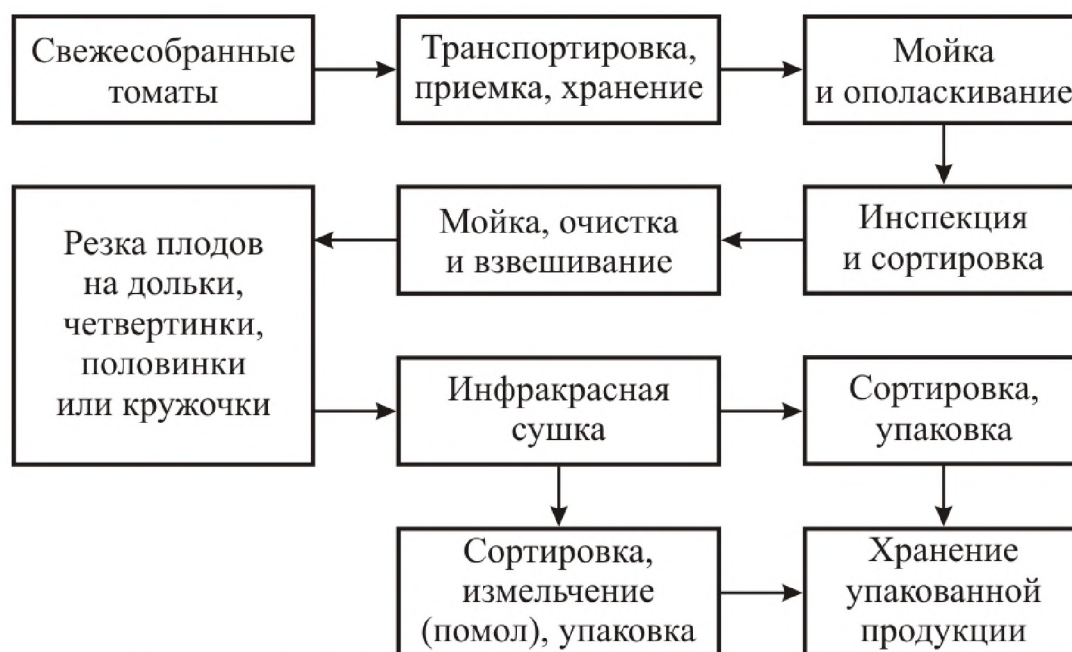


Рисунок 1 – Структурная схема получения сушеных томатов

Сушка нарезанных плодов томатов реализуется на ИК - установке [12] и сушильном шкафу «Универсал - СД - 4». Измельчение сушёных томатов в порошок проводится на лабораторной центробежной мельнице. Общий вид сушёных томатов и порошка из томатов представлен на рисунке 2.

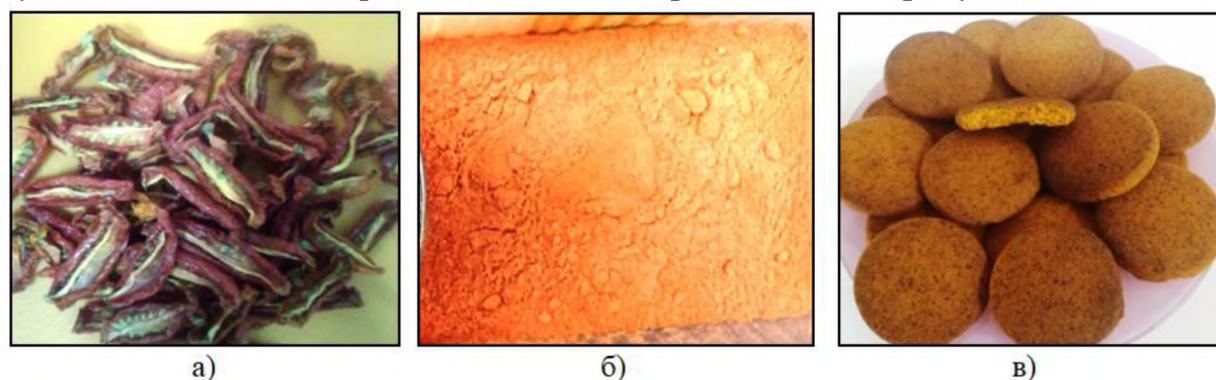


Рисунок 2 – Общий вид сушеных томатов (а), порошка из томатов (б) и печенья с добавлением порошка из томатов (в)

По результатам исследований установлено, что полученные сушёные томаты обладают высокой пищевой ценностью, а пищевой порошок из томатов может быть использован в качестве добавки при приготовлении кулинарных и кондитерских изделий (рисунок 2, в). При продолжительном хранении (более 6 месяцев) с соблюдением необходимых требований в сушёных томатах не происходит существенных изменений по цвету, запаху и вкусу.

Список литературы

1. Афонькина В.А. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК - сушки томатов с установкой сроков хранения / В.А. Афонькина, В.М. Попов, В.Н. Левинский // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4. – С. 174 - 180.
2. Волончук С.К. Получение порошка функционального назначения из томатов / С.К. Волончук, Л.П. Шорникова, О.И. Ломовский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 72 - 74.
3. Гаджиева А.М. Разработка и научное обоснование инновационных технологий комплексной переработки томатного сырья / А.М. Гаджиева, М.С. Мурадов, Г.И. Касьянов // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2014. – № 5. – С. 1 - 20.
4. Гаджиева А.М. Совершенствование технологии получения томатного масла / А.М. Гаджиева // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 1. – С. 399 - 409.
5. Гаджиева А.М. Технология получения жирного масла из семян томата и изучение его биохимических характеристик / А.М. Гаджиева, Ю.М. Султанов, Г.А. Рабаданов, М.М. Магомедова, Н.М. Алимова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2018. – Т. 12. – № 3. – С. 30 - 37.
6. Гаджиева А.М. Технология получения сухих и вяленых томатов, сухих томатных порошков / А.М. Гаджиева, М.С. Мурадов, Г.И. Касьянов, Е.Г. Кубенко, О.И. Квасенков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 8. – С. 21 - 24.
7. Гаджиева А.М. Технологии комплексной переработки томатов с использованием различных способов сушки / А.М. Гаджиева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 1. – С. 42 - 45.
8. Гаджиева А.М. Эффективная технология комплексной переработки томатов / А.М. Гаджиева, Г.И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2013. – № 1 (331). – С. 76 - 79.
9. Гаджиева А.М. Эффективный способ производства концентрированных томатопродуктов / А.М. Гаджиева, М.С. Мурадов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 2 (17). – С. 141 - 146.
10. Гаджиева А.М. Эффективный способ производства томатного сока / А.М. Гаджиева // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 1 (16). – С. 144 - 151.
11. Остриков А.Н. Комплексная технология переработки томатного сырья / А.Н. Остриков, А.М. Гаджиева, Г.И. Касьянов // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 1. – С. 12 - 17.
12. Очиров В.Д. Экспериментальная ИК - установка для сушки плодов и овощей / В.Д. Очиров, В.А. Федотов, И.В. Алтухов // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81 - 2. – С. 90 - 96.
13. Павлов Л.В. Купажированный томатный сок (технические условия) / Л.В. Павлов, И.Ю. Кондратьева, О.Т. Параскова, Т.А. Санникова, В.А. Мачулкина, Н.И. Антипенко // Овощи России. – 2011. – № 4 (13). – С. 36 - 37.
14. Пат. 2130049 Российская Федерация, С1 МПК С11В. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок / Калманович С.А., Мартовщук В.И., Вершинина О.Л.,

Шаззо Р.И., Мартовщук Е.В., Корнен Н.Н.; патентообладатель Калманович С.А. 97108301/13; заявл. 20.05.1997, опубл. 10.05.1999. – 5 с.

15. Пат. 2286067 Российская Федерация, С1 МПК А23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Гуревич А.В., Пенто В.Б., Королев А.А.; патентообладатель Гуревич А.В. 2005135706/13, заявл. 17.11.2005, опубл. 27.10.2006, Бюл. 30. – 4 с.

16. Пат. 2399309 Российская Федерация, С1 МПК А23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Пенто В.Б., Квасенков О.И., Рейзиг Р.; патентообладатель Квасенков О.И. 2009138533/13, заявл. 21.10.2009, опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26. – 4 с.

17. Пат. 2423863 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ сушки томатов / Алексанян И.Ю., Васильева Т.Г., Дяченко Э.П., Максименко Ю.А., Ермолаев В.В.; патентообладатели: Алексанян И.Ю., Дяченко Э.П., Максименко Ю.А., Ермолаев В.В. 2010108565/13, заявл. 09.03.2010, опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 6 с.

18. Пат. 2494624 Российская Федерация, С1 МПК А21D. Способ приготовления заварных пряников с томатным порошком из мелкоплодных яблок / Потапова А.А., Акишин Д.В., Перфилова О.В., Елисеева Л.Г.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Мичуринский ГАУ. 2012103424/13, заявл. 01.02.2012, опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 8 с.

19. Пат. 2500193 Российская Федерация, С1 МПК А23L. Способ производства пищевого продукта из томатов / Квасенков О.И.; патентообладатель Квасенков О.И. 2012136338/13, заявл. 27.08.2012, опубл. 10.12.2013, Бюл. 13. – 3 с.

20. Пат. 2524069 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ получения пищевых порошков из томатов и свеклы / Волончук С.К., Шорникова Л.П., Ломовский О.И., Сапожников А.И.; патентообладатель ГНУ СибНИИП. 2012153456/13; заявл. 11.12.2012, опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. 4 с.

21. Пат. 2569829 Российская Федерация, С1 МПК А23В. Способ получения смеси пищевых порошков из томатов, моркови и сельдерея / Волончук С.К., Ломовский О.И., Ломовский И.О.; патентообладатель ГНУ СибНИИП Россельхозакадемии. 2014123939/13; заявл. 10.06.2014, опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. 4 с.

22. Попов В.М. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК - сушки томатов по содержанию аскорбиновой кислоты / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский // Международный научно - исследовательский журнал. – 2017. – № 9 - 3 (63). – С. 58 - 62.

23. Приказ Минздрава России от 19.08.2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

24. Чернышев С.В. Исследование эндоизотермической сушки томатов / С.В. Чернышев // Вестник ТГТУ. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 636 - 637.

References

1. Afonkina V.A. Results of research of qualitative indicators of the process of IR-drying of tomatoes with setting shelf life / V.A. Afonkina, V.M. Popov, V.N. Levinsky // Bulletin of KrasGAU. – 2018. – № 4. – P. 174 - 180.

2. Volonchuk S.K. Obtaining a functional purpose powder from tomatoes / S.K. Volonchuk, L.P. Shornikova, O.I. Lomovsky // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2013. – № 4. – P. 72 - 74.

3. Gadzhieva A.M. Development and scientific substantiation of innovative technologies for complex processing of tomato raw materials / A.M. Gadzhieva, M.S. Muradov, G.I. Kasyanov // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2014. – № 5. – P. 1 - 20.

4. Gadzhieva A.M. Improving the technology of obtaining tomato oil / A.M. Gadzhieva // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2019. – № 1. – P. 399 - 409.

5. Gadzhieva A.M. Technology of obtaining fatty oil from tomato seeds and the study of its biochemical characteristics / A.M. Gadzhieva, Yu.M. Sultanov, G.A. Rabadanov, M.M. Magomedova, N.M. Alivova // *Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences.* – 2018. – Т. 12. – № 3. – P. 30 - 37.
6. Gadzhieva A.M. Technology of obtaining dry and dried tomatoes, dry tomato powders / A.M. Gadzhieva, M.S. Muradov, G.I. Kasyanov, E.G. Kubenko, O.I. Kvasenkov // *Storage and processing of agricultural raw materials.* – 2015. – № 8. – P. 21 - 24.
7. Gadzhieva A.M. Technologies of complex processing of tomatoes with the use of various methods of drying / A.M. Gadzhieva // *Izvestiya vuzov. Food technology.* – 2015. – № 1. – P. 42 - 45.
8. Gadzhieva A.M. Effective technology of complex processing of tomatoes / A.M. Gadzhieva, G.I. Kasyanov // *News of higher educational institutions. Food technology.* – 2013. – № 1 (331). – P. 76 - 79.
9. Gadzhieva A.M. An effective method for the production of concentrated volume-top products / A.M. Gadzhieva, M.S. Muradov // *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science.* – 2010. – № 2 (17). – P. 141 - 146.
10. Gadzhieva A.M. An effective method for the production of tomato juice / A.M. Gadzhieva // *Bulletin of the Dagestan state technical university. Technical science.* – 2010. – № 1 (16). – P. 144 - 151.
11. Ostrikov A.N. Complex technology of processing of tomato raw materials / A.N. Ostrikov, A.M. Gadzhieva, G.I. Kasyanov // *Vestnik VSUIT.* – 2015. – № 1. – P. 12 - 17.
12. Ochirov V.D. Experimental IR-installation for drying fruits and vegetables / V.D. Ochirov, V.A. Fedotov, I.V. Altukhov // *Bulletin of IrGSHA.* – 2017. – № 81 - 2. – P. 90 - 96.
13. Pavlov L.V. Blended tomato juice (technical conditions) / L.V. Pavlov, I.Yu. Kondrat'eva, O.T. Paraskova, T.A. Sannikova, V.A. Machulkina, N.I. Antipenko // *Vegetables of Russia.* – 2011. – № 4 (13). – P. 36 - 37.
14. Pat. 2130049 Russian Federation, C1 IPC C11B. Method of processing tomato seeds and tomato pomace / Kalmanovich S.A., Martovshchuk V.I., Vershinina O.L., Shazzo R.I., Martovshchuk E.V., Kornen N.N.; patentee Kalmanovich S.A. 97108301/13; appl. 05.20.1997, publ. 05.10.1999. – 5 p.
15. Pat. 2286067 Russian Federation, C1 IPC A23L. Method for the production of food from tomatoes / Gurevich A.V., Pento V.B., Korolev A.A.; patent holder A.V. Gurevich 2005135706/13, appl. 17.11.2005, publ. 27.10.2006, Bul. № 30. – 4 p.
16. Pat. 2399309 Russian Federation, C1 IPC A23L. Method for the production of food from tomatoes / Pento V.B., Kvasenkov O.I., Reizig R.; patentee Kvasenkov O.I. 2009138533/13, appl. 21.10.2009, publ. 20.09.2010, Bul. № 26. – 4 p.
17. Pat. 2423863 Russian Federation, C1 IPC A23B. Method of drying tomatoes / Aleksanyan I.Yu., Vasilyeva T.G., Dyachenko E.P., Maksimenko Yu.A., Ermolaev V.V.; patent holders: Aleksanyan I.Yu., Dyachenko E.P., Maksimenko Yu.A., Ermolaev V.V. 2010108565/13, appl. 09.03.2010, publ. 20.07.2011, Bul. № 20. – 6 p.
18. Pat. 2494624 Russian Federation, C1 IPC A21D. Method for preparing custard gingerbread with tomato powder from small - fruited apples / Potapova A.A., Akishin D.V., Perfilova O.V., Eliseeva L.G.; patentee of FGBOU VPO Michurinsk State Agrarian University. 2012103424/13, appl. 01.02.2012, publ. 10.10.2013, Bul. № 28. – 8 p.
19. Pat. 2500193 Russian Federation, C1 IPC A23L. Method for the production of food from tomatoes / Kvasenkov O.I.; patent holder Kvasenkov O.I. 2012136338/13, appl. 27.08.2012, publ. 10.12.2013, Bul. № 13. – 3 p.
20. Pat. 2524069 Russian Federation, C1 IPC A23B. Method of obtaining food powders from tomatoes and beets / Volonchuk S.K., Shornikova L.P., Lomovskiy O.I., Sapozhnikov A.I.; patent holder GNU SibNIIP. 2012153456/13; app. 12.11.2012, publ. 07.27.2014, Bul. № 21. – 4 p.

21. Pat. 2569829 Russian Federation, C1 IPC A23B. A method of obtaining a mixture of food powders from tomatoes, carrots and celery / Volonchuk S.K., Lomovsky O.I., Lomovsky I.O.; patentee of the State Scientific Institution SibNIP of the Russian Agricultural Academy. 2014123939/13; app. 10.06.2014, publ. 11.27.2015, Bul. № 33. – 4 p.

22. Попов V.M. Results of research of qualitative indicators of the process of IR-drying of tomatoes on the content of ascorbic acid / V.M. Popov, V.A. Afonkina, V.N. Levinsky // International scientific research journal. – 2017. – № 9 - 3 (63). – P. 58 - 62.

23. Order of the Ministry of Health of Russia dated August 19, 2016 No. 614 «On approval of Recommendations on rational norms of food consumption that meet modern requirements for a healthy diet».

24. Chernyshev S.V. Research of end isothermal drying of tomatoes / S.V. Chernyshev // Bulletin of TSTU. – 2018. – Т. 14. – № 3. – P. 636 - 637.

Сведения об авторах

Алтухов Игорь Вячеславович – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500505500, e-mail: altukhigor@yandex.ru).

Быкова Светлана Михайловна – старший преподаватель кафедры энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89041216961, e-mail: bsm2212@rambler.ru).

Федотов Виктор Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89149594407, e-mail: skobarifed@yandex.ru).

Очиров Вадим Дансарунович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

Information about the author

Altukhov Igor V. – doctor of technical sciences, professor of the department of power supply and heat engineering. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500505500, e-mail: altukhigor@yandex.ru).

Bykova Svetlana M. – senior lecturer, department of energy supply and heat engineering. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041216961, e-mail: bsm2212@rambler.ru).

Fedotov Viktor A. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of power supply and heat engineering. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149594407, e-mail: skobarifed@yandex.ru).

Ochirov Vadim D. – candidate of technical sciences, head of the department of power supply and heating engineers. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

УДК 62-13

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ОРТОГОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

¹А.Ю. Прудников, ¹В.В. Боннет, ¹А.Ю. Логинов, ²Я.В. Боннет

¹ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

²ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия

В различных технологических процессах широко распространён асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, который используемым для привода рабочих машин. Имея достаточно большой ресурс, двигатель на практике служит гораздо меньше установленного срока, что обусловлено различными производственными факторами. Одной из распространённых причин выхода из строя является износ подшипников, приводящий к эксцентриситету ротора, а также его заклиниванию. Эксцентриситет ротора можно использовать как диагностический параметр для определения технического состояния подшипников. Для этой цели был разработан способ диагностики, позволяющий по частоте вращения ротора оценивать их техническое состояние.

Для реализации предложенного метода, была построена виртуальная модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора в ортогональной системе координат, которая выполнена с помощью пакета прикладных математических программ *Matlab + Simulink* и позволяет смоделировать работу асинхронного двигателя в различных режимах, таких как пуск, холостой ход, установившийся режим с изменением нагрузки. Модели включают в себя несколько вычислительных блоков, которые позволяют вычислять зависимости угловой скорости вращения ротора, тока статора и момента на валу от времени, при различных технических состояниях двигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, диагностика, надёжность, система вентиляции, процесс пуска, эксцентриситет ротора.

VIRTUAL MODEL OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR IN AN ORTHOGONAL COORDINATE SYSTEM

¹A.Yu. Prudnikov, ¹V.V. Bonnet, ¹A.Yu. Loginov, ²Y.V. Bonnet

¹Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

²Moscow state technical university named after N.E. Bauman,
Moscow, Russia

In various technological processes, an asynchronous motor with a short - circuited rotor is widely used, which is used to drive working machines. Having a sufficiently large resource, the engine in practice serves much less than the specified period, which is due to various production factors. One of the most common causes of failure is bearing wear, which leads to the eccentricity of the rotor, as well as its jamming. The rotor eccentricity can be used as a diagnostic parameter to determine the technical condition of the bearings. For this purpose, a diagnostic method was developed that allows evaluating their technical condition by the rotor speed.

To implement the proposed method, a virtual model of an asynchronous motor with the eccentricity of the rotor in an orthogonal coordinate system was built, which was performed us-

ing the *Matlab + Simulink* package of applied mathematical programs and allows simulating the operation of an asynchronous motor in various modes, such as start - up, idle, steady - state mode with load changes. The model includes several computational blocks that allow calculating the dependencies of the angular velocity of rotation of the rotor, the stator current and the moment on the shaft on time, under various technical conditions of the engine.

Key words: resource - asynchronous motor, diagnostics, reliability, ventilation system, start - up process, rotor eccentricity.

Невысокая стоимость и надёжность асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором позволила его применять, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Агрессивная среда и нерациональная эксплуатация этих двигателей препятствуют эффективному использованию в сельском хозяйстве, что отражено в результатах исследований, приведённых в работах [2, 5, 8, 10]. Одной из распространённых причин выхода из строя является износ подшипников, приводящий к эксцентриситету ротора, а также его заклиниванию [4, 6, 7, 9]. Эксцентриситет ротора можно использовать как диагностический параметр для определения технического состояния подшипников. Для этой цели был разработан способ диагностики, позволяющий по частоте вращения ротора оценивать их техническое состояние [1].

Для выявления диагностических параметров и характера их зависимости от величины эксцентриситета необходимо получить систему уравнений электромеханического равновесия асинхронного двигателя с учётом неисправностей [11].

Для проверки теоретических предпосылок диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя по изменению колебаний частоты вращения ротора и времени затухания этих колебаний была создана виртуальная модель асинхронного двигателя. Модель выполнена в неподвижной ортогональной системе координат, с помощью пакета прикладных математических программ *Matlab + Simulink* [3], учитывающая эксцентриситет для пространственной гармоника индукции (рисунок 1).

Полная схема модели включает в себя следующие вычислительные блоки:

1. Элемент «*abc2qds*» осуществляет преобразование трёхфазной неподвижной системы координат (a, b, c) в неподвижную двухфазную (q, d). Переход к двухфазной системе координат позволяет устранить зависимость взаимных индуктивностей обмоток асинхронного двигателя от угла поворота ротора, т. е. устранить переменность соответствующих им коэффициентов в виртуальной расчётной модели.

2. Элемент «*Qaxis*» позволяет вычислить: составляющую потокосцепления статора по оси q ($psiqs$); составляющую потокосцепления ротора по оси q ($psiqr$); составляющую тока статора по оси q (iqs); составляющую тока ротора по оси q (iqr).

3. Элемент «*Daxis*» позволяет вычислить: составляющую потокосцепления статора по оси d ($psids$); составляющую потокосцепления ротора по оси

d ($psidr$); составляющую тока статора по оси d (ids); составляющую тока ротора по оси d (idr).

4. Элемент «Rotor» позволяет вычислить электромагнитный момент двигателя « T_{em} » и отношение угловой скорости вращения ротора к угловой скорости вращения основной гармоники поля статора (w_r / w_b).

5. Элемент « $qds2abc$ » осуществляет преобразование неподвижной двухфазной системы координат (q, d) в неподвижную трёхфазную систему координат (a, b, c) и позволяет вычислить мгновенные значения фазных токов статора асинхронного двигателя (ias, ibs, ics).

6. Элемент « $Tmech$ » задаёт циклограмму нагрузки на валу ротора асинхронного двигателя.

На рисунке 2 представлено окно программы *MATLAB*, где приведен текст *M - file* для трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с номинальными данными $P_{ном} = 2,2$ кВт и $n_{ном} = 1460$ об / мин, позволяющий исследовать динамические режимы работы двигателя по соответствующей виртуальной модели представленной на рисунке 1.

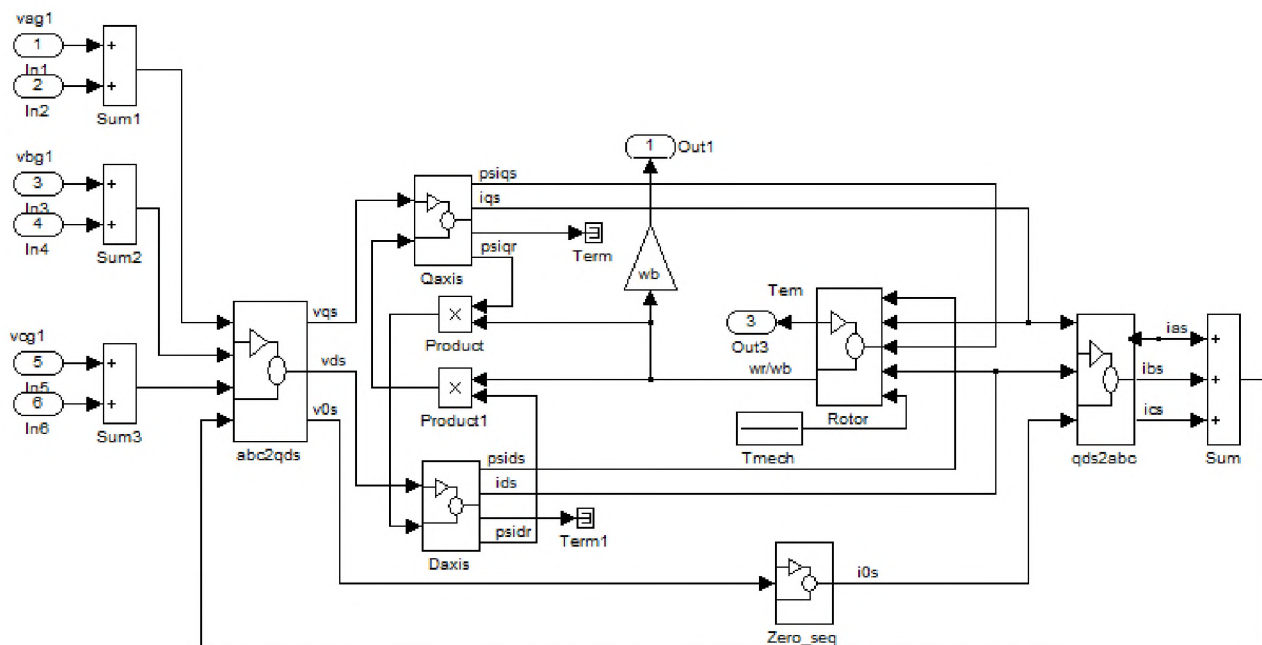


Рисунок 1 – Виртуальную модель асинхронного двигателя в ортогональной системе координат

В тексте *M - file* электрическим величинам и параметрам соответствуют следующие обозначения: S_b – номинальная мощность двигателя в [ВА]; $Prated$ – номинальная мощность двигателя в [Вт]; $Vrated$ – номинальное линейное напряжение двигателя в [В]; pf – коэффициент мощности ($\cos\phi$); $Irated$ – номинальный фазный ток статора в [А]; P – число пар полюсов; $frated$ – номинальная частота напряжения статора в [Гц]; w_b – круговая частота поля статора в [сек^{-1}]; w_{bm} – частота вращения ротора в [сек^{-1}]; T_b – электромагнитный момент двигателя в [Н·м]; Z_b – полное сопротивление Т-образной схемы замещения двигателя в [Ом]; V_m – амплитудное значение

фазного напряжения обмотки статора в [В]; $Tfactor$ – вспомогательный коэффициент для определения вращающего момента в [Н·м]; rs – активное сопротивление обмотки статора Т - образной схемы замещения в [Ом]; xls – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора Т - образной схемы замещения в [Ом]; $xplr$ – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора Т - образной схемы замещения в [Ом]; xm – взаимное индуктивное сопротивление Т - образной схемы замещения в [Ом]; rpr – активное сопротивление обмотки ротора Т - образной схемы замещения в [Ом]; xM – полная магнитная проводимость Г - образной схемы замещения в [Ом⁻¹]; J – момент инерции двигателя в [кг·м²]; H – механическая постоянная двигателя в [сек]; $Domaga$ – коэффициент трения двигателя [б/р]; $Psigs0$ – начальное значение суммарного потокосцепления статора по оси – q в [Вб]; $Psipqro$ – начальное значение суммарного потокосцепления ротора по оси – q в [Вб]; $Psids0$ – начальное значение суммарного потокосцепления статора по оси – d в [Вб]; $Psipdro$ – начальное значение суммарного потокосцепления ротора по оси – d в [Вб]; $wrbywbo$ – начальное значение скорости ротора в [сек⁻¹]; $tstop$ – время моделирования.

```

1 % Parameters of machine
2
3 - Sb = 3313; % rating in VA
4 - Prated = 2200; % output power in W
5 - Vrated = 380; % rated line to line voltage in V
6 - pf = 0.83;
7 - Irated = Sb/(sqrt(3)*Vrated*pf); % rated rms current
8 - P = 4; % number of poles
9 - frated = 50; % rated frequency in Hz
10 - wb = 2*pi*frated; % base electrical frequency
11 - we = wb;
12 - wbm = 2*wb/P; % base mechanical frequency
13 - Tb = Sb/wbm; % base torque
14 - Zb = Vrated*Vrated/Sb; %base impedance in ohms
15 - Vm = Vrated*sqrt(2/3); % magnitude of phase voltage
16 - Vb = Vm; % base voltage
17 - Tfactor = (3*P)/(4*wb); % factor for torque expression
18
19 - rs = 6.248; % stator wdg resistance in ohms
20 - xls = 0.236*wb;% stator leakage reactance in ohms
21 - xplr = 0.0176*wb; % rotor leakage reactance
22 - xm = 0.441*wb; %stator magnetising reactance
23 - xpr = 2.552; % referred rotor wdg resistance in ohms
24 - xM = 1/(1/xm + 1/xls + 1/xplr);
25 - J = 0.8; % rotor inertia in kg m2
26 - H = J*wbm*wbm/(2*Sb); % rotor inertia constant in secs.
27 - Domega = 0; % rotor damping coefficient
28 - Psiqso = 0; % stator q-axis total flux linkage
29 - Psiqro = 0; % rotor q-axis total flux linkage
30 - Psidso = 0; % stator d-axis total flux linkage
31 - Psidro = 0; % rotor d-axis total flux linkage
32 - wrbywbo = 0; % pu rotor speed
33 - tstop = 2; % use 2 sec simultion time for Fig. in text
34

```

Рисунок 2 – Текст *M-file* для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Описанная математическая модель асинхронного двигателя, с эксцентриситетом ротора выполненная с помощью пакета прикладных математических программ *Matlab + Simulink* позволяет смоделировать его работу на различных режимах, таких как пуск, холостой ход, установившийся режим с возможностью изменения характера нагрузки.

Список литературы

1. Амплитуда колебаний частоты вращения ротора как параметр оценки эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова,

А.Ю. Логинов, И.А. Ракоца // Вестник Ангарского государственного технического университета, 2016. – № 10. – С. 70 - 73.

2. Боннет В.В. Уровень технического состояния асинхронного двигателя и его влияние на надежность функционирования производственного процесса / В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник КрасГАУ. - 2012. - № 9. - С. 200 - 203.

3. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – М. : ДМК Пресс, 2012 – 768 с.

4. Определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII междунар. науч. - практ. конф., (18 апр. 2016 г.). – Саратов, 2016. – С. 183 - 188.

5. 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.

6. Рогачев В.А. Экспериментальные исследования эксцентриситета ротора в асинхронном двигателе / В.А. Рогачев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2007. – № S 1. – С. 52 - 54.

7. 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.

8. Сидельников Л.Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л.Г. Сидельников, Д.О. Афанасьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 12-7. – С. 127 - 137.

9. Синельников А.М. Метод определения технического состояния асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в процессе пуска / А.М. Синельников, В.В. Боннет // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 4 (43). – С. 201 - 203.

10. Predicting the reliability of auxiliary equipment of heat sources / V.V. Bonnet [et al.] // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 862 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/6/062036> (дата обращения: 21.08.2021).

11. 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 (дата обращения: 19.08.2021).

References

1. Amplituda kolebanij chastoty vrashcheniya rotora kak parametr ocenki ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [The amplitude of the oscillations of the rotor speed as the parameter estimates of the eccentricity of the rotor induction motor] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova, A.Yu. Loginov, I.A. Rakoca // 2016, no 10, pp. 70 - 73.

2. Bonnet V.V. Uroven' tekhnicheskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya i ego vliyanie na nadezhnost' funkcionirovaniya proizvodstvennogo processa [The level of technical condition of an induction motor and its effect on the reliability of the production process] / V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, V.V. Potapov // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 9 (72). – S. 200 - 203.

3. D'jakonov V.P. MATLAB. Polnyj samouchitel'. – М. : DMK Press, 2012 – 768 с.

4. Opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [Definitions of rotor eccentricity of induction motor] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova, A.Yu. Loginov, V.V. Potapov // Actual questions of energy science in APK: materials of VII international. scientific. scient. conf., (18 apr. 2016 g.). – Saratov, 2016, pp. 183 - 188.

5. Polishhuk V.I. Obzor sposobov diagnostiki jekscentrisiteta rotora mashin peremennogo toka / V.I. Polishhuk, A.N. Novozhilov, N.A. Isupova // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektromehanika. – 2011. – № 6. – С. 29-33.

6. Rogachev V.A. Jeksperimental'nye issledovaniya jekscentrisiteta rotora v asinhronnom dvigatele / V.A. Rogachev // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektromehanika. – 2007. – № S 1. – С. 52 - 54.

7. Safin N.R. Issledovanie vlijaniya neispravnostej podshipnika na KPD asinhronnogo dvigatelja / N.R. Safin, V.A. Praht, V.A. Dmitrievskij // Jelektrotehnika. – 2017. – № 10. – С. 87 - 91.

8. Sidel'nikov L.G. Obzor metodov kontrolja tehničeskogo sostojaniya asinhronnyh dvigatelej v processe jekspluatacii / L.G. Sidel'nikov, D.O. Afanas'ev // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Geologija. Neftegazovoe i gor-noe delo. – 2013. – № 12 - 7. – С. 127 - 137.

9. Sinel'nikov A.M. Metod opredeleniya tehničeskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya s korotkozamknutym rotorom v processe puska [Method of determining technical condition of asynchronous motor with squirrel - cage rotor during start - up] / A.M. Sinel'nikov, V.V. Bonnet // Vestnik KrasGAU, 2010, no 4 (43), pp. 201 - 203.

10. Predicting the reliability of auxiliary equipment of heat sources / V.V. Bonnet [et al.] // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 862 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/6/062036>.

11. 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.

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, п. Молодёжный 1/1, тел. 89247101077, e-mail: groll666@yandex.ru).

Боннет Вячеслав Владимирович – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный 1/1, тел. 89500621904, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Логинов Александр Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. 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 author

Prudnikov Artem Yu. – senior lecturer, energy faculty, department of electrical and physics Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodejnnii 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 agricultural 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 agricultural university named after A.A. Ezhevsky (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 62-13

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

¹А.Ю. Прудников, ¹В.В. Боннет, ¹А.Ю. Логинов, ²Я.В. Боннет

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
г. Иркутск, Россия

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия

Наиболее распространённым двигателем, используемым для привода рабочих машин в агропромышленном комплексе, является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Неэффективная эксплуатация и агрессивная среда препятствуют рациональному их использованию в сельском хозяйстве.

Анализ неисправностей показал, что одной из основных причин выхода из строя двигателя является износ подшипников, определить который возможно измерив, эксцентриситет ротора. Оценивать техническое состояние подшипников двигателя возможно по косвенному показателю, частоте вращения ротора для этого авторами был разработан способ диагностики. Для выявления зависимости диагностических параметров от технического состояния применялась виртуальная модель асинхронного двигателя, с эксцентриситетом ротора выполненная с помощью пакета прикладных математических программ. С помощью программы смоделирована работа асинхронного двигателя в различных режимах, таких как пуск, холостой ход, установившийся режим. В результате были выявлены функциональные зависимости тока статора, частоты вращения ротора и момента на валу от времени, при различном эксцентриситете ротора в режиме холостого хода.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, диагностика, надёжность, система вентиляции, процесс пуска, эксцентриситет ротора.

SIMULATION RESULTS OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH ROTOR ECCENTRICITY IN IDLE MODE

¹A.Yu. Prudnikov, ¹V.V. Bonnet, ¹A.Yu. Loginov, ²Y.V. Bonnet

¹Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Irkutsk, Russia

²Moscow state technical university named after N.E. Bauman,
Moscow, Russia

The most common motor used to drive working machines in the agroindustrial complex is an asynchronous motor with a short - circuited rotor. Inefficient operation and aggressive environment prevent their rational use in agriculture.

The analysis of malfunctions showed that one of the main causes of engine failure is bearing wear, which can be determined by measuring the excentricity of the rotor. It is possible to assess the technical condition of the engine bearings by an indirect indicator, the speed of rotation of the rotor for this purpose, the authors have developed a diagnostic method. To identify the dependence of diagnostic parameters on the technical state, a virtual model of an asynchronous motor with a rotor excentricity was used, made using a package of applied mathematical programs. The program is used to simulate the operation of an asynchronous motor in various modes, such as start, idle, steady - state mode. As a result, the functional dependences of the stator current, the rotor speed and the shaft torque on time were revealed, with different excentricity of the rotor in the idle mode.

Key words: resource - asynchronous motor, diagnostics, reliability, ventilation system, start - up process, rotor excentricity.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором наиболее распространен для привода рабочих машин в агропромышленном комплексе, он довольно прост в использовании и имеет высокую надежность. Однако агрессивная среда и неэффективная эксплуатация препятствуют рациональному их использованию в сельском хозяйстве, это подтверждают результаты исследований, приведенные в работах авторов [2, 3, 12]. На практике разработано достаточно большое количество методов и средств контроля технического состояния двигателей в процессе эксплуатации, которые позволяют диагностировать различные неисправности [5, 8, 9].

Одной из основных причин выхода из строя двигателя является неисправности подшипников, которые изнашиваются под действием агрессивной среды, а также их низкого качества их изготовления. Износ подшипников вызывает эксцентриситет ротора, как статический, так и динамический о чём свидетельствуют результаты исследований в работах [6, 7, 10]. Измерив, эксцентриситет ротора можно определить техническое состояние подшипников, для этой цели авторами был разработан способ диагностики, позволяющий использовать частоту вращения ротора как диагностический параметр при оценке эксцентриситета [1, 4, 11].

Для проверки теоретических предпосылок диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя по изменению колебаний частоты вращения ротора и времени затухания этих колебаний была создана виртуальная модель асинхронного двигателя [13]. Она выполнена в неподвижной ортогональной системе координат, с помощью пакета прикладных математических программ Matlab + Simulink, учитывающая эксцентриситет для пространственной гармоник индукции с порядковым номером $i = 1$, вращающейся в направлении основной гармоники.

Для моделирования был выбран двигатель мощностью 2,2 кВт, с номинальной частотой вращения ротора 1460 об / мин. В процессе моделирования нами была получена функция изменения частоты вращения ротора от време-

ни при различных величинах эксцентриситета. На рисунке 1 представлено изменение частоты вращения ротора двигателя от времени, технически исправного двигателя и при эксцентриситете ротора 20 % в режиме холостого хода, а на рисунке 2 изменение электромагнитного момента при данном значении эксцентриситета.

На графиках, видно, что с увеличением эксцентриситета ротора возрастает амплитуда колебаний частоты вращения ротора, относительно той же амплитуды технически исправного двигателя. Например, при эксцентриситете 20 % разность амплитуд частоты вращения ротора составляет 11 об / мин.

Разработанная математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора позволила смоделировать его работу в различных режимах, таких как пуск, холостой ход, установившийся режим с возможностью изменения характера нагрузки.

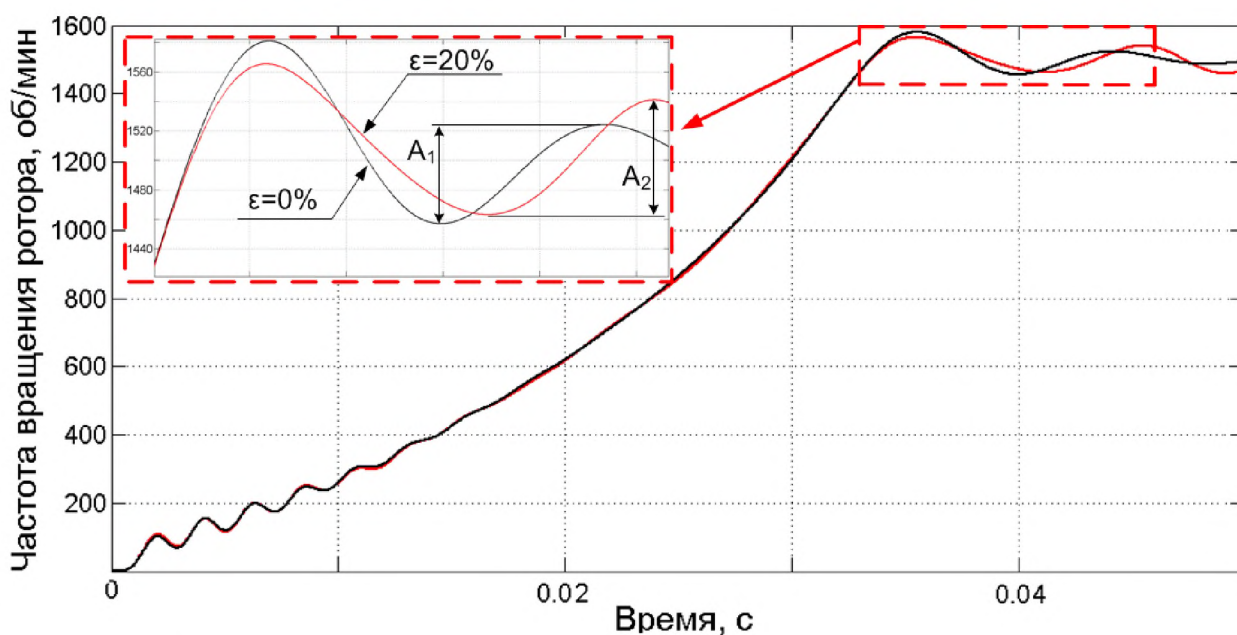


Рисунок 1 – Изменение частоты вращения ротора двигателя от времени при эксцентриситете ротора 20 % в режиме холостого хода

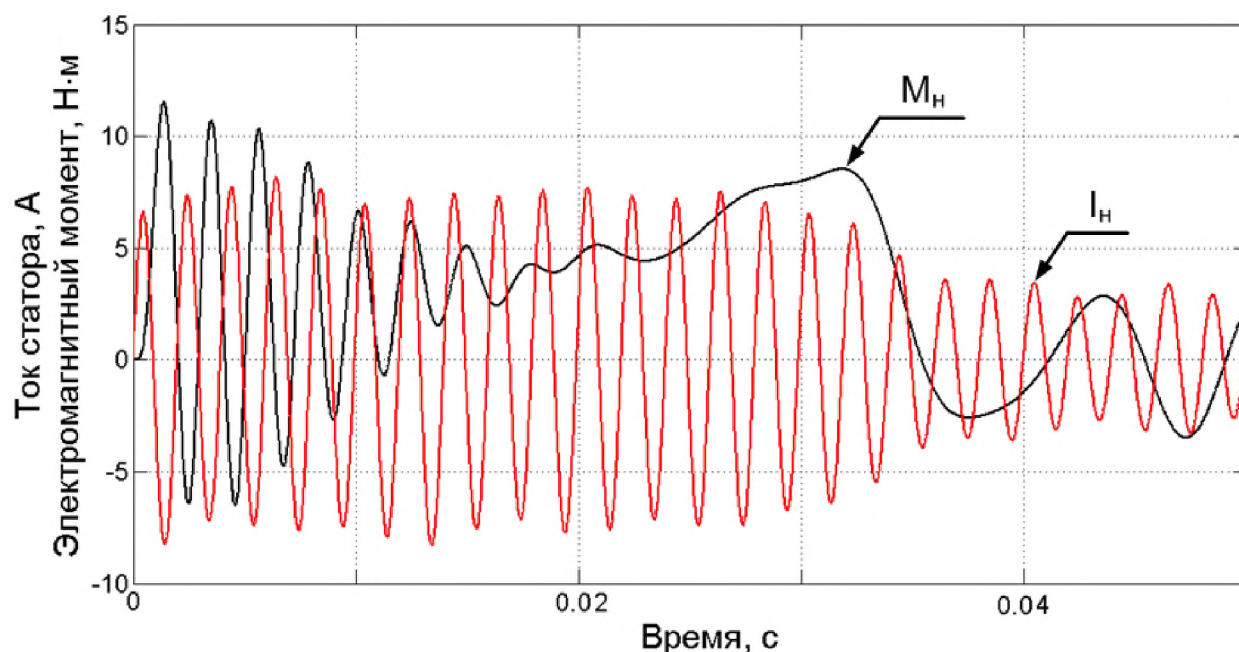


Рисунок 2 – Изменение тока статора и электромагнитного момента от времени при эксцентриситете ротора 20 % в режиме холостого хода

На основании данных, полученных в результате моделирования нами была получена линейная зависимость изменения амплитуды колебаний частоты вращения ротора от величины его эксцентриситета.

Используя функцию аппроксимации $\varepsilon = 1,772 \cdot \Delta A - 0,759$ можно в процессе эксплуатации, а так же после ремонта определить эксцентриситет ротора, основываясь на разности амплитуд изменения его частоты вращения.

Следует отметить, что в сельском хозяйстве проводить диагностику в режиме холостого хода не всегда возможно, поэтому возникает необходимость в дальнейших исследованиях смоделировать работу двигателя под нагрузкой.

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. Боннет В.В. Уровень технического состояния асинхронного двигателя и его влияние на надежность функционирования производственного процесса / В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник КрасГАУ. - 2012. - № 9. - С. 200 - 203.
3. Кожухов В А и Стрижнев С А 2006 Обзор технологических отказов асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве Вестник Красноярского государственного аграрного университета 11 199 - 202
4. Определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, М.Н. Герасимова [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., (18 апр. 2016 г.). – Саратов, 2016. – С. 183 - 188.
5. 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.

6. Рогачев В.А. Экспериментальные исследования эксцентриситета ротора в асинхронном двигателе / В.А. Рогачев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2007. – № S1. – С. 52-54.

7. 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.

8. Сидельников Л.Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л.Г. Сидельников, Д.О. Афанасьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 12-7. – С. 127 - 137.

9. Синельников А.М. Метод определения технического состояния асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в процессе пуска / А.М. Синельников, В.В. Боннет // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 4 (43). – С. 201 - 203.

10. Синельников А.М. Анализ методов диагностики неисправностей электрических машин / А.М. Синельников, В.В. Боннет // Вестник ИрГСХА, 2008. – Вып. 30. – С. 111 - 114.

11. Способ определения эксцентриситета ротора асинхронного электродвигателя: пат. 2589743 Рос. Федерация: МПК7 G 01 R 31/34, H 02 K 17/16 / В.В. Боннет, А.М. Синельников, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. с.-х. акад. – № 2014125793/07; заявл. 25.06.2014; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19. – 6 с.

12. Predicting the reliability of auxiliary equipment of heat sources / V.V. Bonnet [et al.] // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 862 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/6/062036> (дата обращения: 21.08.2021).

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: 19.08.2021).

References

1. Amplituda kolebanij chastoty vrashcheniya rotora kak parametr ocenki ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [The amplitude of the oscillations of the rotor speed as the parameter estimates of the eccentricity of the rotor induction motor] / Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova, A.Yu. Loginov, I.A. Rakoca //, 2016, no 10, pp. 70 - 73.

2. Bonnet V.V. Uroven' tekhnicheskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya i ego vliyanie na nadezhnost' funkcionirovaniya proizvodstvennogo processa [The level of technical condition of an induction motor and its effect on the reliability of the production process] / V.V. Bonnet, A.YU. Loginov, V.V. Potapov // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 9 (72). – S. 200 - 203.

3. Kozhukhov V.A. and Strizhnev S.A. 2006 Review of technological failures of induction motors in agricultural production Vestnik of Krasnoyarsk State Agrarian University 11 199 – 202.

4. Opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [Definitions of rotor eccentricity of induction motor] / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, M.N. Gerasimova, A.Yu. Loginov, V.V. Potapov // Actual questions of energy science in APK: materials of VII international. scientific. scient. conf., (18 apr. 2016 g.). – Saratov, 2016, pp. 183 - 188.

5. Polishhuk V.I. Obzor sposobov diagnostiki jekscentrisiteta rotora mashin peremennogo toka / V.I. Polishhuk, A.N. Novozhilov, N.A. Isupova // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektromehanika. – 2011. – № 6. – С. 29 - 33.

6. Rogachev V.A. Jeksperimental'nye issledovaniya jekscentrisiteta rotora v asinhronnom dvigatele / V.A. Rogachev // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektromehnika. – 2007. – № S1. – С. 52 - 54.

7. Safin N.R. Issledovanie vlijaniya neispravnostej podshipnika na KPD asinhronnogo dvigatelja / N.R. Safin, V.A. Praht, V.A. Dmitrievskij // Jelektrotehnika. – 2017. – № 10. – С. 87 - 91.

8. Sidel'nikov L.G. Obzor metodov kontrolja tehničeskogo sostojaniya asinhron - nyh dvigatelej v processe jekspluatacii / L.G. Sidel'nikov, D.O. Afanas'ev // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Geologija. Neftegazovoe i gor-noe delo. – 2013. – № 12-7. – С. 127-137.

9. Sinel'nikov A.M. Metod opredeleniya tehničeskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya s korotkozamknutym rotorom v processe puska [Method of determining technical condition of asynchronous motor with squirrel-cage rotor during start - up] / A.M. Sinel'nikov, V.V. Bonnet // Vestnik KrasGAU, 2010, no 4 (43), pp. 201 - 203.

10. Sinel'nikov A.M. Analiz metodov diagnostiki neispravnostej elektricheskij mashin [analysis of the methods of fault diagnosis of electrical machines] / A.M. Sinel'nikov, V.V. Bonnet // Vestnik IrGSHA, 2008, issue 30, pp. 111 - 114.

11. Sposob opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo elektrodvigatelya [Method for determining the eccentricity of the rotor of an induction motor]: Pat. 2589743 ROS. Federation: IPC7 G 01 R 31/34, H 02 K 17/16 / V.V. bonnet, A.M. Sinel'nikov, A.Yu. Loginov, V.V. Potapov; applicant and patent holder IrGSHA No 2014125793/07; Appl. 25.06.2014; publ. 10.07.2016, bull. No 19. – 6 p.

12. Predicting the reliability of auxiliary equipment of heat sources / V.V. Bonnet [et al.] // IOP Conference. Series: materials science and engineering. – 2020. – Vol. 862 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/6/062036>.

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, п. Молодёжный 1/1, тел. 89247101077, e-mail: groll666@yandex.ru).

Боннет Вячеслав Владимирович – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный 1/1, тел. 89500621904, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Логинов Александр Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. 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 author

Prudnikov Artem Yu. – senior lecturer, energy faculty, department of electrical and physics Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodejnnii 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 agricultural university named after A.A. Ezhevsky (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 agricultural 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 534.1:539.3

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРЕДНАМЕРЕННОЙ РАССТРОЙКИ
ПРИ РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ СКОСА ВЕРХНЕЙ КРОМКИ ЛОПАТОК
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТУРБОМАШИН**

О.В. Репецкий, В.В. Нгуен

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

Статья посвящена математическим моделям для исследования влияния преднамеренной расстройки лопаток энергетических турбомашин на основе метода конечных элементов. Выполнен численный анализ частот колебаний и статических напряжений академических лопаточных рабочих колёс. Использование полученных результатов в данной работе позволяет повысить эффективность и надёжность на стадии проектирования деталей рабочих колёс турбомашин. Также на основе полученных результатов, возможно, обеспечить необходимую точность расчетов и провести вычислительные эксперименты для оценки влияния расстройки параметров в циклически симметричных системах.

В данной статье представлены результаты численного анализа эффектов преднамеренной расстройки с целью уменьшения максимального коэффициента амплитуды лопаток облопаченных дисков турбомашин. Изменение геометрических характеристик лопаток облопаченных дисков значительно влияет на их динамические характеристики и долговечность. Преднамеренная расстройка получена путём оптимизации алгоритмов и реализована при небольших геометрических изменениях в лопатке, в виде разных вариантов скоса верхней кромки лопатки. Для исследования влияния преднамеренной расстройки рабочих колёс турбомашин выбран метод конечных элементов и треугольный конечный элемент ТЕТ10 с тремя степенями свободы в узле. Объектом исследования в данной работе является академическое рабочее колесо с 10 - ю лопатками, изготовленное в Бранденбургском техническом университете.

Ключевые слова: преднамеренная расстройка, собственная частота, форма колебаний, конечноэлементная модель, лопатка, метод конечных элементов, статическое напряжение, энергетические турбомашинны.

RESULTS OF A NUMERICAL STUDY OF INTENTIONAL MISTUNING WITH DIFFERENT VARIANTS OF BEVEL ON THE BLADE'S TOP EDGE OF POWER TURBOMACHINE

O.V. Repetckii, V.V. Nguyen

*Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The article is devoted to mathematical models for studying the influence of intentional mistuning of the bladed rotor power turbomachine based on the finite element method. Numerical analysis vibrations and static stress of an academic bladed structure is carried out. Using the obtained results in this work makes it possible to increase the efficiency and reliability at the design stage of the turbomachine bladed disks. Also, on the basis of these results we can ensure the necessary accuracy of calculations and carry out computational experiments to assess the effect of mistuning parameter in cyclic symmetric systems.

In this article, the results of a numerical analysis are presented of the effects of intentional mistuning in order to reduce the maximum displacement magnification of turbomachine blades. Intentional mistuning is obtained by optimizing algorithms and implemented with small geometric changes in the blade, in detail in cases of different changes in the bevel of the upper edge of the blade. The finite element method and triangular finite element TET10 with three degrees of freedom at the node were selected to study the effect of intentional mistuning of turbomachine impellers. The object of research in this work is an academic high - pressure compressor bladed disk with 10 blades, which studied at the Brandenburg University of Technology.

Key words: intentional mistuning, natural frequency, vibrational mode, finite element model, blade, finite element method, static stress, energy turbomachines.

Метод конечных элементов (МКЭ) обычно используется в технической области для решения задач статики, колебаний и расчета ресурса различных технических систем [5, 10]. При малой величине расстройки лопаток можно значительно увеличить амплитуды перемещений и напряжений лопаточных структур. Например, изменение 5 % частоты одной лопатки рабочего колеса турбины высокого давления может привести к увеличению амплитуды колебаний этой лопатки до 500 % по сравнению с колебаниями лопаток рабочего колеса без расстройки. Значение расстройки параметров является случайной величиной, так что оценка усталостной долговечности необходимо выполнять с надёжными статическими данными и точными динамическими характеристиками. Эффект преднамеренной расстройки был проанализирован многими авторами [1, 2]. В своих работах Bernd Beirow, Arnold Kühhorn, Repetckii и их коллеги исследовали дополнительные массы и другие параметры для анализа эффектов преднамеренной расстройки с целью уменьшения вынужденного отклика осевого рабочего колеса турбомашин [3, 6 - 9]. Многие исследования влияния расстройки параметров на динамические характеристики и ресурс рабочих колёс турбомашин показали, что распределе-

ние динамических характеристик лопаток зависит от расстройки параметров лопаток. Значения расстройки параметров лопаток определяются в виде:

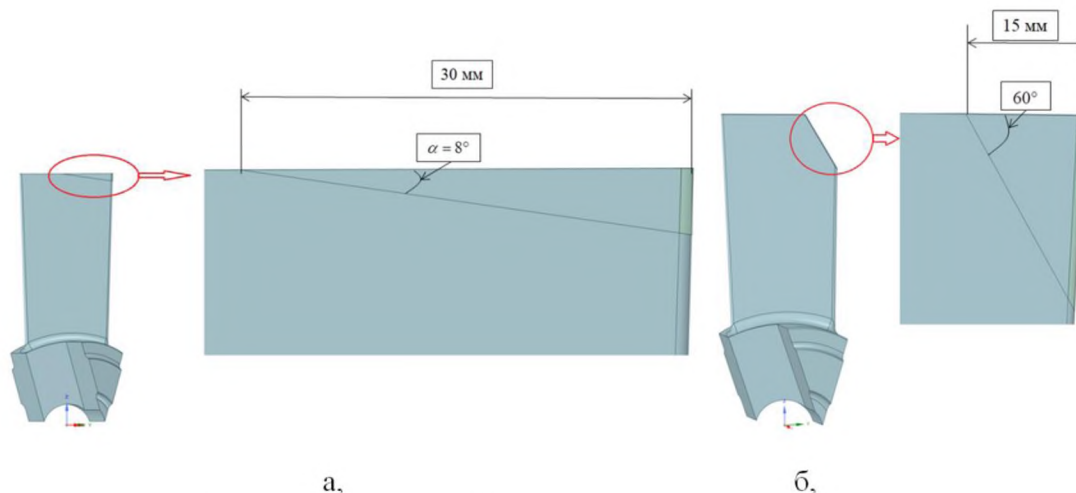
$$\Delta f_i = \frac{f_{j,i} - \bar{f}_j}{\bar{f}_j}, \quad (1)$$

где \bar{f}_j – среднее арифметическое значение основных частот;
 $f_{j,i}$ – значение частоты j -ой формы колебания лопаток, $i = 1, \dots, N$ (N – число лопаток).

В 1966 г. Whitehead D.S. определил максимальный коэффициент увеличения амплитуды колебаний, который зависит от числа лопаток рабочих колес и использовались разными авторами в дальнейшем [4]:

$$\gamma_{\max} = \frac{1}{2}(1 + \sqrt{N}), \quad (2)$$

В качестве исследуемого вида преднамеренной расстройки рассмотрено изменения скоса верхней кромки лопатки академического колеса. Рисунок 1 показывает два варианта изменения уголка среза выходной кромки лопатки. В первом варианте угол среза составляет 8 градусов с длиной среза 30 мм на правой верхней кромке лопатки. Второй вариант выполняется с углом среза 60 градусов и длиной среза 15 мм.



(а, $t = 30$ мм, $\alpha = 8^\circ$; б, $t = 15$ мм, $\alpha = 60^\circ$).

Рисунок 1 – Два варианта среза уголка выходной кромки лопатки

Для анализа влияния преднамеренной расстройки академической лопатки выполнены численные исследования статического напряжения при оборотах $n = 50$ и 100 (1 / с). В таблице 1 приведён расчёт статического напряжения σ_z по изменению скоса верхней кромки лопатки с учётом вращения 50 и 100 (1 / с).

Таблица 1 – Значение статического напряжения σ_z при изменении скоса верхней кромки лопатки с учётом вращения 50 и 100 (1 / с)

Скос лопатки	$n = 50$ 1/с	$n = 100$ 1/с
	Статические напряжения (МПа)	
α_0 (без среза)	16,92	67,679
$t = 30$ мм, $\alpha = 8^\circ$	17,175	68,701
$t = 15$ мм, $\alpha = 60^\circ$	18,008	72,031

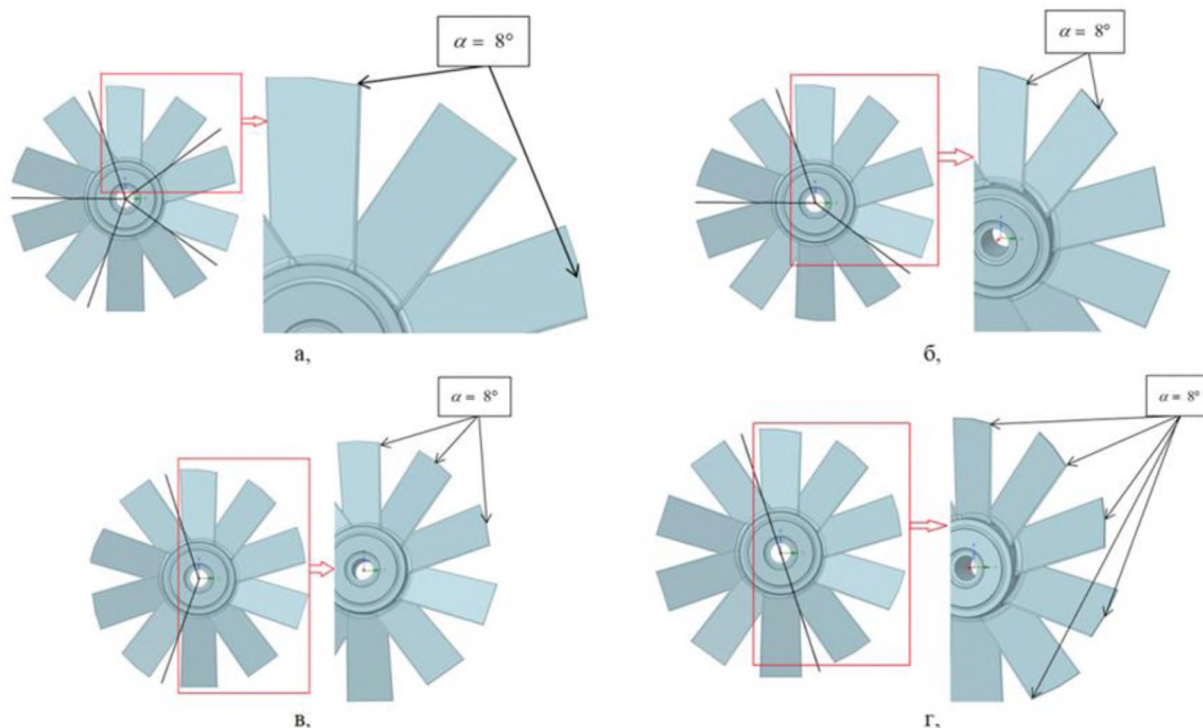
Из таблицы видно, что оба варианта по изменению скоса верхней кромки лопатки дали повышенные результаты статического напряжения лопатки академического колеса. Анализ таблиц показывает, что статическое напряжение второго варианта повышается на 6,4 % по сравнению с вариантом без среза лопатки при вращениях 50 и 100 (1 / с).

В таблице 2 приведены частоты собственных колебаний исходной модели и показан анализ влияния скоса верхней кромки лопатки на частоты.

Таблица 2 – Расчёт собственных частот колебаний с учётом вращения 50 и 100 (1/с) по изменению скоса верхней кромки лопатки

α_0 (без среза)			
1	2	3	4
Форма	$n = 0$ 1/с	$n = 50$ 1 / с	$n = 100$ 1 / с
1	261,67	270,73	295,86
2	902,68	905,96	915,52
3	1418,8	1428,3	1454,5
4	2727,9	2733	2747,5
1	2	3	4
5	3553,4	3552,8	3553,9
6	3779,3	3789	3813,4
7	4470,2	4471,4	4476,4
8	5314,9	5322,1	5341
9	6900	6900,7	6907,2
10	7398,6	7412,3	7438,7
Первый вариант ($t = 30$ мм, $\alpha = 8^\circ$)			
Форма	$n = 0$ 1 / с	$n = 50$ 1 / с	$n = 100$ 1 / с
1	268,37	277,15	301,87
2	923,9	927,09	936,57
3	1456,4	1465	1490,7
4	2805,9	2810,7	2825,2
5	3614,9	3615,3	3616,4
6	3853,3	3861	3883,9
7	4573,1	4575,1	4581,1
8	5495,6	5501,7	5520,2
9	6972,9	6975,3	6982,5
10	7616,8	7625,2	7650,3
Второй вариант ($t = 15$ мм, $\alpha = 60^\circ$)			
Форма	$n = 0$ 1 / с	$n = 50$ 1 / с	$n = 100$ 1 / с

1	278,15	286,66	310,73
2	1000,1	1003,3	1012,9
3	1479,3	1487,5	1511,9
4	2949,5	2954	2967,5
5	3732	3732,9	3735,2
6	3830,9	3837,9	3859,4
7	5059,8	5063,1	5073
8	5889,1	5893,1	5905
9	7212,5	7218,6	7236,4
10	7970,8	7975,9	7991



а – первая модель; б – вторая модель; в – третья модель; г – четвертая модель.

Рисунок 2 – Блочные модели расстройки лопаток с вариантом среза выходной кромки лопатки $t = 30$ мм и $\alpha = 8^\circ$

Анализ таблицы показал что, при изменении скоса верхней кромки лопатки, увеличение уголка среза выходной кромки лопатки ведёт к увеличению собственных частот колебаний. Сильнее изменяются изгибные собственные формы колебаний, менее крутильные.

На следующем этапе анализа рассмотрим блочные модели преднамеренной расстройки лопаток с первым вариантом среза выходной кромки лопатки $t = 30$ мм и $\alpha = 8^\circ$ (рисунок 2). Рисунок 3 показывает расчёт значения расстройки частот колебаний лопаток диска блочных моделей расстройки первого варианта.

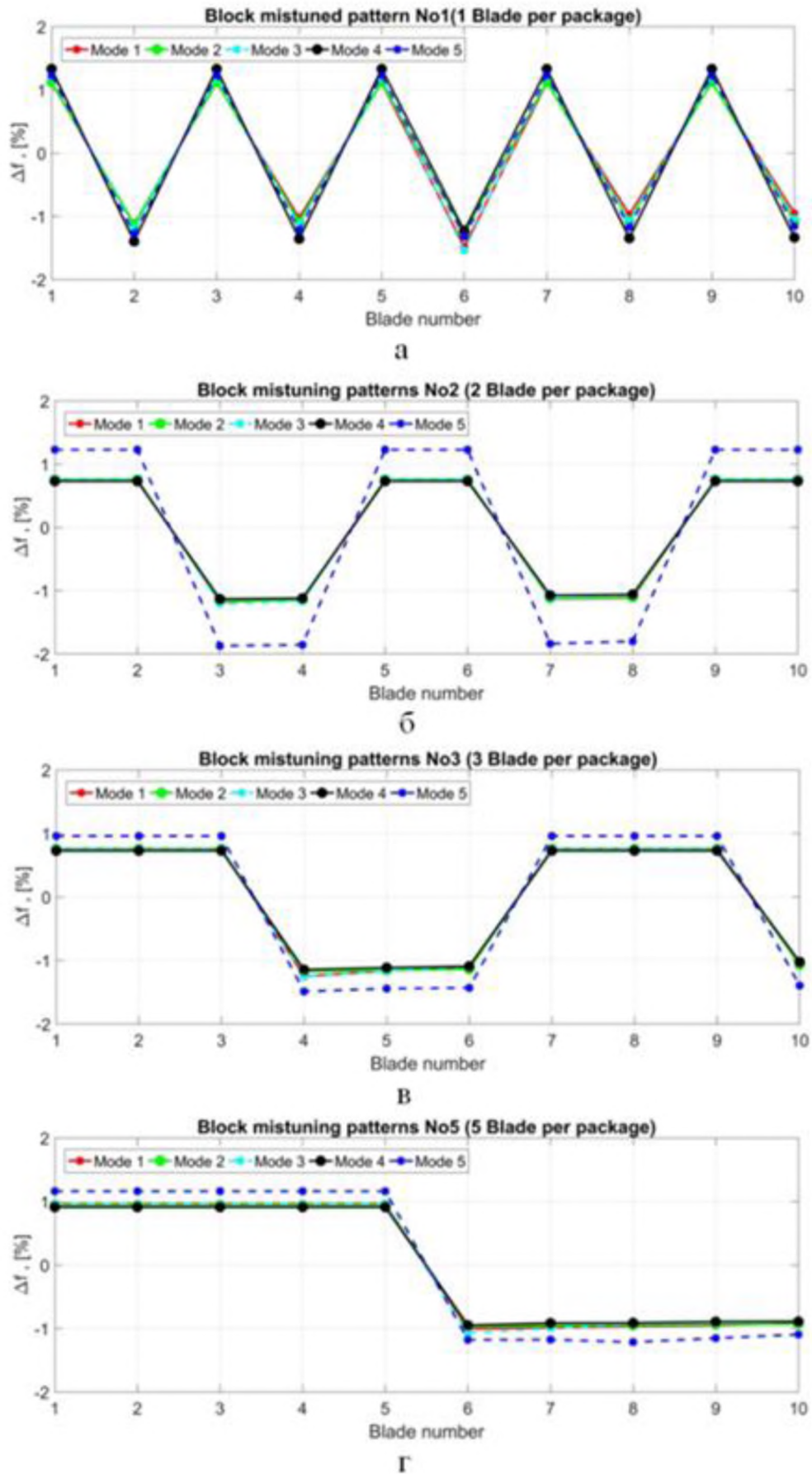


Рисунок 3 – Значения расстройки частот колебаний лопаток диска с вариантом среза выходной кромки лопатки $t = 30$ мм и $\alpha = 8^\circ$

Значения коэффициентов увеличения амплитуды колебаний оказались меньше, чем максимальный коэффициент увеличения амплитуды колебаний в зависимости от числа лопаток рабочего колеса у Whitehead ($\gamma_{\max} = 2,08$).

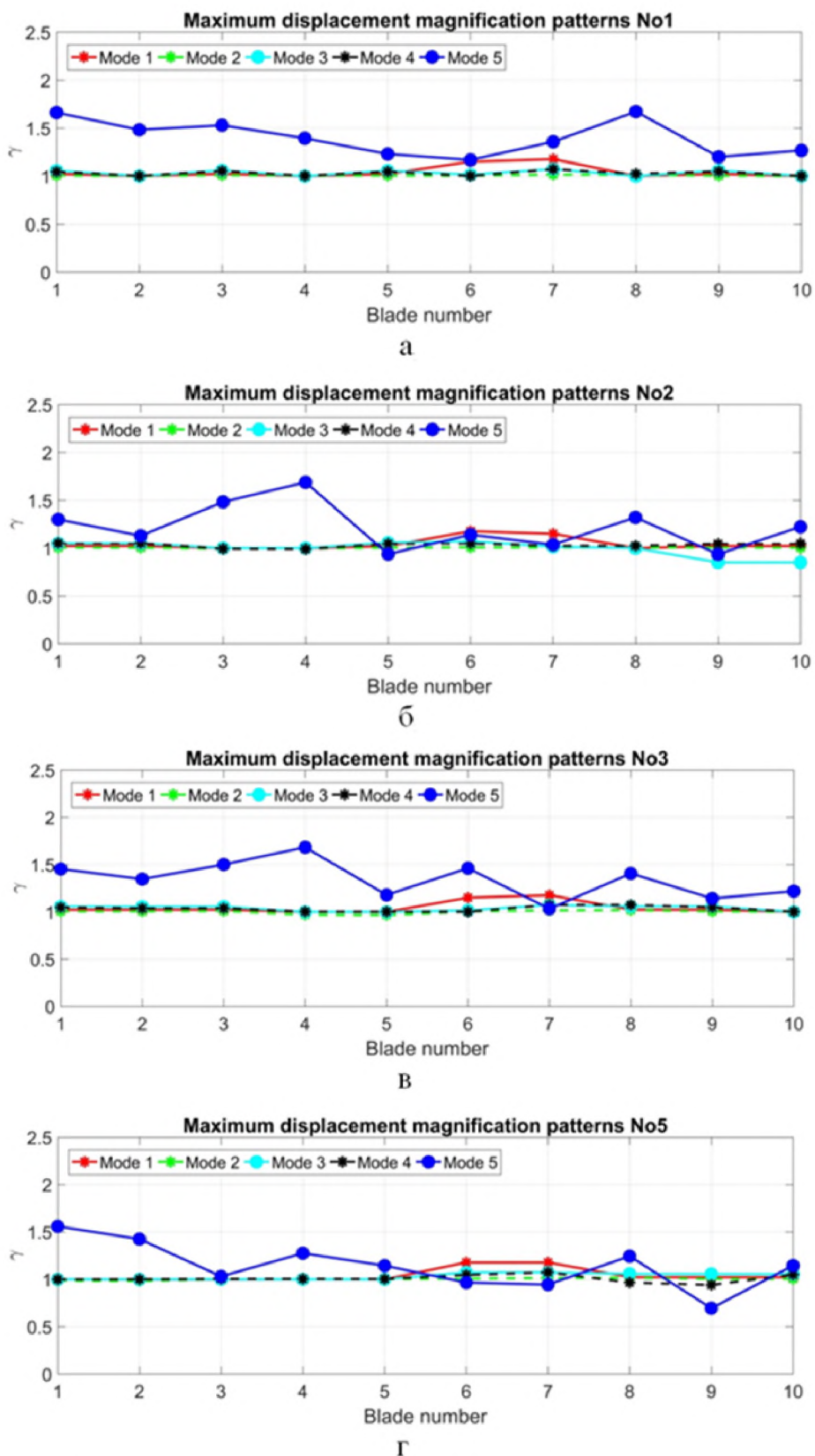


Рисунок 4 – Значения максимального коэффициента увеличения амплитуды лопаток с вариантом среза выходной кромки лопатки $t = 30$ мм и $\alpha = 8^\circ$

Рисунок 4 демонстрирует, что получены почти одинаковые значения максимального коэффициента увеличения амплитуды для всех лопаток академического колеса при колебаниях по форме 2, а форма колебаний 5 обладает очень большими значениями максимального коэффициента увеличения амплитуды $\gamma_{\max} = 1,69$ для второй блочной модели (уменьшает коэффициент на 18,75 % по сравнению с результатом максимального коэффициента увеличения амплитуды Whitehead). Максимальный коэффициент увеличения амплитуды для формы колебания 2 ($\gamma_{\max} = 0,98$) иллюстрирует, что получен самый эффективный результат для четвёртой блочной модели расстройки академического колеса (уменьшает коэффициент на 52,88 % по сравнению с результатом максимального коэффициента увеличения амплитуды Whitehead). В таблице 3 приведены значения максимального коэффициента увеличения амплитуды при разных вариантах среза выходной кромки лопатки с учетом преднамеренной расстройки.

Таблица 3 – Расчет значения максимального коэффициента увеличения амплитуды при разных вариантах среза выходной кромки лопатки

Блочная модель	$(t = 30 \text{ мм}, \alpha = 8^\circ)$		$(t = 15 \text{ мм}, \alpha = 60^\circ)$	
	γ_{\max}	%	γ_{\max}	%
1	1,67	19,71	1,74	16,35
	1,01	51,44	1,23	40,86
2	1,69	18,75	1,82	12,5
	1,00	51,9	1,21	41,83
3	1,68	19,23	1,75	15,87
	1,03	50,48	1,23	40,86
4	1,56	25,00	1,87	10,1
	0,98	52,88	1,3	37,5

Вывод. В данной работе проведены исследования эффективности преднамеренной расстройки осевой лопатки академического рабочего колеса турбомашин при различных геометрических изменениях лопатки (два варианта изменения уголка среза выходной кромки лопатки). Анализ полученных результатов показывает эффективность применения преднамеренной расстройки в моделях облопаченных дисков и уменьшение максимального коэффициента увеличения амплитуды до 53 % с использованием разных вариантов блочной модели расстройки лопаток диска при разных вариантах среза выходной кромки лопатки. Выполнен численный анализ статического НДС при оборотах $n = 50$ и $n = 100$ (1 / с). Статическое напряжение второго варианта по изменению скоса верхней кромки лопатки повышает 6,4 % по сравнению с вариантом без среза лопатки при оборотах вращения 50 и 100 (1 / с).

Список литературы

1. Beirow B. Modal Analyses of an Axial Turbine Blisk with Intentional Mistuning / B. Beirow, F. Figaschewsky, A. Kühhorn, A. Bornhorn. // J Eng Gas Turb Power 2018. - 140 (1): - 012503. – GTP - 17 - 1260.

2. Beirow B. Forced response reduction of a blisk by means of intentional mistuning / Beirow B., Kühhorn A., Figaschewsky F., Bornhorn A., Repetckii O.V. // Proceedings of the ASME Turbo Expo. Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Сер. "ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition". - GT 2018 - 76584.

3. Beirow B. Forced response reduction of a blisk by means of intentional mistuning / Beirow B., Kühhorn A., Figaschewsky F., Bornhorn A., Repetckii O.V. // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2019. - Т. 141. - № 1. – P. 011008.

4. Whitehead D.S. Effect of mistuning on the vibration of turbomachine blades induced by wakes // Journal Mechanical Engineering Science. 1966. № 8. P. 15-21.

5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике // Москва: Мир. 1975. С. 541.

6. Репецкий О.В. Численный анализ прочностных характеристик машиностроительных конструкций с расстройкой параметров / Репецкий О.В., Нгуен В.В. // Вестник НГИЭИ. - 2019. - № 7 (98). – С. 27 - 38.

7. Репецкий О.В. Разработка математических моделей и развитие численно - экспериментальных методов исследования влияния расстройки параметров рабочих колес турбомашин с помощью анализа чувствительности / Репецкий О.В., Нгуен В.В. // Baikal Letter DAAD. - 2019. - № 1. – С. 108 - 123.

8. Репецкий О.В. Обзор исследований преднамеренной расстройки в прочностном анализе роторов турбомашин / Репецкий О.В., Нгуен В.В. // Baikal Letter DAAD. - 2020. - № 1. – С. 87 - 97.

9. Репецкий О.В. Анализ динамических характеристик элементов турбомашин / О.В. Репецкий, В.В. Нгуен // Вестник НГИЭИ. - 2020. - № 2 (105). – С. 5 - 17.

10. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов // М. : Мир. 1979. С. 392.

References

1. Beirow B. Modal Analyses of an Axial Turbine Blisk with Intentional Mistuning / B. Beirow, F. Figaschewsky, A. Kühhorn, A. Bornhorn. // J Eng Gas Turb Power 2018. - 140 (1): - 012503. – GTP - 17 - 1260.

2. Beirow B. Forced response reduction of a blisk by means of intentional mistuning / Beirow B., Kühhorn A., Figaschewsky F., Bornhorn A., Repetckii O.V. // Proceedings of the ASME Turbo Expo. Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Сер. "ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition". - GT 2018 - 76584.

3. Beirow B. Forced response reduction of a blisk by means of intentional mistuning / Beirow B., Kühhorn A., Figaschewsky F., Bornhorn A., Repetckii O.V. // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. - 2019. - Т. 141. - № 1. – P. 011008.

4. Whitehead D. S. Effect of mistuning on the vibration of turbomachine blades induced by wakes // Journal Mechanical Engineering Science. - 1966. - № 8. – P. 15 - 21.

5. Zenkevich O. Metod konechnyh jelementov v tehnikе [Finite element method in engineering] // Moskva: Mir. – 1975. – S. 541.

6. Repeckij O.V. Chislennyj analiz prochnostnyh harakteristik mashinostroitel'nyh konstrukcij s rasstrojkoj parametrov [Numerical analysis strength characteristics of machine - building structures with mistuning parameter] / Repeckij O.V., Nguen V.V. // Vestnik NGIIEI. - 2019. - № 7 (98). – S. 27 - 38.

7. Repeckij O.V. Razrabotka matematicheskikh modelej i razvitie chislenno - jeksperimental'nyh metodov issledovanija vlijanija rasstrojki parametrov rabochih koles turbomashin s pomoshh'ju analiza chuvstvitel'nosti [Development of mathematical models and numerical - experimental methods for studying the effect mistuning parameters of turbomachine impellers using sensitivity analysis] / Repeckij O.V., Nguen V.V. // Baikal Letter DAAD. - 2019. - № 1. – S. 108 - 123.

8. Repeckij O.V. Obzor issledovanij prednamerenoj rasstrojki v prochnostnom analize rotorov turbomashin [Review of studies intentional mistuning in the strength analysis of tur-

bomachine rotors] / Repeckij O.V., Nguen V.V. // Baikal Letter DAAD. - 2020. - № 1. – S. 87 - 97.

9. Repeckij O.V. Analiz dinamicheskikh harakteristik jelementov turbomashin [Analysis dynamic characteristics of elements turbomachines] / O.V. Repeckij, V.V. Nguen // Vestnik NGIJeI. - 2020. - № 2 (105). – С. 5 - 17.

10. Segerlind L. Primenenie metoda konechnyh jelementov [Application of the finite element method] // М. : Mir. - 1979. – С. 392.

Сведения об авторах

Репецкий Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, проректор по международным связям. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, г. Иркутск, п. Молодёжный, тел. +7 3952 237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Нгуен Ван Винь – аспирант кафедры электрооборудования и физики. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, г. Иркутск, п. Молодёжный, тел. +7 9994231020, e-mail: vinh.july177@gmail.com).

Information about the authors

Repetckii O.V. – dsc in engineering, vice - rector, professor. irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny settlement, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. +73952237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Nguyen V.V. – postgraduate student, department of electrical equipment and physics. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny settlement, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. +79994231020, e-mail: vinh.july177@gmail.com).

УДК 534.1:539.3

ФАКТОРЫ ДЕМПФИРОВАНИЯ ВИБРАЦИИ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН

О.В. Репецкий, В.М. Нгуен

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Вибрация является серьезной проблемой в газотурбинном двигателе, так как она приводит к высоким колебательным напряжениям, которые могут вызвать усталостное разрушение лопатки за очень короткое время. Вибрация лопасти обычно вызывается некоторой принудительной функцией внутри самого двигателя, которая имеет частоту, близкую к собственной резонансной частоте лопасти, или некоторой гармонике этой собственной частоты. Возбуждение может быть аэродинамическим колебанием, наложенным на номинальные изгибающие нагрузки от газа на лопасти, или может быть механической вибрацией от какого - либо источника, такого как коробка передач двигателя внутреннего сгорания. В настоящей работе делается анализ видов и методов демпфирования и анализируется их применение для снижения вибрации и увеличения долговечности.

Ключевые слова: демпфирование, вычислительные модели, лопатки турбомашин, прочность, вибрация

VIBRATION DAMPING FACTORS OF TURBOMACHINE BLADES

O.V. Repetckii, V.M. Nguyen

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk distrikt, Irkutsk region, Russia

Vibration is a serious problem in a gas turbine engine, as it leads to high vibrational stresses that can cause fatigue failure of the blade in a very short time. The vibration of the blade is usually caused by some forced function within the motor itself, which has a frequency close to the natural resonant frequency of the blade, or some harmonic of this natural frequency. The excitation can be an aerodynamic vibration imposed on the nominal bending loads from the gas on the blades, or it can be a mechanical vibration from some source, such as the transmission of an internal combustion engine. This paper analyzes the types and methods of damping and analyzes their application to reduce vibration and increase durability.

Key words: damping, computational models, turbomachine blades, strength, vibration.

Раньше газотурбинные двигатели могли эффективно работать только при одной фиксированной расчетной скорости. Следовательно, если отказ лопасти произошел из-за вибрации, геометрия лопатки может быть изменена, чтобы изменить резонансные частоты лопасти в сторону от всех частот возбуждения. Однако последние тенденции к повышению эффективности двигателей в сочетании с требованиями авиационной промышленности к снижению веса вызвали дополнительные проблемы с вибрацией. Появление регулируемого сопла направляющего лопастного двигателя, который может работать с высоким КПД в широком диапазоне скоростей вращения ротора, создает проблему широкого диапазона форсирующей функции на частотные возможности по мере изменения частоты вращения ротора. Кроме того, одним из наиболее очевидных способов повышения общего КПД двигателя является повышение температуры на входе в турбину. Это увеличивает фактическую температуру лопатки, что снижает усталостную прочность, делая вибрацию лопатки более критичной.

Таким образом, были найдены другие формы предотвращения или уменьшения резонанса лопастей. Соединение нескольких лопастей проволокой или стержнями достаточно известна, так как она может быть применена к двигателю, уже находящемуся в производстве. Однако способ имеет ряд серьезных недостатков: бандажирование нарушает воздушный поток, что снижает эффективность; в лопатке, где крепится бандаж, вводится концентрация напряжений, и он может решить проблему вибрации только в одном режиме и создать серьезную проблему в другом сложном режиме из-за дополнительного граничного условия на лопатке. Таким образом, использование соединения лопастей является в основном аварийной мерой до тех пор, пока не будут сделаны конструктивные улучшения.

Кожух успешно использовался во многих конструкциях. Однако кожух увеличивает центробежные силы на лопасти и, следовательно, имеет тенден-

цию увеличивать ползучесть лопасти. Кроме того, бандажирование наконечника обычно увеличивает затраты на изготовление лопасти.

Вопрос демпфирования, или рассеивания вибрационной энергии, очень важен. В общем турбинном двигателе могут существовать три формы демпфирования:

- 1) Внутреннее демпфирование в материале;
- 2) Аэродинамическое демпфирование;
- 3) Конструкционное демпфирование [1, 2].

• Демпфирование материала: Это происходит из-за небольшого гистерезиса или упругого явления между напряжением и деформацией, эта энергия рассеивается через тепло в лопасти.

• Аэродинамическое демпфирование: Это происходит в результате рассеивания энергии вибрации в окружающую лопасть атмосферу как за счёт образования вихрей вдоль кромки лопасти, так и за счёт работы лопасти над воздухом во время вибрации.

• Конструкционное демпфирование: Это приведёт к рассеиванию энергии в корне лопасти из-за трения скольжения, если между корнем лопасти и дисковым креплением существует какое-либо относительное движение.

В опытах авторов, для лопаток без бандажных связей получено следующее распределение потерь энергии колебаний: 85 % затрачивается на трение в хвостовом соединении, 7 % составляют потери в материале лопатки и 8 % приходится на *аэродинамическое демпфирование колебаний лопаток* и на потерю энергии колебаний в диске.

1. Демпфирование материала.

Внутреннее демпфирование в материале обусловлено несколькими одновременно протекающими процессами, из которых главными являются процесс повторного деформирования и связанное с ним рассеяние энергии [3]. Демпфирование проявляется также и при напряжениях, меньших предела упругости, при которых измеримые пластические деформации (макропластические) малы (при обычных расчётах материал считают упругим). Однако при низких напряжениях имеются микропластические деформации, которые и определяют демпфирующую способность материала.

Вклад внутреннего трения в демпфирование колебаний обычно незначителен. Экспериментально установлено, что демпфирование материала зависит от многих факторов. Наиболее важными из этих факторов являются: тип материалов, амплитуда напряжений, внутренние силы, количество циклов, размеры геометрии, качество поверхностей и температура. Демпфирование зависит, главным образом, от амплитуды напряжения, так как

$$D = J \left(\frac{\sigma}{\sigma_k} \right)^n, \quad (1)$$

где D – потери энергии на единицу объёма;

J – константа пропорциональности;
 σ – локальное напряжение;
 σ_k – предел выносливости;
 n – показатель демпфирования.

Значение n может быть между 2 и 4, но обычно используется $n = 2,3$. Демпфирование увеличивается с увеличением числа циклов, и, наконец, происходит усталостное разрушение. Значения J очень различны для одного и того же материала, по мнению разных авторов.

Например, результаты исследования внутреннего демпфирования в лопатке паровой турбины с помощью программы ANSYS в работе [3].

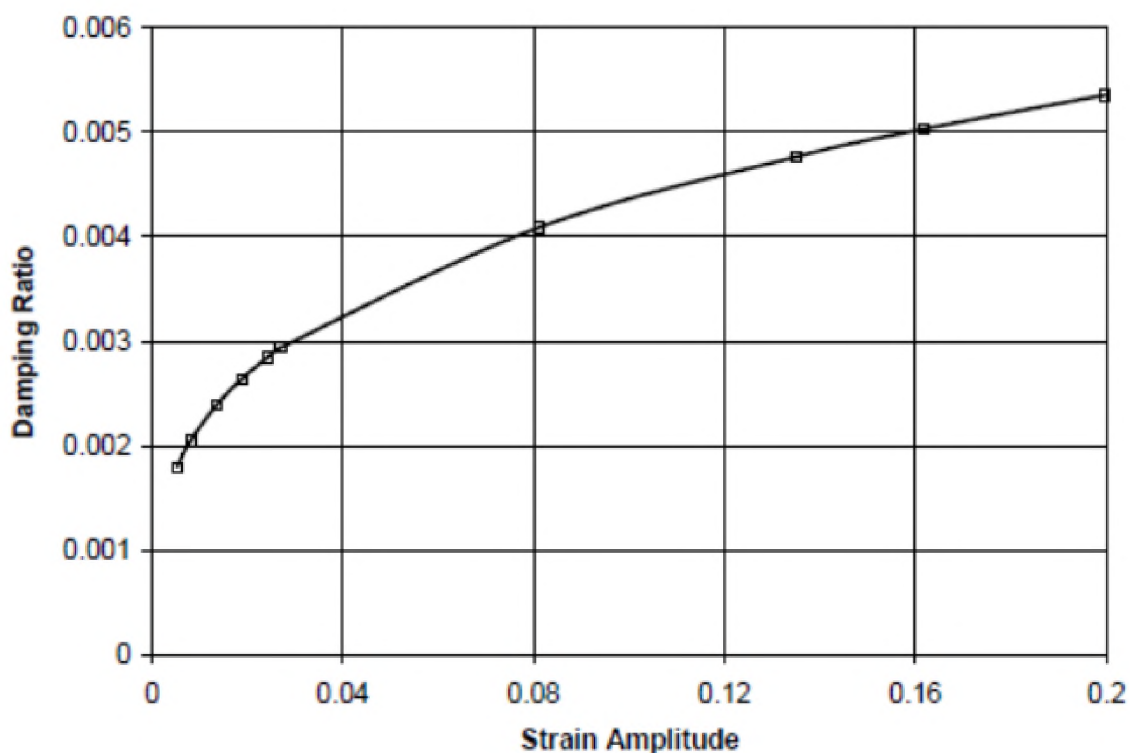


Рисунок 1 – Зависимость вязкого демпфирования от амплитуды деформации

Удельный коэффициент демпфирования определяется по отношению между энергией потери и полной энергией деформации

$$\psi = \frac{D}{U}. \quad (2)$$

Связь между величины демпфирования может быть выражена

$$\eta = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi} = 2\xi, \quad (3)$$

где n – коэффициент потерь;
 δ – логарифмический декремент колебания;

ξ – коэффициент вязкого демпфирования.

Логарифмический декремент колебаний δ для некоторых материалов, применяемых для лопаток компрессоров и турбин, приведён в таблице 1.

2. Аэродинамическое демпфирование

Силовое взаимодействие колеблющейся лопатки с обтекающим её потоком носит весьма сложный характер. Существует несколько причин, по которым энергия колеблющейся лопатки может передаваться потоку: при колебаниях лопатки изменяется угол атаки, причем дополнительная подъёмная сила находится в противофазе со скоростью колебаний, в связи, с чем для поддержания установившихся колебаний необходимо затрачивать энергию; при колебаниях в сжимаемой жидкости возникают акустические волны, которые также рассеивают энергию; наконец, дополнительные потери энергии имеют место при перестройке пограничного слоя, возникающей при колебаниях [4 - 6].

Таблица 1 – Логарифмический декремент колебаний

Материал	δ
Кованный магний	0,006
Штампованный алюминий	0,005
Титановые сплавы	0,003 - 0,008
Сталь	0,003
Кованный титан	0,006
Стеклопластики	0,12 - 0,13
Хромистые стали мартенситно- и мартенситно - ферритного классов	0,002 - 0,001

Оценим порядок сил, действующих на колеблющуюся лопатку от обтекающего её потока следующим образом. Считая скорость колеблющейся лопатки $v_0 = dV / dt$ малой в сравнении с установившейся скоростью потока ω , и тогда можно на основании уравнений Бернулли найти, что переменная во времени составляющая давления на поверхности лопатки Δp пропорциональна следующей величине:

$$\Delta p \sim \rho v_0 \omega, \quad (4)$$

где ρ – плотность потока.

Переменная аэродинамическая сила L , действующая на всю лопатку, будет пропорциональна величине $\Delta p bl$, т. е.:

$$L \sim \rho v_0 \omega bl. \quad (5)$$

Между скоростью колебаний лопатки и действующей на неё от потока силой L имеется определенный сдвиг по фазе, величина которого зависит от числа Струхала Sh . Кроме этого, сила L зависит от сдвига по фазе между ко-

лебаниями соседних лопаток α , угла установки лопаток β и относительно шага решётки t/b . Таким образом, можно записать следующее выражение:

$$L = \rho v_0 \omega b l \phi(\alpha, \beta, t/b, Sh). \quad (6)$$

Кроме указанных выше параметров, функция ϕ зависит также от угла атаки и число Маха при учёте сжимаемости потока.

Мощность N , отдаваемая колеблющейся лопаткой потоку, пропорциональна произведению силы на скорость колебаний:

$$N = \rho v_0^2 \omega b l \phi(\alpha, \beta, t/b, Sh). \quad (7)$$

Величина аэродинамического декремента колебаний δ_a определяется как отношение энергии, рассеянной в поток за цикл колебаний T , к кинетической энергии колеблющейся лопатки E_k , т. е.:

$$\delta_a = \frac{NT}{E_k}. \quad (8)$$

Таким образом, аэродинамическое демпфирование в воздухе является функцией геометрии лопасти, скорости потока, частоты колебаний и частоты вращения ротора. Увеличение частоты вращения ротора приводит к существенному увеличению δ_a , а увеличение частоты при переходе к более высоким формам приводит к уменьшению δ_a . В аэродинамической решётке демпфирование существенно зависит от сдвига фаз между колеблющимися лопатками. Минимальное демпфирование соответствует $\varphi = 0$, максимальное $\varphi = 180$, причем при переходе от $\varphi = 0$ к $\varphi = 180$ демпфирование может увеличиться в 4 - 5 раз. Для первых ступеней компрессора при малых углах атаки аэродемпфирование в 10 - 15 раз больше, чем демпфирование в материале лопатки. В турбинных лопатках аэродемпфирование существенно ниже, чем в компрессорных, но в последних ступенях некоторых турбин оно соизмеримо с механическим демпфированием.

3. Конструкционное демпфирование

Конструкционное демпфирование возникает вследствие потерь энергии на трение на поверхностях контакта лопатки с сопряженными деталями: в замковых соединениях лопатки с диском, на контактных поверхностях антивибрационных (бандажных) полок. Потери на трение возникают при взаимном смещении этих поверхностей при колебаниях и тем больше, чем больше поверхность трения и сила трения, пропорциональная контактному давлению и коэффициенту трения. Демпфирование в соединении лопатки с диском зависит от конструкции замка и центробежной силы, действующей на лопатку. Также с увеличением температуры конструкционное демпфирование уменьшается за счет уменьшения зазоров в замках.

Демпфирование в замках ёлочного типа и типа «ласточкин хвост» невелико ($\delta_k = 0,002...0,01$) и понижается с увеличением растягивающего усилия и температуры. Это связано, главным образом, с тем, что мала поверхность контакта между лопаткой и пазом диска. При колебаниях лопатки с замком шарнирного типа происходит вращательное движение хвостовика относительно реборды диска. Сила трения определяется осевой составляющей газодинамических сил и с увеличением частоты вращения ротора растёт. Поверхность контакта (боковая поверхность хвостовика) велика по сравнению с замками других типов. Поэтому рассеяние энергии колебаний в замке шарнирного типа наиболее высокое. Демпфирование лопаток с шарнирным соединением почти не зависит от центробежной силы и температуры, а определяется только амплитудой колебаний и осевым усилием прижатия торцов.

Конструкционное демпфирование в лопатке в 2 - 6 раз больше, чем демпфирование в её материале. Повышение конструкционного демпфирования возможно при увеличении первоначального зазора по первому зубу замка (раззакоривание). Аналогичные результаты получаются и для различных типов замков паровых турбин [4]. Для увеличения конструкционного демпфирования создают конструкции лопаток с дополнительными поверхностями контакта: составные лопатки, охлаждаемые лопатки со специальным дефлектором, который при колебаниях контактирует с внутренней поверхностью лопатки, лопатки со спаренными ножками и др. Умение использовать демпфирование повышает ресурс турбомашин [7].

Список литературы

1. Репецкий О.В. Компьютерный анализ динамики и прочности турбомашин / О.В. Репецкий. – Иркутск: Изд - во ИрГТУ, 1999. – 301 с.
2. Walter J.P. Damping factors in turbine blade vibration, 1969, p.1 - 6.
3. Hamidipoor, Golsanamlou N., Zare I., Moradi P. The Impact of Blade and Material Damping in Turbine Blades, 2015.
4. Левин А.В., Боришанский К.Н., Консон Е.Д. Прочность и вибрация лопаток и дисков паровых турбин, 1981, с. 125 - 131.
5. Челомей В.Н. Колебания машин, конструкций и их элементов, 1981, с. 259 - 262.
6. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели, 2006, с. 1046 - 1049.
7. Repetskiy O.V., Cuong B.M. Fatigue life prediction of modern gas turbomachine blades. Incorporating Sustainable Practice in Mechanics of Structures and Materials. Proceedings of the 21st Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials: 275 - 280.

References

1. Repetskiy O.V. Komp'yuternyy analiz dinamiki i prochnosti turbomashin /O.V. Repetskiy. – Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 1999. – 301 s.
3. Levin A.V. Prochnost' i vibratsiya lopatok i diskov parovykh turbin / A.V. Levin, K.N. Borishanskiy, Ye.D. Konson. – 2 - ye izd., pererab. i dop. – L. : Mashinostroyeniye : Leningr. otd-niye, 1981, p – 710.
4. Kostyuk A.G. Dinamika i prochnost' turbomashin. M. : Izdatel'skiy dom MEI, 2007, p – 467.
5. Chelomey V.N. Kolebaniya mashin, konstruktsiy i ikh elementov, 1981, s. 259 - 262.
6. Inozemtsev A.A., Sandratskiy V.L. Gazoturbinnyye dvigateli, 2006, s. 1046 - 1049.

Сведения об авторах

Репецкий Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, проректор по международным связям Иркутского ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р - он, п. Молодёжный, тел. +7 3952 237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Нгуен Ван Мань – аспирант Иркутского ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р - он, п. Молодёжный, e-mail: hoangcuonghd95@gmail.com).

Information about the author

Repetckii O.V. – DSc in engineering, vice - rector, professor. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, 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 district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: hoangcuonghd95@gmail.com).

УДК 636.03

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ОБЛАСТИ ВЫПАСНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА**

С.В. Речкин

ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

В статье проведён анализ технических решений в области пастбищного животноводства. Важными аспектами достижения значительных экономических показателей эффективности производства продукции животноводства являются новые научные исследования, направленные на разработку и создание новой техники, ресурсосберегающих технологий, организацию управления технологическими процессами [6]. В настоящее время повышение эффективности использования культурных пастбищ и снижение трудозатрат в пастбищном животноводстве за счёт применения современных цифровых технологий является актуальной задачей для сельского хозяйства РФ.

Ключевые слова: Пастбищное животноводство, цифровые технологии, животное, автоматизация

**ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS
IN THE FIELD OF GRAZING LIVESTOCK**

S.V. Rechkin

Novosibirsk state agricultural university,
Novosibirsk, Russia

The article analyzes the technical solutions in the field of pasture animal husbandry. Important aspects of achieving significant economic indicators of the efficiency of livestock production are new scientific research aimed at the development and creation of new equipment, resource - saving technologies, the organization of technological process management [6]. Currently, increasing the efficiency of the use of cultural pastures and reducing labor costs in pas-

ture livestock through the use of modern digital technologies is an urgent task for the agriculture of the Russian Federation.

Key words: Pasture animal husbandry, digital technologies, animal, automation

Современные технологии, разрабатываемые для улучшения сенокосов и пастбищ, обладают значительным потенциалом, но апробированы только на примере отдельных хозяйств, а не в масштабах государства. Эффективность перспективных практических разработок в луговодстве зависит на 80 - 90 % от использования природных возобновляемых ресурсов. Следует отметить, что значительным резервом интенсификации и эффективности развития животноводства является пастбищное содержание скота. В разрезе государства – улучшение 8 - 10 млн. га пастбищ с травостоями из многолетних трав позволит в 4 - 5 раз увеличить их продуктивность, при этом удельная составляющая затрат на корма при пастбищном содержании, снижается до 30 % в структуре общих затрат. А это в свою очередь позволит увеличить в 2 раза рентабельность молочного и 1,5 раза мясного скотоводства [1].

При кормлении путём выпаса, активный рацион животных улучшает продуктивность и состояние здоровья животных. В случае пастбищного содержания коров, средний удой от одной коровы повышается на 1500 - 2000 кг молока, выход телят в расчёте на 100 голов повышается на 10 - 15 голов по отношению к среднему показателю. Известно, что в хозяйствах в пастбищный период производят до 50 % годового объёма молока. Качественное кормление животных на выпасах в летний период, свободное движение, солнечная инсоляция, тепло и чистый воздух – способствуют исправлению недостатков зимнего стойлового содержания, повышению показателей воспроизводства молочной продуктивности, снижению заболеваемости и увеличению долголетия скота.

При организации выпаса животных необходимо взвешенно подойти к решению проблем механизации процессов использования культурных пастбищ. Культурные пастбища, как правило, имеют огороженную территорию, внутри которой имеются загоны, которые также разделяются ограждениями. Как было сказано выше – обязательным условием получения высококачественных кормов на пастбищах – наличие и уход за многолетними травостоями. Уход за культурными пастбищами и их использование предполагает периодическое привлечение мобильных агрегатов для скашивания не стравленных остатков зеленой массы и разравнивания (равномерное распределение по площади) навоза. Наличие стационарных, разделяющих на загоны, ограждений существенно снижают эффективность ухода за пастбищем, оставляя необработанными зоны около ограждений – в результате чего снижается эффективность их использования. Кроме того – стационарное ограждение требует значительных финансовых вложений на их установку и поддержания в исправном состоянии.

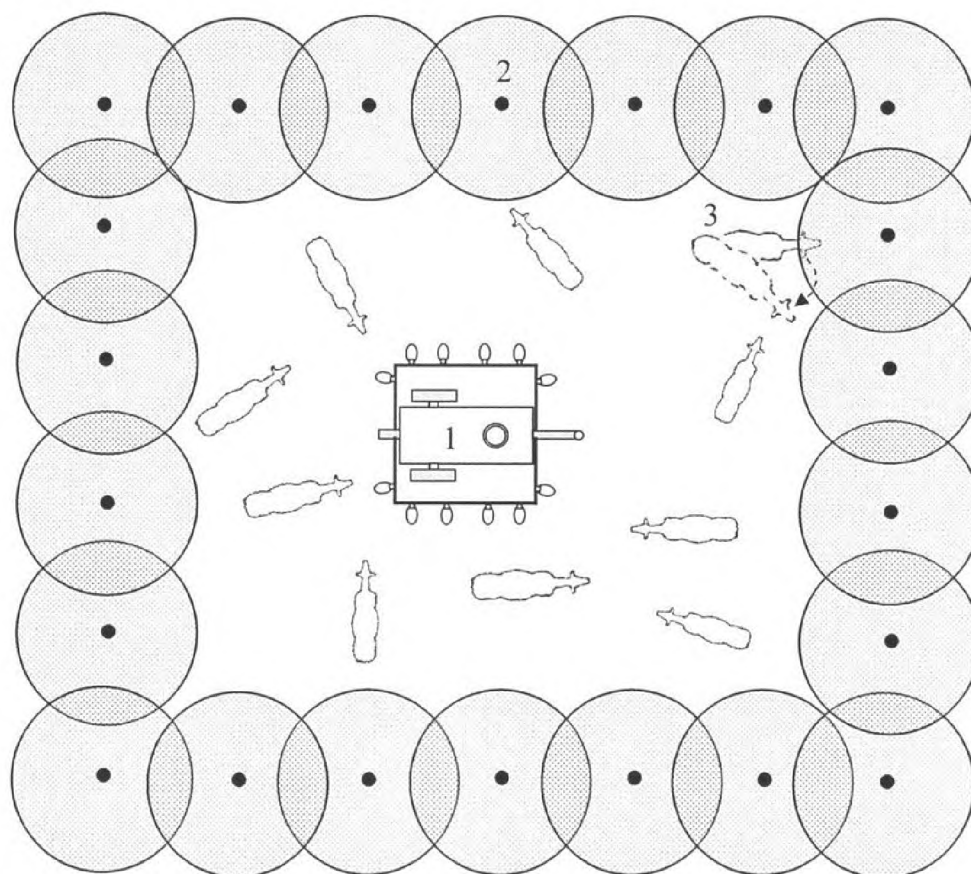
В 1967 году А.Г. Бернисом была предложена электрическая изгородь для пастбы животных. Изгородь содержит генератор импульсов, подклю-

ченных к проволоке. Проволока укреплена на изоляторах, смонтированных на стойках, установленных по периметру пастбища. Ток высокой частоты воздействует на животное при соприкосновении с проволокой, в результате чего формируется условный рефлекс – болевой эффект от соприкосновения с ограждающей проволокой.

Недостатком предложенного технического решения является необходимость наличия источника тока, ограждений в виде проволоки, стационарных стоек, недостаточной прочности проволоки и значительных затрат труда при монтаже и демонтаже изгороди.

В 1974 году Зевакиным П.А. предложена усовершенствованная конструкция электрической изгороди. Электрическая изгородь для пастбы скота, с целью предохранения изгороди от повреждения животными, токопроводящая проволока натянута выше роста животных и на ней навешены контактные проволочки с натяжными грузиками на концах.

И.К. Винников, Е.В. Бенова, С.А. Дмитренко (ГНУ ВНИИПТИМЭСХ), в 2010 году предложили использовать способ для ограничения выхода КРС и лошадей за пределы отведенного им участка не условный, а сильный безусловный рефлекс (инстинкт самосохранения), проявляющийся в реакции крупного рогатого скота и лошадей на жужжания овода. Услышав его, они панически бегут в обратную сторону [2].

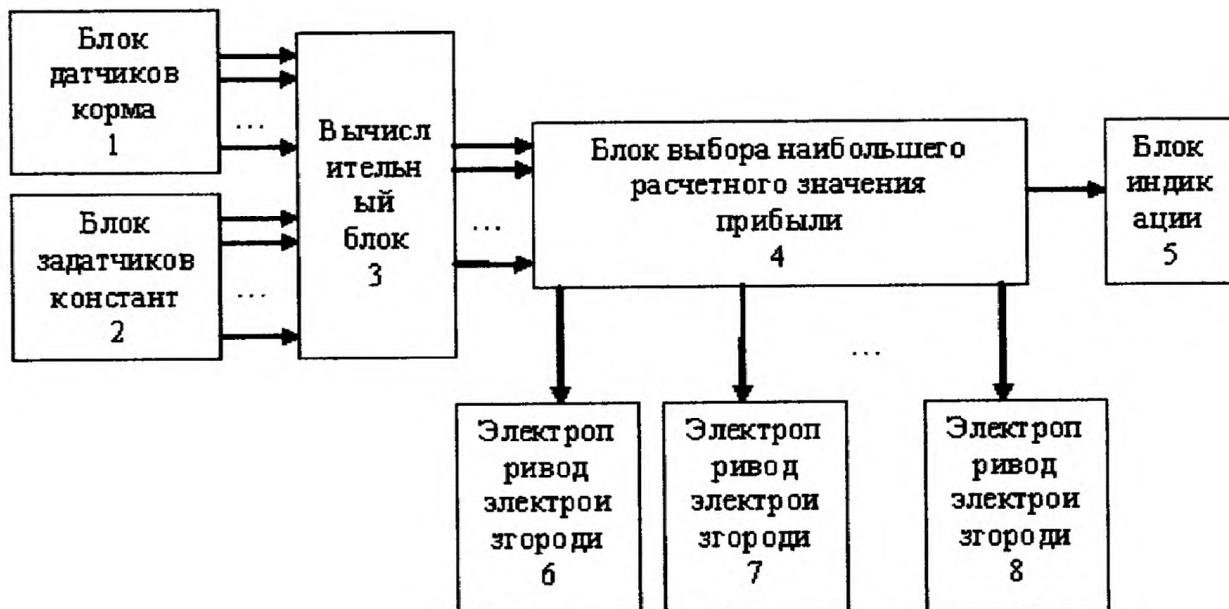


1 – Групповая автопоилка, 2 – звукогенераторы, 3 – животные.

Рисунок 1 – Способ ограничения выхода крупного рогатого скота и лошадей за пределы отведённого им участка (патент № 2379883)

Недостаток этого способа заключается в сложности обеспечения надёжного срабатывания звукогенераторов расположенных по периметру участка, необходимость электропитания для звукогенераторов, высоких затрат труда на обслуживание животных, высокая материалоемкость, сложности при переводе на другой участок кормления.

В 2011 году А.В. Дубровин, В.В. Шевцов и В.В. Шевцов из ГНУ ВИ-ЭСХ предложили способ и устройство автоматизации и информатизации экономичной пастьбы животных на пастбищах с электрическими изгородами [3]. Устройство автоматизации и информатизации экономичной пастьбы животных на пастбищах с электрическими изгородами содержит блок датчиков корма, блок задатчиков констант, вычислительный блок. Блок выбора наибольшего расчётного значения прибыли или расчётный блок предназначен для сравнения и расчёта данных, поступающих с датчиков корма и блока задатчиков констант. Блок индикации позволяет визуально наблюдать и оценивать работу устройства. Электроприводы электрических изгородей, выходы блока датчиков корма, блока задатчиков констант через вычислительный блок соединены с соответствующими входами блока выбора наибольшего расчётного значения прибыли. Соответствующие выходы блока выбора наибольшего расчётного значения прибыли подключены к соответствующим управляющим входам блока индикации и электроприводов электрических изгородей.

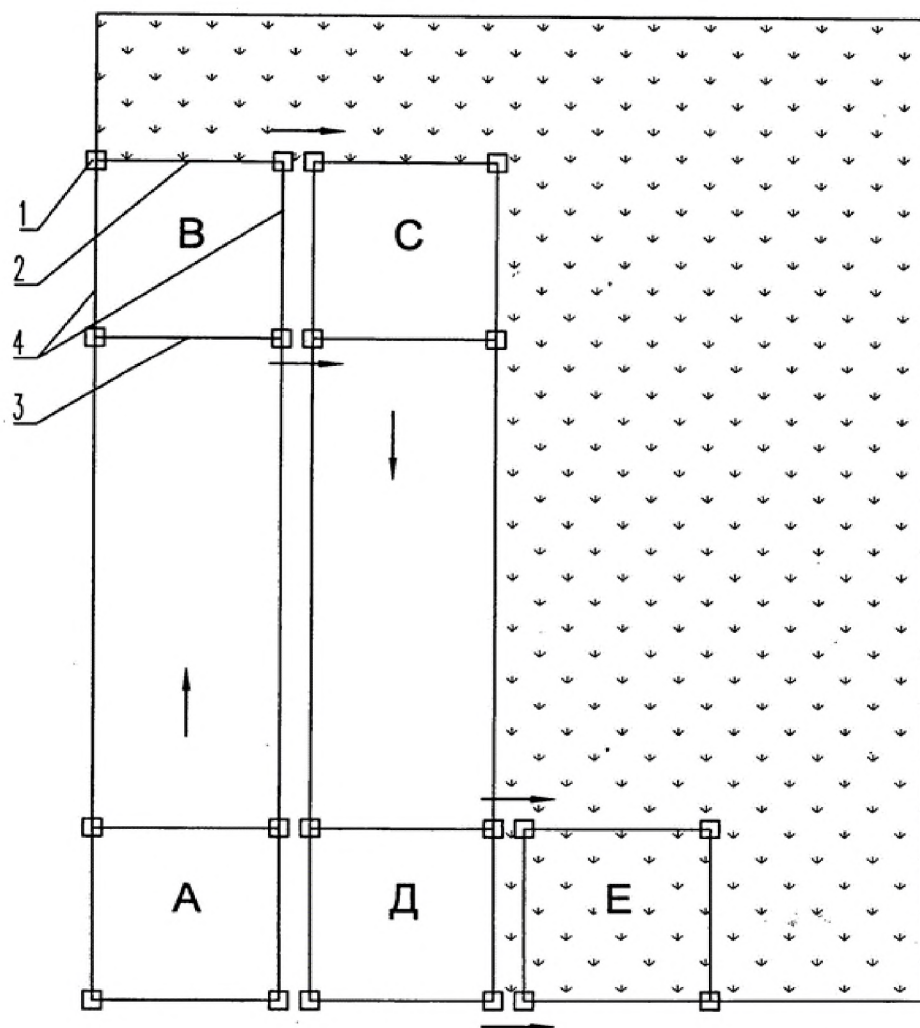


1 – блок датчиков корма, 2 – блок задатчиков констант, 3 – вычислительный блок, 4 – блок выбора наибольшего расчётного значения прибыли, 5 – блок индикации, 6, 7, 8 – электроприводы электроизгороди.

Рисунок 2 – Функциональная схема устройства автоматизации и информатизации экономичной пастьбы животных на пастбищах с электрическими изгородами (Патент № 2490875)

К недостаткам данного способа и устройства следует отнести сложность настройки алгоритмов расчёта прибыли, т. к. постоянно изменяются входные параметры, и часто бывает нецелесообразно перегонять в течение дня животных из одного загона в другой. Кроме того, опять же требуется оснащение электрическими изгородями, а это затраты электроэнергии и значительная металлоёмкость.

Р.С. Суюнчалиев, Ю.А. Цой и др. из ГНУ ВИЭСХ в 2012 году предложили устройство для пастьбы животных [4]. Устройство представляет собой две подвижные платформы, на раме которых закреплены кожух, генератор высоковольтных импульсов, привод ходовой части, аккумуляторные батареи. Платформы снабжены задним фронтальным проводом, который вместе с боковыми и передними фронтальными проводами закреплён с помощью поворотных штанг, позволяющих поднимать фронтальные провода и впускать животных в образуемый проводами электроизгородь подвижный загон или выпускать из него.



1 – Подвижная платформа, 2, 3 – фронтальные провода, 4 – боковой провод.

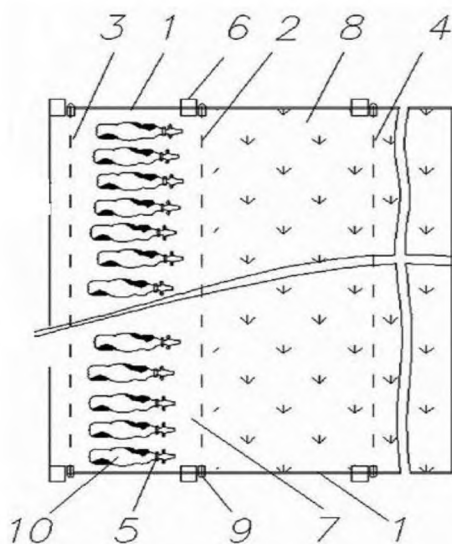
Рисунок 3 – Устройство для пастьбы животных (патент № 2515392)

Работает устройство для пастьбы животных следующим образом: устройство устанавливают в положение *A*. Поднимают задний фронтальный провод *3* и загоняют в устройство группу животных. Опускают провод *3* до высоты над землей 0,7 м и включают привод ходовой части всех четырёх платформ *1*, который питается от аккумуляторных батарей. Животные поедают свежую траву, в том числе под проводами электроизгороди *2* и *3* и стремятся в направлении движения переднего фронтального провода *2*, так как там находится нетронутая трава. По достижении края пастбища или его заданной точки платформы останавливаются (положение *B*) и весь подвижный загон путём поворота ходовых колёс на 90 градусов по часовой стрелке и перемещения вправо устанавливается в положение *C*. В этом положении задний фронтальный провод *3* становится передним. Ходовые колёса поворачиваются ещё на 90 градусов. Всё устройство перемещается, подгоняя животных, в направлении положения *D*. Здесь оно останавливается, штанга поворачивается, поднимая провод *3* и выпуская животных из подвижного загона. Ходовые колёса поворачиваются против часовой стрелки на 90 град. Всё устройство перемещается вправо в положение *E*, в котором ходовые колёса поворачиваются против часовой стрелки ещё на 90 град. Цикл пастьбы окончен.

К недостаткам этого устройства следует отнести высокую металлоёмкость конструкции, наличие аккумуляторных батарей, привода.

На основе прототипа [4] коллектив Ю.А. Цоя в 2020 г. из ФГБНУ ФНАЦ ВИМ предложили способ и устройство порционной пастьбы животных [5]. Способ включает разбивку пастбища на загоны с изгородями и воздействие предупреждающих сигналов на животных. Пастбище разбивают на порционные загоны, образованные виртуальными изгородями, в качестве которых используют инфракрасные или ультразвуковые лучи. При попадании туловища или головы животного в зону луча срабатывает датчик на ошейнике животного, и издается отпугивающий сигнал, что побуждает животное изменить направление движения в обратную сторону – внутрь загона. Виртуальные изгороди выполнены с возможностью периодического включения и выключения. Животных выпасают порционно в шеренгу, отпугивая при выходе из разрешенной зоны.

Устройство включает изгороди, образующие загон для животных. На продольных боковых изгородях установлены устройства для передачи инфракрасных или ультразвуковых лучей, образующих виртуальные поперечные изгороди.



1 – продольные боковые стационарные изгороди, 2, 3, 4 – виртуальная, поперечная и поперечные изгороди, 5 – датчик, закреплённый на ошейнике животного, 6 – датчик для передачи сигнала инфракрасного или ультразвукового луча, 7 – порционный загон, 8 – загон с нетронутой травой, 9 – датчик для приёма сигнала, 10 – животное.

Рисунок 5 – Способ и устройство порционной пастбы животных (патент № 2630866)

В настоящее время организация пастбищного животноводства не возможна без использования новых технологий и технологических решений. На современном этапе наблюдается переход сельского хозяйства на цифровые технологии. Трансформация и переход к инновационным методикам в этой сфере обусловлен тенденциями развития отрасли. Одно из таких нововведений – это использование беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) или так называемых дронов. При организации культурных пастбищ БПЛА может выполнять следующие функции:

- Дистанционный контроль здоровья животных. Дрон может выявлять заболевших животных в стаде.
- Оценка мест выпаса. Беспилотник позволяет оценить степень износа пастбища, оценить качество травы, заблаговременно выявить некоторые ядовитые растения, а также брать пробы воды, почвы и растений.
- Ветеринарная помощь. Дроны могут доставлять необходимые медикаменты для заболевшего животного, а также забирать анализы и доставлять их в ветеринарную клинику. Некоторые дроны имеют возможность дистанционно вводить различные препараты скоту.
- Охрана и безопасность. Обнаружения воров с воздуха, а также для отпугивания хищных животных.

Безусловно внедрение описанных выше технических решений в организации пастбищного животноводства требует значительных материальных затрат и обучения обслуживающего персонала. Но неоспоримым преимуществом является высокая автоматизация технологических процессов, что в итоге минимизирует затраты физического труда и способствует достижению таких целевых показателей как:

- увеличение эффективности производства, снижение затрат;
- рост объёмов производства;
- повышение квалификации и доходов обслуживающего персонала, увеличение производительности труда;
- снижение негативного влияния на окружающую среду;
- повышение качества производимой продукции.

Список литературы

1. Роботы для животноводства (краткий аналитический обзор): учебное пособие / сост. Л.П. Карташов. – Оренбург. : Издательский центр ОГАУ, 2015. – 92 с.
2. Пат. 2379883 Российская федерация, МПК А01М 29/02. Способ ограничения выхода крупного рогатого скота и лошадей за пределы отведенного им участка / Винников И.К., Бенова Е.В., Дмитриенко С.А. - № 2008140340/12; заявл. 10.10.2008; Опубл. 27.01.2010 Бюл. № 3.
3. Пат. 2490875 Российская федерация, МПК А01К 3/00. Способ и устройство автоматизации и информатизации экономической пастьбы животных на пастбищах с электрическими изгородями / Дубровин А.В. Шевцов В.В., Шевцов В.В. - № 2011143938/13; заявл. 31.10.2011; опубл. 27.08.2013 Бюл. № 2.
4. Пат. 2515392 Российская федерация, МПК А01К 3/00. Устройство для пастьбы животных / Суюнчалиев Р.С., Цой Ю.А., Астафьева В.Е., Тургенбаев М.С. - № 2012125346/13; заявл. 19.06.2012; опубл. 10.05.2014 Бюл. № 13.
5. Пат. 2730866 Российская федерация, МПК А01К 29/16, А01К 3/00. Способ и устройство порционной пастьбы животны х/ Цой Ю.А., Черноиванов В.И., Кирсанов В.В. [и др.]. - № 2019132084, заявл. 10.10.2019; опубл. 26.08.2020 Бюл. № 24.
6. Маринченко Т.Е., Кузьмин В.Н., Королькова А.П., Горячева А.В. Мониторинг инновационной активности в области сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех, 2018. – 104 с.
7. Серeda Н.А., Фириченков В.Е., Орлова Е.Е., Мирзоянц Ю.А. Экономическая эффективность цифровых технологий в животноводстве. // Техника и технологии в животноводстве № 3, 2020, с. 102.
8. Сельское хозяйство в России. 2019: Стат.сб. / Росстат – М. , 2019. – 91 с.
9. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Динамические таблицы и оперативная информация. // Новосибирскстат сайт. 2021. URL: <https://novosibstat.gks.ru/folder/32616> (дата обращения: 10.03.2021).
10. Тихомиров И.А. Повышение эффективности технологии производства молока в летний пастбищный период // Техника и технологии в животноводстве 2020. № 1 (37). С. 74 - 80.

References

1. Robots for animal husbandry (a brief analytical review): a textbook / comp. L.P. Kartashov. – Orenburg: Publishing Center of the OGAU, 2015. – 92 p.
2. Pat. 2379883 Russian Federation, IPC A01M 29/02. A method for limiting the output of cattle and horses outside the area allocated to them / Vinnikov I.K., Benova E.V., Dmitrienko S.A. – No 2008140340/12; application 10.10.2008; Publ. 27.01.2010 Byul. No 3.
3. Pat. 2490875 Russian Federation, IPC A01K 3/00. Method and device for automation and informatization of economical grazing of animals on pastures with electric fences / Dubrovin A.V. Shevtsov V.V., Shevtsov V.V. – No 2011143938/13; application 31.10.2011; publ. 27.08.2013 Byul. No 2.

4. Pat. 2515392 Russian Federation, IPC A01K 3/00. Device for grazing animals / Suyunchaliev R.S., Tsoi Yu.A., Astafyeva V.E., Turgenbayev M.S. - No. 2012125346/13; application 19.06.2012; publ. 10.05.2014 Byul. No. 13.

5. Pat. 2730866 Russian Federation, IPC A01K 29/16, A01K 3/00. Method and device of portion grazing of animals / Tsoi Yu.A., Chernoi Ivanov V.I., Kirsanov V.V. [et al.]. - No 2019132084, application 10.10.2019; publ. 26.08.2020 Byul. No.

24.6. Marinchenko T.E., Kuzmin V.N., Korolkova A.P., Goryacheva A.V. Monitoring of innovative activity in the field of agriculture: scientific. analyte. review. – Moscow. : FGBNU Rosinformagrotech, 2018. – 104 p.

7. Sereda N.A., Firichenkov V.E., Orlova E.E., Mirzoyants Yu.A. Economic efficiency of digital technologies in animal husbandry // Equipment and technologies in animal husbandry No 3, 2020, p. 102.

8. Agriculture in Russia. 2019: Stat. sat. / Rosstat – M. , 2019 - 91 p.

9. Agriculture, hunting and forestry. Dynamic tables and operational information // Novosibirsk State Statistics Website. 2021. URL: <https://novosibstat.gks.ru/folder/32616> (accessed: 10.03.2021).

10. Tikhomirov I.A. Improving the efficiency of milk production technology in the summer pasture period // Technique and technologies in animal husbandry 2020. No 1 (37). pp. 74 - 80.

Сведения об авторах

Речкин Сергей Васильевич – старший преподаватель кафедры автомобилей и тракторов инженерного института НГАУ. 630039, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160 тел. 89139851701, e-mail: sto.111@mail.ru

Information about the authors

Rechkin Sergey V. – senior lecturer of the department of automobiles and tractors of the engineering institute of NGAU. 630039, Novosibirsk region, Novosibirsk, Dobrolyubova str., 160 tel. 89139851701, e-mail: sto.111@mail.ru.

УДК 004.652:004.942

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Я.М. Иваньо, Н.В. Бендик, И.М. Колокольцева

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодёжный, Иркутская область, Иркутский район, Россия

В статье рассматриваются биологические риски, вызванные заразными, незаразными, инфекционными и инвазионными болезнями, которые причиняют ущербы животноводству. В дополнение к этому проанализированы причины потерь в растениеводстве, обусловленные деятельностью вредителей сельскохозяйственных культур, а также болезнями растений и сорняками. Собраны многолетние данные об эпизоотической ситуации, эпидемиологических событиях, фитосанитарном состоянии посевов сельскохозяйственных культур на территории Иркутской области. Для моделирования влияния биологической опасности на деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей предложено создать базу данных на основе источников информации о болезнях животных и деградации растений. В модель данных вошли сущности, описывающие вредителей и их тип, сорные растения, болезни растений и их виды, экономический порог вредности, ущербы, сельскохозяйственные товаропроизводители и муниципальные образования. На основе анализа систем управления базами данных для реализации базы данных предложено использовать систему MySQL которая имеет ряд преимуществ перед аналогами. Создание базы данных позволит использовать математическое моделирование для решения задач планирования и прогнозирования с использованием прогностических методов и технологий математического программирования в условиях биологических и других видов рисков.

Ключевые слова: биологические риски, база данных, сельское хозяйство, регион.

ON THE QUESTION OF FORMATION OF THE DATABASE OF BIOLOGICAL RISKS AT THE REGIONAL LEVEL

Ya.M. Ivanyo, N.V. Bendik, I.M. Kolokoltseva

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article examines the biological risks caused by contagious, non-contagious, infectious and invasive diseases that cause damage to livestock. In addition to this, the causes of losses were analyzed in the plant breeder, caused by the activity of pests of agricultural crops, as well as plant diseases and weeds. Long - term data on the epizootic situation, epidemiological events, phytosanitary state of agricultural crops in the Irkutsk region were collected. To model the impact of biological hazard on the activities of agricultural producers, it was proposed to create a database according to sources of information on animal diseases and plant degradation. The data model includes entities describing pests and their type, weeds, plant diseases and their types, economic threshold of harm, damage, agricultural producers and municipalities. Based on the analysis of database management systems for the implementation of the database, it is proposed to use the MySQL system, which has a number of advantages over its analogues. The creation of a database will allow the use of mathematical modeling to solve planning and forecasting

problems using predictive methods and technologies of mathematical programming in conditions of biological and other types of risks.

Key words: biological risks, database, agriculture, region.

Введение. Моделирование ситуаций, связанных с влиянием различных биологических рисков, имеет значение для решения задачи биологической безопасности [2] и повышения эффективности управления аграрным производством. Разнообразие источников опасности, которые вызывают уменьшение урожая, увеличение числа заболеваний животных, эпидемии, предполагает создание базы данных. Кроме того, необходимо учитывать большие объёмы материалов, характеризующие влияние биологических явлений на аграрное производство. На основании базы данных возможно создание математических моделей оценки и прогнозирования неблагоприятных ситуаций, обусловленных биологическими рисками.

В Иркутской области развиты молочно - мясное скотоводство, свиноводство, птицеводство, овцеводство, производство зерна, картофеля, овощей (открытого и закрытого грунта). Динамично развивается коневодство, пчеловодство, звероводство, аквакультура (товарное рыбоводство), производство масличных культур. Поэтому оценка биологических рисков в Иркутской области является актуальной задачей, решение которой позволяет управлять неблагоприятными процессами, чтобы минимизировать ущербы.

Целью работы является анализ данных о биологических рисках и выявление их особенностей для создания базы данных на региональном уровне.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- 1) определение источников информации, связанных с биологическими рисками и их особенностями;
- 2) создание модели данных биологических рисков.

Методы и материалы. В работе использованы данные отчётов ФГБУ «Центр ветеринарии» об эпизоотической ситуации по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2014 - 2019 гг. и отчётов по эпидемиологической ситуации в стране (по данным Департамента Ветеринарии Министерства сельского хозяйства РФ) за 2008 - 2020 гг. Рассмотрены обзоры фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации за 2018 - 2020 гг., доклады о результатах основных направлений деятельности Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору «Россельхознадзора», отчёты ФГБУ «Россельхозцентр» по Иркутской области [6 - 8, 15, 17 - 23].

Для решения задач использованы **методы** сбора и систематизации данных, сравнительный и статистический анализ данных, метод проектирования баз данных.

Основные результаты. Согласно [3] утверждён перечень заразных, в том числе особо опасных, болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин).

В Иркутской области особую опасность сельскохозяйственным посевам наносят многоядные вредители. Мониторинг ведётся по нестадным саранчовым, луговому мотыльку и мышевидным грызунам.

Вредители яровых зерновых колосовых, зернобобовых культур, многолетних трав, рапса, овощных культур, капусты и картофеля, выявляемые на территории региона необходимо вносить в базу данных с указанием справочных данных об экономическом пороге их вредоносности.

Сорные растения наносят сельскому хозяйству огромный вред, поглощая из почвы большое количество воды и питательных веществ, угнетают рост и развитие культурных растений, снижают их урожайность, затрудняют обработку почвы, посев, уход и уборку культурных растений. Вредоносность сорняков определяется числом их в посевах, а также взаимоотношением с культурными растениями.

Засорённость посевов в Иркутской области достаточно высока, видовой состав практически не меняется в отличие от плотности засорения. Преобладающими сорняками остаются осоты, жабрей, марь белая, сурепка обыкновенная, пырей ползучий, щетинники, куриное просо. Процент засорённости посевов планируется ввести в базу данных биологических рисков Иркутской области.

Распространённый подход к формированию баз данных предполагает сбор и внесение значений по всем показателям в отдельные таблицы, связанные между собой [4, 5]. Однако при сборе большого количества показателей возникают трудности, связанные с временными и финансовыми затратами. Причём в ряде случаев данные затраты представляются не оправданными по причине потери актуальности данных к моменту проведения анализа. Кроме того, такой подход приводит к многочисленному дублированию данных. Поэтому целесообразным является формирование «справочников», содержащих первичные данные, и автоматизация вычисления максимального числа показателей. Использование справочников упрощает структуру базы данных, исключает дублирование и позволяет повысить оперативность и надёжность системы в целом.

Разрабатываемая база данных биологических рисков содержит данные оценки эпизоотических ситуаций на территории Иркутской области за период 2007 - 2020 гг. из отчётов служб ветеринарии Иркутской области о проделанной работе и информационно - аналитического центра Россельхознадзора.

Формировать базу данных планируется согласно классификации заболеваний животных, базирующейся на этиологическом принципе, по которому они делятся на две основные группы – заразные и незаразные (рисунок 1). Заразные болезни, в свою очередь, подразделяются на инфекционные (вызываемые патогенными микробами) и инвазионные (возбудители – простейшие организмы и низшие животные – гельминты, паукообразные, насекомые и простейшие).



Рисунок 1 – Причины биологических рисков в животноводстве

На рисунке 2 показаны источники биологических рисков в растениеводстве. К ним относятся вредители, болезни сельскохозяйственных культур и сорные растения.

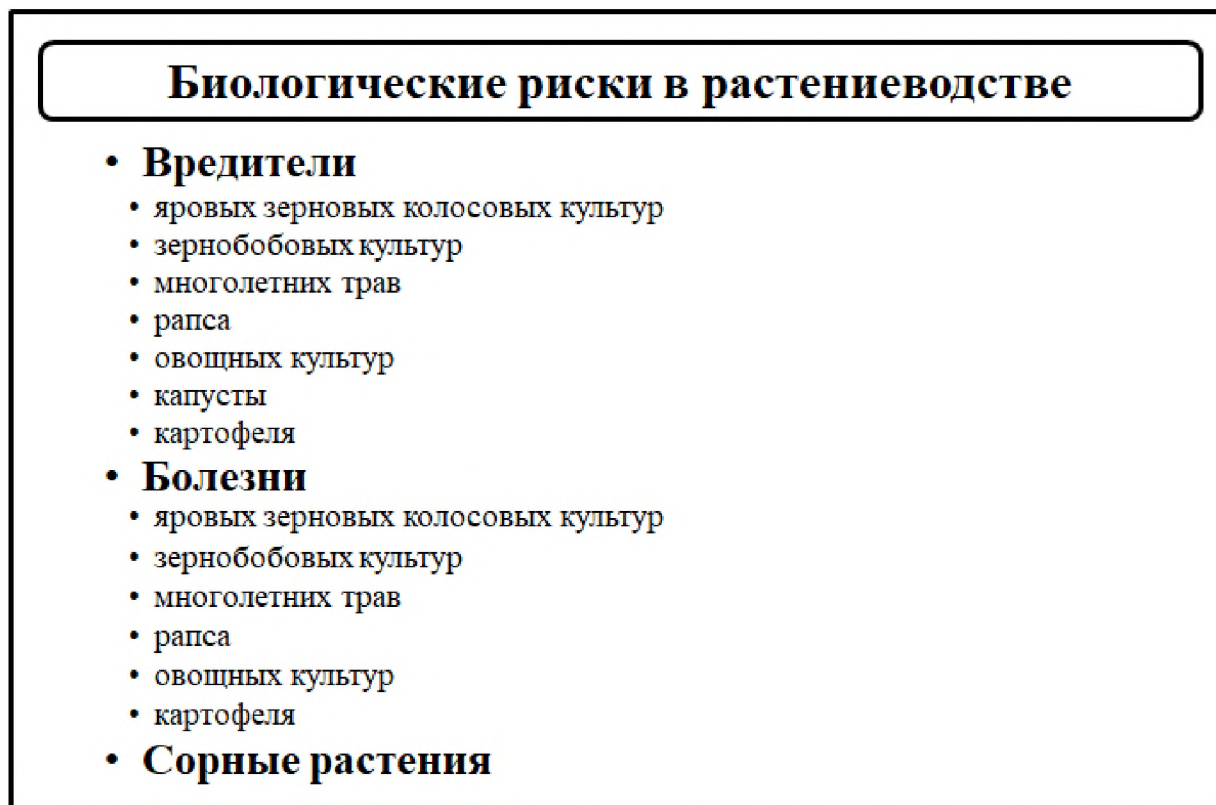


Рисунок 2 – Причины биологических рисков в растениеводстве

Помимо этого, большое значение для оценки опасности имеет экономический порог вредности (ЭПВ), который представляет собой плотность популяции или степень развития вредного организма, при которой экономически целесообразно применять защитные мероприятия [16]. Используя экономические пороги, можно оптимизировать уже сложившиеся системы защиты отдельных сельскохозяйственных культур, снизить угнетающее действие пестицидов на растения, которое приводит к снижению урожая.

К настоящему времени в нашей стране экономические пороги вредности для большинства вредных видов разработаны. Следует отметить не только универсальность многих показателей с точки зрения пригодности для разных географических зон, но и различия в зависимости от зоны возделывания культуры, климатических условий, используемых сортов, уровня агротехники, урожайности и других факторов.

На основе анализа источников биологических рисков предложена модель данных, которая состоит из девяти сущностей: «Вредители», «Тип вредителя», «Сорные растения», «Вид болезней», «Болезни», «Экономический порог вредности», «Ущерб», «Сельскохозяйственная организация», «Муниципальный район» (рисунок 3). Все сущности связаны с данными о биологических рисках производства продукции животноводства и растениеводства.

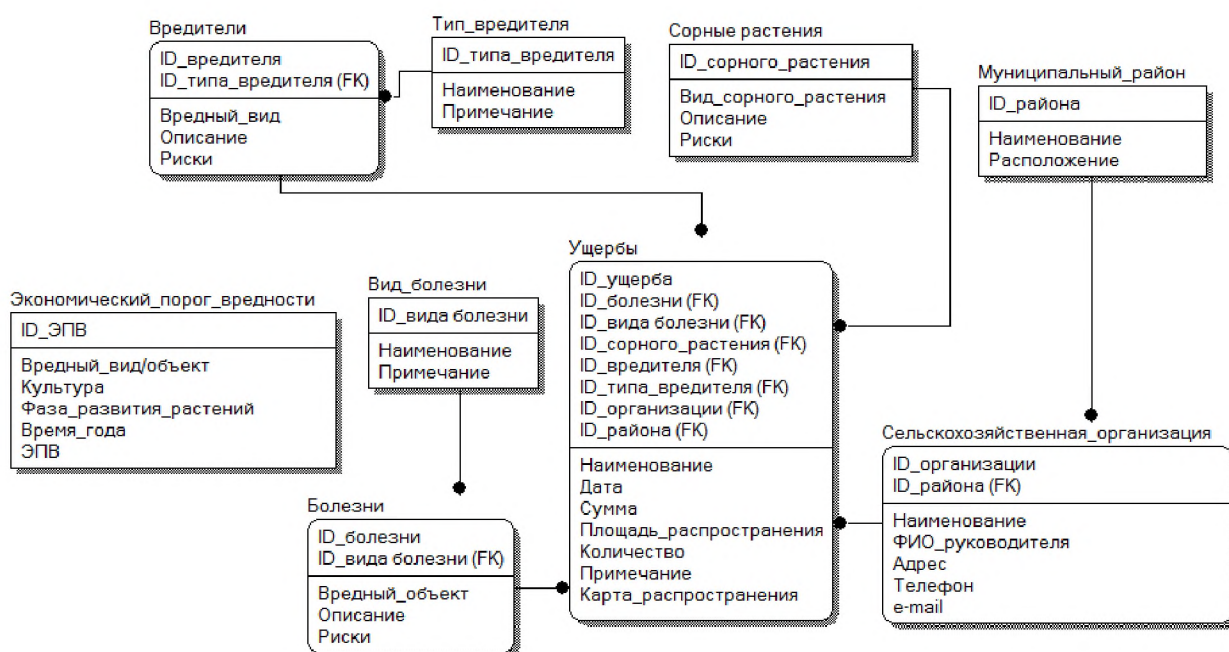


Рисунок 3 – Модель данных биологических рисков

Особый интерес для оценки рисков вызывает таблица «Ущерб», так как она содержит фактическую информацию о нанесённых ущербах сельскохозяйственным товаропроизводителям болезнями, сорными растениями и вредителями.

После разработки модели данных биологических рисков проанализированы современные системы управления базами данных (СУБД) и выбрана СУБД MySQL для реализации базы данных.

Выбор СУБД обоснован рядом преимуществ:

- открытый исходный код и бесплатное распространение;
- разнообразные плагины и дополнительные приложения, что упрощает работу с базой данных;
- встроенные системы безопасности, которые работают по умолчанию;
- необходимый набор инструментов, который может пригодиться при разработке проекта;
- применение в работе, как с малым, так и большим объёмом данных;
- высокое быстродействие СУБД относительно аналогов, распространенных на рынке.

В дальнейшем планируется реализация физической модели данных и наполнение информацией о биологических рисках региона.

Выводы. Анализ биологической опасности для отраслей сельского хозяйства показал, что территория Иркутской области достаточно благополучна в этом отношении. В целом ситуация с инфекционными заболеваниями подконтрольна ветеринарным службам. Однако определённые риски потери сельскохозяйственных животных существуют.

Растениеводческая отрасль Иркутской области из-за неблагоприятного санитарного состояния посевов ежегодно несёт существенные убытки. Воздействие вредных организмов приводит к недобору урожая и снижению качества производимой продукции.

Выявлены особенности биологических рисков Иркутской области для создания базы данных. Спроектирована модель данных биологических рисков. Все таблицы модели связаны с информацией о биологических рисках производства продукции животноводства и растениеводства.

Проанализированы системы управления базами данных и выбрана СУБД MySQL для её реализации с указанием преимуществ данного выбора.

Сведения о биологических рисках во многих случаях носят фрагментарный характер. Для вероятностной оценки биологических рисков необходимо увеличение исходных данных.

Принятый в декабре 2020 года Федеральный закон «О биологической безопасности в Российской Федерации» [1] определяет комплекс мер, направленных на создание и развитие системы мониторинга биологических рисков, который включает в себя выявление, анализ, прогнозирование, оценку и ранжирование биологических рисков на основе единых критериев.

Данные мониторинга биологических рисков впредь вносятся в государственную информационную систему в области обеспечения биологической безопасности. Это, скорее всего, поспособствует систематизации данных о биологических рисках, а также предупреждению и снижению их в будущем.

В дальнейшем планируется реализация физической модели данных и наполнение базы данных информацией о биологических рисках региона.

Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 492 - ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации». Доступ по ссылке: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056868/>.

2. Постановление Правительства РФ от 27 октября 2008 г. № 791 «О федеральной целевой программе «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации».

3. Приказ Минсельхоза РФ от 19 декабря 2011 г. № 476 «Об утверждении перечня заразных, в том числе особо опасных, болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин)».

4. Карпова И.П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических заданий. – Учебное пособие / И.П. Карпова – М. : Питер, 2013. – 240 с.

5. Куклев Е.В. Разработка структуры базы данных по рискам в области биологической безопасности на уровне субъекта Российской Федерации / Е.В. Куклев, А.С. Раздорский, В.А. Сафронов, А.К. Адамов, А.А. Лопатин, В.П. Топорков // Проблемы особо опасных инфекций. - 2010. – Вып. 103. – С. 34 - 36.

6. Об эпизоотической ситуации, сложившейся на территории Российской Федерации в 2015 году [Электронный ресурс] // Россельхознадзор: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/news/15919.html>. – 20.01.2021.

7. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году / Российский сельскохозяйственный центр. – М. , 2021.

8. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2019 году и прогноз на 2020 год / Российский сельскохозяйственный центр по Иркутской области. – Иркутск, 2019.

9. Орехов С.Н. Биологические угрозы и биологическая безопасность / С.Н. Орехов, А.Н. Яворский // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. - 2020. - № 5 (69). – 60 - 73

10. Паразитология и инвазионные болезни: краткий курс лекций для студентов IV и V курса специальности 36.05.01 «Ветеринария» / Д.М. Коротова. – Саратов, 2017. – 124 с.

11. Решение задач управления аграрным производством в условиях неполной информации: Монография / Я.М. Иваньо [и др.]; под редакцией Я.М. Иваньо. – Иркутск: Изд - во ИРГСХА, 2012. – 200 с.

12. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: монография: в 2 ч. / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Мегапринт, 2019. – Ч. 1. – 319 с.

13. Современные проблемы инфекционной патологии у животных и людей [Электронный ресурс] : материалы Международной научно - практической конференции, посвященной 90 - летию кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней животных, Витебск, 23 - 24 октября 2017 г. / УО ВГАВМ; ред. кол. : Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2017. – 115 с. – Режим доступа : <http://www.vsavm.by>. свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. , англ.

14. Список МЭБ и трансграничные инфекции животных: монография / В.В. Макаров, В.А. Грубый, К.Н. Груздев, О.И. Сухарев. – Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2012. - 162 с.

15. Фитосанитарный мониторинг особо опасных вредителей в Иркутской области в 2015 году и прогноз их развития на 2016 год [Электронный ресурс] // ФГБУ «Россельхозцентр» по Иркутской области : офиц. сайт. – Режим доступа: <https://rosselhocenter.com/otdel-zashchity-rastenij-11/6215-fitosanitarnyj-monitoring-osoboopasnykh-vrediteljev-v-irkutskoj-oblasti>. – 17.01.2021.

16. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 76 с.

17. Эпизоотическая обстановка [Электронный ресурс] // ФГБУ Центр ветеринарии: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://центр-ветеринарии.рф/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka/1790-informatsiya-ob-epizooticheskoy-situatsii-v-rossijskoj-federatsii-po-sostoyaniyu-na-10-yanvarya-2021-g>. – 17.01.2021.

18. Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2014 год [Электронный ресурс] / ФГБУ «Центр ветеринарии» // Новости Казани и Татарстана – БезФормата. – Режим доступа: <https://kazan.bezformata.com/listnews/zhivotnih-na-territorii-rossijskoj/31353917/>. – 20.01.2021.

19. Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2016 год [Электронный ресурс] / ФГБУ «Центр ветеринарии» // Бизнес партнер. Сельское хозяйство России: ежегодный справочник для руководителей и специалистов АПК. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossijskoj-1/>. – 17.01.2021.

20. Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2017 год [Электронный ресурс] / ФГБУ «Центр ветеринарии» // Бизнес партнер. Сельское хозяйство России: ежегодный справочник для руководителей и специалистов АПК. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossijskoj-1/>. – 17.01.2021.

21. Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2018 год [Электронный ресурс] / ФГБУ «Центр ветеринарии» // Бизнес партнер. Сельское хозяйство России: ежегодный справочник для руководителей и специалистов АПК. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossijskoj-2018/>. – 17.01.2021.

22. Эпизоотическая ситуация по социально значимым и особо опасным болезням животных в Российской Федерации за 2019 год [Электронный ресурс] / ФГБУ «Центр ветеринарии» // Бизнес партнер. Сельское хозяйство России: ежегодный справочник для руководителей и специалистов АПК. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossijskoj-2019/>. – 17.01.2021.

23. Эпизоотическая ситуация по трансграничным и экономически значимым инфекционным болезням КРС в России в 2013 г. / сост. А.В. Мищенко, В.А. Мищенко. – Владимир: ФГУ «ВНИИЗЖ», 2014. – 20 с.

References

1. Federal Law of December 30, 2020 No. 492-FZ "On biological safety in the Russian Federation." Accessed at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056868/>.

2. Decree of the Government of the Russian Federation of October 27, 2008 No. 791 "On the federal target program "National system of chemical and biological safety of the Russian Federation".

3. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 19, 2011 No. 476 "On approval of the list of infectious, including especially dangerous, animal diseases for which restrictive measures (quarantine) can be established".

4. Karpova I.P. Database. A course of lectures and materials for practical assignments. - Study guide. Moscow: Peter, 2013, 240 p.

5. Kuklev E.V. et al. Development of the structure of a database on risks in the field of biological safety at the level of a constituent entity of the Russian Federation. Problems of especially dangerous infections, 2010, vol. 103, pp. 34 - 36:

6. On the epizootic situation in the territory of the Russian Federation in 2015 [Electronic resource] // Rosselkhoznadzor: official. site. Accessed at: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/news/15919.html>.

7. Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2020 and the forecast of the development of harmful objects in 2021 / Russian Agricultural Center. - M. , 2021.

8. Review of the phytosanitary state of agricultural crops in 2019 and forecast for 2020 / Russian Agricultural Center for the Irkutsk Region. Irkutsk, 2019.

9. Orekhov S.N., Yavorsky A.N. Biological threats and biological safety. Bulletin of the O.E. Kutafin University, 2020, no. 5 (69), pp. 60 - 73.

10. Korotov D.M. Parasitology and invasive diseases: a short course of lectures for IV and V year students of the specialty 36.05.01 "Veterinary Medicine", Saratov, 2017, 124 p.

11. Solving problems of agricultural production management in conditions of incomplete information: Monograph, Ya.M. Ivanyo et all; edited by Ya.M. Ivanyo. Irkutsk, 2012, 200 p.

12. The system of agriculture in the Irkutsk region: monograph: in 2 hours. Ya.M. Ivanyo [and others]; ed. Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitriev. Irkutsk, 2019, part 1, 319 p.

13. Modern problems of infectious pathology in animals and humans [Electronic resource]: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Department of Epizootology and Infectious Diseases of Animals, Vitebsk, October 23-24, 2017 / UO VGAVM; ed. count : NI Gavrichenko (chief editor) [and others]. Vitebsk, 2017, 115 p. Accessed at: <http://www.vsavm.by>. free.

14. Makarov V.V. et all. List of OIE and transboundary animal infections: monograph. Vladimir, 2012, 162 p.

15. Phytosanitary monitoring of especially dangerous pests in the Irkutsk region in 2015 and the forecast of their development for 2016 [Electronic resource] // Federal State Budgetary Institution "Rosselkhoztsestr" in the Irkutsk region: official. site. Accessed at: <https://rosselhoscenter.com/otdel-zashchity-rastenij-11/6215-fitosanitarnyj-monitoring-osoboopasnykh-vreditel'ej-v-irkutskoj-oblasti>.

16. Economic thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in crops: a reference book, Moscow, 2016, 76 p.

17. Epizootic situation [Electronic resource] // FGBU Veterinary Center: official. site. Accessed at: <https://centre-veterinary.rf/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka/1790-informatsiya-ob-epizooticheskoy-situatsii-v-rossijskoj-federatsii-po-sostoyaniyu-na-10-yanvarya-2021-g>.

18. Epizootic situation on socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2014 [Electronic resource] / FSBI "Veterinary Center" // News of Kazan and Tatarstan - BezFormat. Accessed at: <https://kazan.bezformata.com/listnews/zhivotnih-na-territorii-rossijskoj/31353917/>.

19. Epizootic situation on socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2016 [Electronic resource] / FSBI "Center for Veterinary Medicine" // Business partner. Agriculture of Russia: an annual guide for managers and specialists of the agro-industrial complex. Accessed at: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossijskoj-1/>.

20. Epizootic situation on socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2017 [Electronic resource] / FSBI "Center for Veterinary Medicine" // Business partner. Agriculture of Russia: an annual guide for managers and specialists of the agro-industrial complex. Accessed at: <https://www.tsenovik.ru/business/articles/mvet/epizo>

oticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossiysko1/.

21. Epizootic situation of socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2018 [Electronic resource] / FSBI "Center for Veterinary Medicine" // Business partner. Agriculture of Russia: an annual guide for managers and specialists of the agro-industrial complex. Accessed at: https://www.tsenovik.ru/bizness/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossiyskoy_2018/.

22. Epizootic situation in socially significant and especially dangerous animal diseases in the Russian Federation in 2019 [Electronic resource] / FSBI "Center for Veterinary Medicine" // Business partner. Agriculture of Russia: an annual guide for managers and specialists of the agro-industrial complex. Accessed at: <https://www.tsenovik.ru/bizness/articles/mvet/epizooticheskaya-situatsiya-po-sotsialno-znachimym-i-osobo-opasnym-boleznyam-zhivotnykh-v-rossiyskoy/>.

23. Epizootic situation on transboundary and economically significant infectious diseases of cattle in Russia in 2013 / comp. A.V. Mishchenko, V.A. Mishchenko. Vladimir, 2014, 20 p.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р - н, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237330, e-mail: starkovan@list.ru).

Колокольцева Ирина Михайловна – аспирант кафедры информатики и математического моделирования. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89025190281, e-mail: misha05122005@yandex.ru).

Information about the authors

Ivanyo Yaroslav M. – doctor of technical sciences, professor of the department of informatics and mathematical modeling, vice rector for research (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Bendik Nadezhda V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling, FSBEI HE “Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky” (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237330, e-mail: starkovan@list.ru).

Kolokoltseva Irina M. – post - graduate 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. 89025190281, e-mail: misha05122005@yandex.ru).

УДК 519.863:633/.635:637

О КЛАССИФИКАЦИИ МНОГОЭТАПНЫХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Я.М. Иваньо, М.Н. Синицын

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В работе приведена классификация многоэтапных моделей математического программирования по различным признакам: уровень агрегирования, число критериев, динамика, линейность, неопределенность, отрасли, риски. При этом проанализированы работы авторов, описывающие многоэтапные модели: функционирования топливно - энергетического комплекса, транспортировки продукции, распределения ресурсов, аграрного производства. Помимо этого, акцентировано, что производство того или иного вида аграрной продукции может состоять из различных стадий, требующих нахождения оптимальных планов на основе многоэтапных моделей математического программирования. В частности, производство аграрной продукции осуществляется на основе технологических операций, связанных с подготовкой почвы, посевом, уходом за растениями, уборкой урожая и хранением. При наличии в хозяйстве переработки могут использоваться модели распределения ресурсов и методы динамического программирования. Поставки продукции на рынки описываются транспортной задачей. При этом для реализации продукции необходимо учитывать сезонность цен для выбора оптимального варианта реализации товара. Сложность планирования и прогнозирования этапов получения и реализации аграрной продукции заключается в наличии внешних факторов с высокой неопределенностью. Учёт природных и техногенных рисков позволяет сельскохозяйственному товаропроизводителю адекватно управлять деятельностью хозяйства.

Ключевые слова: многоэтапные модели, математическое программирование, производство продовольственной продукции.

ABOUT THE CLASSIFICATION OF MULTI - STAGE MODELS FOR OPTIMIZING FOOD PRODUCTION

Ya.M. Ivanyo, M.N. Sinitsyn

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

In the article, the classification of multistage models of mathematical programming according to various criteria (level of aggregation, number of criteria, dynamics, linearity, uncertainty, industries, risks) is given. At the same time, the works of the authors describing multi-stage models: the functioning of the fuel and energy complex, transportation of products, distribution of resources, agricultural production are analyzed. In addition, it is emphasized that the production of a particular type of agricultural products can consist of various stages that require finding optimal plans based on multi - stage mathematical programming models. In particular, the production of agricultural products is carried out on the basis of technological operations related to soil preparation, sowing, plant care, harvesting and storage. If there is processing on the farm, resource allocation models and dynamic programming methods can be used. Delivery

of products to markets is described by a transport problem. At the same time, for the sale of products, it is necessary to take into account the seasonality of prices to select the optimal option for selling the goods. The complexity of planning and forecasting the stages of obtaining and selling agricultural products lies in the presence of external factors with high uncertainty. Taking into account natural and man-made risks allows an agricultural producer to adequately manage the activities of the farm.

Key words: multistage models, mathematical programming, food production.

Введение. Существует большое число задач математического программирования, применяемых в сельском хозяйстве и других сферах жизнедеятельности человека [3, 5, 11, 12 и др.]. Целью задачи математического программирования является оптимизация заданной целевой функции при некоторых ограничениях, в которой обычно максимизируют прибыль, либо минимизируют затраты. При этом ограничения могут быть различного характера в зависимости от вида решаемой задачи (по объёму имеющихся денежных средств, ресурсов и др.) и записываются в виде равенств и неравенств [5, 7, 12].

Зачастую задачи математического программирования, описывающие сельскохозяйственное производство, характеризуются большим числом различных параметров: трудозатраты на получение животноводческой и растениеводческой продукции, урожайность сельскохозяйственных культур, земельные, топливные ресурсы и другие. Поскольку на производственные процессы воздействует большое количество агрометеорологических и гидрологических факторов, а также техногенных событий, при решении задач оптимизации получения продовольственной продукции число оптимальных решений может представлять собой некоторое множество, из которого для управления необходимо выбрать управленческие решения. Нахождение оптимальных вариантов задач такого рода может состоять из двух и многих этапов [3, 6, 7, 16].

Целью работы является описание особенностей многоэтапных задач оптимизации по производству продовольственной продукции в зависимости от различных признаков для классификации и применения в управлении.

Для достижения цели решались следующие **задачи:**

- 1) определение особенностей многоэтапных моделей оптимизации производства продовольственной продукции;
- 2) выделение групп многоэтапных моделей оптимизации по определённым признакам.

Материалы и методы. В работе проанализированы статьи, содержащие описание различных видов многоэтапных моделей. Так, двухэтапная минимаксная задача, описывающая развитие топливно - энергетического комплекса приведена в работе [1].

Многоэтапная экстремальная задача, связанная с распределением ресурсов, позволяющая описывать управленческие ситуации, требующая принятия решений при неопределённости и нечеткости данных описана в статье [13]. В работе [4] рассмотрен инструментарий построения многоэтапных за-

дач производственно - транспортной логистики, в которых описывается последовательность процессов выпуска продукции, доставка их в пункты переработки в другие виды, производство этих видов продукции и их доставки потребителям.

Многоэтапные модели используются и для планирования аграрного производства, в частности, для оптимизации размещения посевов с учётом различных севооборотов [10, 17]. В работе [10] число этапов связано с рассматриваемым числом сезонов производства аграрной продукции, для каждого из которых рассчитываются оптимальные планы. При этом некоторые параметры модели рассматриваются как случайные или интервальные. В дополнение к этой задаче в статье [8] предложена двухэтапная модель оптимизации производства аграрной продукции в условиях рисков, вызванных климатическими событиями. Авторы работы [14] учитывают риски в двухэтапной задаче распределения ресурсов.

В диссертационном исследовании [15] под многоэтапностью понимается наличие нескольких периодов принятия решений, разделенных во времени, на которых однородные по своему содержанию операции совершаются на основании уточнённых данных, полученных в результате реализации предыдущих операций.

Следует отметить, что описанные модели являются разнообразными по отраслям применения, используемой информации, внешних факторов и т. д., что требует их разделения по различным признакам для оценки адекватности реальным ситуациям.

Основные результаты и обсуждение. Многоэтапные модели оптимизации характеризуются особенностями в зависимости от специфики предмета исследования.

В работах различных авторов математические модели классифицируют по разным критериям или признакам [3, 5 - 7, 12, 16 и др.]. Приведём критерии классификации экстремальных задач (рисунок 1).

Помимо приведённых признаков оптимизационные модели делятся на одноэтапные и многоэтапные, которые в свою очередь так же могут быть микро- и макроэкономическими. Микроэкономическая модель отражает функционирование и структуру отдельного элемента экономической системы, взаимодействие его с другими элементами системы в процессе её функционирования. Макроэкономическая модель характеризует функционирование народного хозяйства как единого целого.

Согласно классификации по типу параметров модели в работе [10] в многоэтапной модели использованы детерминированные и неопределённые параметры. В некоторых случаях параметры, входящие в многоэтапную модель оптимизации аграрного производства, характеризуются наличием функциональных зависимостей [2]. При этом для планирования аграрного производства используются задачи параметрического программирования.

Помимо этого, многоэтапные оптимизационные модели делятся по отраслям: растениеводство, животноводство, сочетание. В работе [8] выделены

задачи, учитывающие влияние на аграрное производство рисков: природных, техногенных и их сочетания.



Рисунок 1 – Классификация задач математического программирования

Кроме того, нахождение оптимального плана для той или иной отрасли можно разделить на стадии (рисунок 2), которые состоят из двух и более этапов.

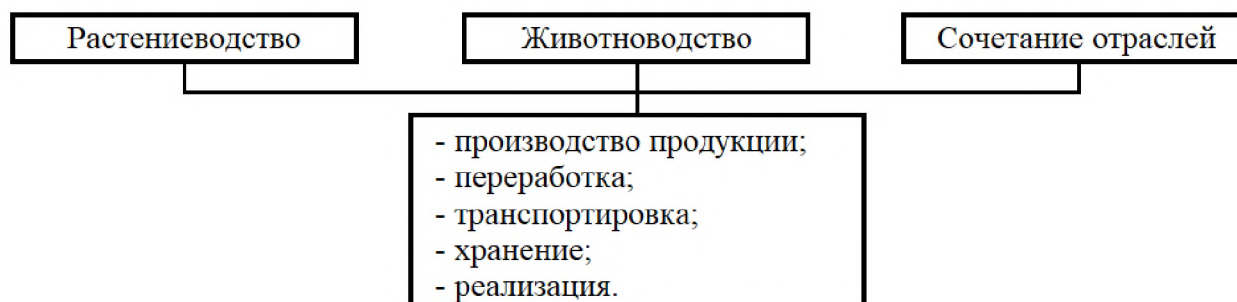


Рисунок 2 – Этапы оптимизации производства и реализации аграрной продукции

На стадии производства продукции могут быть применены задачи оптимизации структуры площадей, кормопроизводства, сочетания отраслей, производства продовольственной продукции др. При этом оптимизация получения аграрной продукции может включать в себя несколько этапов, описываемых математическими моделями: подготовка почвы и посев; уход за растениями в период вегетации и уборка урожая. На всех этапах можно использовать модели математического программирования во взаимосвязи.

При переработке продукции возможно применение задачи динамического программирования, позволяющей составлять оптимальный план замены (ремонта) оборудования [9].

Для управления логистическими операциями применима транспортная задача, позволяющая вычислять оптимальный план перевозок продукции из пунктов хранения в пункты реализации. Для оптимизации затрат на хранение используется складская логистика, позволяющая оптимизировать затраты на хранение с учётом различных характеристик склада. Кроме того, важным аспектом производства продукции является её реализации по наиболее выгодным ценам, которые, как правило, зависят от сезонности, что требуется учитывать при построении оптимизационных задач [18].

В случаях, когда на сельскохозяйственных предприятиях имеются датчики, выбор информации для многоэтапной модели разбивается на три этапа:

- 1) сбор, хранение и накопление информации с датчиков;
- 2) создание базы данных (базы знаний);
- 3) прогнозирование и планирование параметров аграрного производства.

Следует отметить, что наиболее важным является первый этап, поскольку от полученных данных зависят дальнейшие результаты прогнозирования и планирования производства. При этом датчики могут отражать параметры, как производства продукции, так и её хранения, если склад оснащён соответствующим оборудованием. Ключевым моментом является хранение информации. Полученная с датчиков информация может накапливаться на сервере (серверах) либо на накопителях (USB, жёсткий диск и т. д.).

В зависимости от вида получаемой информации создаётся база данных, реализуемая в системе управления базой данных. Использование больших объёмов полевой, нормативной и экспертной информации предполагает использование больших данных.

На основе полученных данных осуществляется выбор производственных параметров, необходимых для прогнозирования и расчёта оптимальных планов управления процессами производства, переработки и реализации продукции. Сезонность производства сельскохозяйственной продукции предполагает многоэтапность планирования с использованием прогностических параметров. Другими словами, определив оптимальный план по результатам года, на следующем шаге осуществляется планирование на следующий год. При этом необходимо учитывать неопределённость многих показате-

телей, входящих в модель планирования, а также природные и техногенные риски.

Выводы. Проанализированы виды многоэтапных задач, применяемых в различных областях знаний.

Описаны особенности многоэтапных моделей оптимизации производства продовольственной продукции, связанные с отраслями сельского хозяйства, этапами технологических операций, неопределённостью производственно - экономических показателей, рисками и динамикой.

Приведены примеры оптимизации производства, переработки и реализации продукции с использованием задач математического программирования.

Список литературы

1. Антонова Н.Н. Алгоритм решения двухэтапной минимаксной задачи с линейными ограничениями / Н.Н. Антонова, Л.М. Шевчук // Приближенные методы анализа и их приложения. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1990. – С. 5 - 10.
2. Барсукова М.Н. Развитие моделей планирования получения продовольственной продукции / М.Н. Барсукова, Н.В. Бендик, А.Ю. Белякова, Т.С. Бузина, Е.В. Вашукевич, Я.М. Иванько // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2018. – № 3 (11). – С. 96 - 107.
3. Валтер Я. Стохастические модели в экономике / Я. Валтер. – М. : Статистика, 1976. – 231 с.
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. Гатаулин А.М. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А.М. Гатаулин, Г.В. Гаврилов, Т.М. Сорокина. – М. : Агропромиздат, 1990. – 432 с.
6. Ермольев Ю.М. Стохастические модели и методы в экономическом планировании / Ю.М. Ермольев, А.И. Ястремский. – М. : Наука, 1979. – 256 с.
7. Задачи линейной оптимизации с неточными данными / М. Фидлер [и др.]. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика; М. : Институт компьютерных исследований, 2008. – 288 с.
8. Иванько Я.М. Двухэтапная модель оптимизации структуры посевов с учётом рисков / Я.М. Иванько, С.А. Петрова, М.Н. Полковская // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2018. – № 4 (12). – С. 88 - 95.
9. Иванько Я.М. Учебное пособие по математическому моделированию для студентов направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика / Я.М. Иванько. - Иркутск: Изд - во Иркутский ГАУ, 2017. – 140 с.
10. Иванько Я.М. О многоэтапных моделях оптимизации структуры посевов / Я.М. Иванько, М.Н. Полковская // Известия Иркутской государственной экономической академии. - 2014. – № 1 (93). – С. 121 - 125.
11. Кардаш В.А. Введение в стохастическую оптимизацию / В.А. Кардаш. – Ново-черкасск: НГТУ, 1995. – Кн. 1. – 155 с.
12. Кардаш В.А. Модели управления производственно - экономическими процессами в сельском хозяйстве / В.А. Кардаш. – М. : Экономика, 1981. – 184 с.
13. 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.

14. Наумов А.В. Учёт риска в двухэтапных задачах оптимального распределения ресурсов / А.В. Наумов, С.В. Уланов // Автоматика и телемеханика. – 2003. - № 7. – С. 109 - 116.

15. Суворова М.А. Исследование многоэтапных стохастических задач принятия решений: дисс. канд. физ. - мат. наук. – СПб, 2004. – 108 с.

16. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования / Д.Б. Юдин. – М. : Советское радио, 1979. – 392 с.

17. Galán Martín, Ángel & Pozo, Carlos & Guillén - Gosálbez, Gonzalo & Antón, Assumpció & Jiménez Esteller, Laureano. (2015). Multi - stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. 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.

18. Polkovskaya M.N., Ivano Ya.M. Optimization of agricultural production using a price forecasting model with a seasonal component. Critical Infrastructures in the Digital World (IWCI-2021). Proceeding of International Workshop, ISEM SB RAS, 2021. p. 30.

References

1. Antonova N.N., Shevchuk L.M. Algorithm for solving a two - stage minimax problem with linear constraints. Approximate methods of analysis and their applications, Irkutsk, 1990, pp. 5 - 10.

2. Barsukova M.N. et al. Development of planning models for obtaining food products. Information and mathematical technologies in science and management, 2018, no 3 (11), pp. 96 - 107.

3. Valter Ya. Stochastic models in economics. Moscow: Statistika, 1976, 231 p.

4. Gambarov L.A., Kuzminchuk N.V., Chernysheva N.P. Toolkit for constructing models of multi - stage tasks of production and transport logistics. Bulletin of Transport Economics and Industry, 2015, no 49, pp. 221 - 229.

5. Gataulin A.M., Gavrilov G.V., Sorokina T.M. Mathematical modeling of economic processes in agriculture. Moscow: Agropromizdat, 1990, 432 p.

6. Ermoliev Yu. M., Yastremsky A.I. Stochastic models and methods in economic planning. Moscow: Nauka, 1979, 256 p.

7. Fidler M. [et al.]. Problems of linear optimization with imprecise data. Izhevsk: Regular and chaotic dynamics; Moscow: Institute of Computer Research, 2008, 288 p.

8. Ivanyo Ya.M., Petrova S.A., Polkovskaya M.N. Two - stage model of crop structure optimization taking into account risks. Information and Mathematical Technologies in Science and Management, 2018, no 4 (12), pp. 88 - 95.

9. Ivanyo Ya.M. A textbook on mathematical modeling for students in the direction of training 09.03.03 Applied Informatics. Irkutsk: Publishing house of Irkutsk GAU, 2017, 140 p.

10. Ivanyo Ya.M., Polkovskaya M.N. On multistage models of crop structure optimization. Bulletin of the Irkutsk State Economic Academy. 2014., no 1 (93), pp. 121 - 125.

11. Kardash V.A. Introduction to stochastic optimization. Novochoerkassk, 1999, vol. 1, 155 p.

12. Kardash V.A. Models of management of production and economic processes in agriculture. Moscow: Ekonomika, 1981, 184 p.

13. Kolbin V.V., Bykova I.Yu. Resource allocation. Two - stage decision - making problem. Mathematical modeling of complex systems, SPb, 1999, pp. 133 - 136.

14. Naumov A.V., Ulanov S.V. Risk accounting in two - stage problems of optimal resource allocation. Automation and Telemechanics, 2003, no. 7, pp. 109 - 116.

15. Suvarova M.A. Research of multistage stochastic problems of decision making: Diss. Cand. physical and mathematical sciences. SPb, 2004, 108 p.

16. Yudin D.B. Problems and methods of stochastic programming. Moscow: Sovetskoye radio, 1979, 392 p.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – проректор по научной работе Иркутского ГАУ, доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, 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, п. Молодёжный, тел. 89500808807, e-mail: maks.sinitsyn.94@mail.ru).

Information about authors

Ivanyo Yaroslav M. – vice - rector for scientific work 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 004.6: 004.4: 519.85: 631.1

О СОЗДАНИИ БОЛЬШИХ ОБЪЁМОВ ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕГИОНЕ

Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, М.Н. Полковская

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В работе приведено описание концепции создания больших объёмов данных для управления процессом получения продовольственной продукции в регионе на основе рассмотрения идей различных авторов. Проанализированы разнородные источники информации, описывающие данные о состоянии и развитии аграрного производства и получения пищевой дикорастущей продукции и мяса диких животных. Описана модель системы больших объёмов данных. Научная значимость работы заключается в описании концепции разработки технологий по созданию больших объёмов данных с высокой скоростью прироста сведений, включающих в себя оценки технологий производства, карты состояния сельскохозяйственных угодий, экологические показатели качества земельных и водных ресурсов, погодно - климатические данные, природные и техногенные риски, архивно - исторические свидетельства. Такая разработка способствует решению задач управления получением продовольственной продукции. Актуальность создания системы больших объёмов данных связана с необходимостью повышения производительности труда в сельском хозяйстве и сфере заготовки и переработки дикоросов, увеличения объёмов производимой качественной продовольственной продукции с помощью создания цифровых средств. Обозначены пять групп задач для создания системы больших данных

и их использования в управленческих процессах.

Ключевые слова: большие объёмы данных, управление, аграрное производство, заготовка дикоросов, историко - архивные данные, риски.

ABOUT CREATE OF BIG DATA TO MANAGE THE RECEIPT OF FOOD PRODUCTS IN THE REGION

Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova, P.G. Asalkhanov, N.V. Bendik, M.N. Polkovskaya

Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The paper describes the concept of creating big data for managing the process of obtaining food products in the region based on the consideration of ideas from various authors. Various sources of information describing data on the state and development of agricultural production and obtaining food wild - growing products and meat of wild animals are analyzed. A model of a system of big data is described. The scientific significance of the work lies in describing the concept of developing technologies for creating big data with a high rate of increase in information, including assessments of production technologies, maps of the state of agricultural land, environmental indicators of the quality of land and water resources, weather and climatic data, natural and man - made risks, archival and historical evidence. This development contributes to solving the problems of managing the receipt of food products. The urgency of creating a system of big data is associated with the need to increase labor productivity in agriculture and the field of harvesting and processing of wild plants, increasing the volume of quality food products produced by creating digital tools. Five groups of tasks are identified for creating a big data system and their use in management processes.

Key words: big data, management, agricultural production, harvesting of wild plants, historical and archival data, risks.

Введение. Для эффективного управления производством аграрной продукции и заготовкой дикоросов товаропроизводители и заготовители должны иметь возможность оценивать и контролировать показатели своей деятельности, прогнозировать и планировать, работу на разных этапах, оперативно использовать информацию о влиянии внешних факторов на производство, повышать образовательный уровень для эффективного управления процессами получения продовольственной продукции и её реализации. При этом следует учитывать разные природно - климатические условия и частое влияние на деятельность производителей и заготовителей экстремальных погодных и техногенных явлений. Это особенно актуально в эпоху изменчивости климата и необходимости адаптации сельскохозяйственных товаропроизводителей к быстро меняющимся внешним факторам окружающей среды.

Большое значение имеют существенно возросшие потоки информации о состоянии и развитии хозяйства, связях товаропроизводителей между собой, министерствами сельского хозяйства региона и России, иностранными фирмами, а также экспортёрами продукции. Каждая технологическая операция по подготовке пашни, посеву, возделыванию сельскохозяйственных растений, уборке урожая, складированию и т. д. характеризуется сбором большого объёма информации, его постоянным и значительным пополнением. По-

мимо этого, изменяется состояние земельных ресурсов, отличающихся в пространстве значительной неоднородностью.

На больших территориях страны преобладают лесные массивы с богатыми запасами пищевой дикорастущей продукции, использование которой может в значительной степени дополнить аграрную продукцию, увеличить число рабочих мест, повысить возможности экспорта дикоросов. В дополнение к этому увеличение производства продовольственной продукции может осуществляться за счёт промысла диких животных. При этом сельское хозяйство и дикорастущая продукция подвергается воздействию климатических экстремальных явлений, погоды, а также нашествию вредителей сельскохозяйственных растений, заболеванию животных в результате заразных и незаразных болезней. Всё это требует внедрения технологий и инструментов создания и использования большого объёма данных. При таком огромном количестве разнородной информации возникает не только проблема их хранения, но и задача их последующего извлечения и использования для повышения эффективности деятельности аграрного предприятия, заготовки дикоросов и реализации продукции.

В литературных источниках российских и зарубежных авторов большое внимание уделяется вопросам использования больших объёмов данных в сельском хозяйстве. Между тем производство аграрной продукции является лишь частью получения продовольственной продукции. Дополнительной проблемой, которая требует дальнейшего исследования, является создание системы большого объёма данных, включающих в себя не только сведения для эффективного ведения сельского хозяйства, заготовки дикоросов, но и данных, характеризующих изменчивость экологических показателей состояния земельных и водных ресурсов. Особое место необходимо уделять мониторингу экстремальных гидрометеорологических явлений, распространению вредителей сельскохозяйственных растений и факторам заболевания животных. Очевидна потребность в свидетельствах исторического прошлого для более достоверной оценки природных и технологических рисков. Большое значение кроме мониторинга данных во времени имеет сбор и систематизация их по территории или в пространстве, способствующая оценке репрезентативности полученной информации.

Исходя из актуальности проблемы, целью работы является определение концепции создания больших объёмов данных для управления процессом получения продовольственной продукции в регионе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать разнородные источники информации, описывающие данные о состоянии и развитии аграрного производства и получения пищевой дикорастущей продукции и мяса диких животных;
- спроектировать концептуальную модель системы больших объёмов данных.

Научная значимость работы заключается в описании концепции разра-

ботки технологий по созданию больших объёмов данных с высокой скоростью прироста, включающих в себя разнородную информацию о технологиях производства, картах состояния сельскохозяйственных угодий, экологических показателях качества земельных и водных ресурсов, погодно - климатических данных, биологических рисках, архивно - исторических свидетельствах для решения задач управления получением продовольственной продукции. Актуальность проблемы связана с необходимостью повышения производительности труда в сельском хозяйстве и сфере заготовки и переработки дикоросов, увеличением объёмов производимой продовольственной продукции и её качества с помощью создания цифровых средств разработки и реализации системы больших объёмов данных в рамках продовольственной безопасности страны.

Материалы и методы исследования. При решении задачи создания системы больших объёмов данных предлагается использовать методологию разработки программного обеспечения, баз данных и баз знаний, технологии проектирования информационных систем и систем поддержки принятия решений. Кроме того, необходим анализ разнородных источников данных, определение их особенностей и взаимосвязей.

Во - первых, анализируется технология получения информации по технологическим процессам производства сельскохозяйственной продукции отраслей растениеводства и животноводства (данные датчиков, бухгалтерских отчётов, экспертные оценки) для выбора оптимального варианта заполнения контента системы больших данных.

Во - вторых, рассматриваются возможности получения ежесуточной гидрометеорологической информации территориального управления по гидрометеорологии и контролю окружающей среды в пространстве и во времени. Оценивается потенциал увеличения объёма гидрометеорологической информации за счёт создания автоматизированных агрометеорологических площадок.

В - третьих, для анализа состояния земельных ресурсов, экологических показателей, влияния экстремальных явлений, развития биомассы растений выбирается информация спутников в виде карт с определением необходимых данных для поступления в систему больших объёмов данных. Помимо спутниковой информации предполагается использование данных беспилотных летательных аппаратов.

В - четвёртых, на основе данных министерства лесного комплекса, министерства природных ресурсов и экологии, а также экспертных оценок и анкетирования егерей можно оценить условия произрастания дикоросов и их возможную величину сбора.

В - пятых, собраны и систематизированы историко - архивные свидетельства об экстремальных климатических событиях за исторический период по Иркутской области для пополнения больших объёмов данных.

В - шестых, предлагается в систему больших объёмов данных разместить многолетние данные о производстве продукции на полях, потерях

урожая в результате засух, ливней, заморозков, раннего снегопада, дождевых паводков и половодий.

В - седьмых, система больших объёмов данных должна пополняться данными органов статистического управления региона.

Создание больших объёмов данных необходимо для решения многообразных задач управления производством (заготовкой) продукции: мониторинг, прогнозирование, сценарии развития получения продовольственной пункции в хозяйстве, муниципальном образовании, регионе, а также планирования. В течение многих лет авторами разрабатывалось и реализовывалось на реальных объектах математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для перечисленных задач на основе методов теории нечётких множеств, математического и имитационного моделирования; теории вероятностей и математической статистики, исследования операций, нейронных сетей и алгоритмизации [1, 2, 4, 6 - 8, 10, 11, 12].

Основные результаты. Сегодня большие объёмы данных являются ключевым фактором развития информационных технологий. В эпоху цифровой трансформации различных сфер человеческой деятельности накапливается большое количество информации, благодаря которому возможно решение разных задач, в том числе междисциплинарных, что способствует значительному повышению эффективности использования ресурсов. В разных источниках российских и зарубежных авторов обсуждаются основные понятия, связанные с большими объёмами данных и их применением в разных отраслях экономики.

В частности, в работе [9] рассматриваются вопросы особенностей больших объёмов данных, их применения, инструментария и новых направлений, возникающих как в результате перечисленного, так и дальнейшего развития в научных дисциплинах, использующих моделирование. Авторы выделяют проблемы использования больших объёмов данных в селекции сельскохозяйственных растений и ведении сельскохозяйственного производства.

В работе [17] обращается внимание на то, что «большие объёмы данных» относятся к наборам данных, размер которых превышает возможности типичных программных инструментов баз данных для сбора, хранения, управления и анализа. Отсюда, определяются потенциальные направления исследований.

В ряде научных статей рассматриваются разные аспекты применения больших объёмов данных. В частности, в работе [3] выделены результаты использования больших объёмов данных как фактор интенсификации сельского хозяйства. Отмечается значение точного земледелия и высокотехнологичного животноводства для интенсификации развития сельского хозяйства России. Авторы работы [5] рассматривают использование больших объёмов данных для создания карт - заданий при дифференцированном внесении минеральных удобрений, а также для осуществления внутривладельческих землеустроительных мероприятий при внедрении как системы точного зем-

леделия в целом, так и отдельных её элементов.

Авторы [13] выделяют определённые проблемы, их решения и направления эффективного использования больших объёмов данных для важных инженерных, экологических и сельскохозяйственных приложений. Это касается, прежде всего, геопространственных данных окружающей среды, которые растут с беспрецедентной скоростью по размеру, разнообразию и сложности.

В работе [14] обращено внимание, что быстрый рост архивов общедоступных данных дистанционного зондирования Земли приводит к сложности расшифровки отдельных изображений. Предлагаются специальные методы обработки больших массивов с разным временем сбора данных, которые позволяют извлекать информацию об интенсивности землепользования. Новые методы обработки обуславливают новые методы измерения состояния земель.

Wu В. с соавторами [16] акцентируют внимание на том, что технологии больших данных успешно расширили возможности сбора данных *CropWatch* (глобальная система мониторинга сельского хозяйства на основе дистанционного зондирования) и расширили пространственный и временной охват сельскохозяйственного мониторинга и раннего предупреждения. В точном сельском хозяйстве используются данные датчиков, *web* - данные и потоковые данные, полученные из различных источников, датчики влажности почвы, *web* - сайты агроинформатики и спутниковые изображения для разработки инфраструктуры больших данных в сельском хозяйстве для принятия решений и прогнозной аналитики. Эти данные предлагается использовать для решения задач динамического программирования с целью повышения эффективности аграрного производства [15].

Отличительной особенностью нашей работы является расширенный спектр блоков данных с их связями в создаваемой системе больших объёмов данных, позволяющий решать многообразные задачи мониторинга, прогнозирования, планирования, учёта рисков для повышения эффективности при управлении производством аграрной продукции и заготовкой дикоросов. При этом данные о производстве аграрной продукции затрагивают отрасли растениеводства и животноводства с оценкой рисков, а заготовка и переработка дикоросов дополнительно включает сведения о промысле диких животных. В системе большого объёма данных предлагается использовать материалы историко - архивных свидетельств, собранных по региону за период, превышающий 350 лет.

Кроме того, разработаны математические модели для решения задач прогнозирования и планирования производства аграрной продукции и заготовки дикоросов. Построены модели кластеров заготовки, переработки и реализации пищевых дикорастущих ресурсов.

Выделим задачи в рамках проблемы по созданию системы обработки больших объёмов данных для получения эффективных управленческих решений в сферах производства аграрной продукции и заготовки дикоросов с

учётом рисков.

1. Определение технологий формирования системы больших объёмов данных для решения региональных задач управления получением продовольственной продукции.

2. Создание системы больших объёмов данных для решения управленческих задач.

3. Разработка алгоритма для получения информации, которая включает состояние аграрного производства, переработку и реализацию пищевой продукции: мониторинг, прогноз, планирование, риски и сценарии развития.

4. Построение алгоритма для получения информации, описывающей состояние заготовки дикорастущих ресурсов для управления получением, переработкой и реализацией пищевой продукции: мониторинг, прогноз, планирование, риски и сценарии развития.

5. Разработка алгоритма сбора информации для управления получением продовольственной продукции.

Заключение. Проанализированы разные источники, формирующие данные о состоянии и развитии аграрного производства, а также заготовке пищевой дикорастущей продукции и мяса диких животных.

Сформирована концепция разработки системы больших данных для решения задач управления аграрным производством, а также заготовкой дикоросов и мяса диких животных. Определено пять групп задач для создания системы больших данных и их использования в управленческих процессах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19 - 07 - 00322.

Список литературы

1. Асалханов П.Г. Интеллектуальная система моделирования изменчивости климатических явлений / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иванько // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2020. – Т. 47. - № 2. – С. 30 - 39.

2. Бендик Н.В. Информационные технологии в решении задачи оптимизации аграрного производства с учётом появления высоких паводков и половодий / Н.В. Бендик, Я.М. Иванько, С.А. Петрова / Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж: Издательство: Воронежского государственного университета – 2016. - № 2. – С. 38 - 45.

3. Ермаков С.А. Обеспечение большими данными общего доступа как фактор интенсификации сельского хозяйства / С.А. Ермаков // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2017. – Т. 7. - № 6В. - С. 199 - 216.

4. Иванько Я.М. Алгоритм реализации эколого - математических задач оптимизации производства сельскохозяйственной продукции в условиях неопределенности / Я.М. Иванько, Е.А. Ковалева, С.А. Петрова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж: Издательство: Воронежского государственного университета. – 2020. - № 2. – С. 79 - 91.

5. Мыслыва Т.Н. Прикладные аспекты использования «Big data» в сельском хозяйстве / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Интеграция и развитие научно - технического и образовательного сотрудничества - взгляд в будущее: Сборник статей II Международной научно - технической конференции (в 3 - х томах). - 2020. - С. 113 - 117.

6. Региональные модели кластеров заготовки, переработки и реализации пищевой дикорастущей продукции / Т.С. Бузина, Б.Н. Дицевич, Я.М. Иванько, С.М. Музыка, А.А. Лузан, С.А. Петрова, Д.Р. Чернигова, Ю.А. Столопова; под редакцией Я.М. Иванько. Монография. – Иркутск: Изд - во Иркутского ГАУ. – 2019. – 132 с.

7. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография / под редакцией Я.М. Иванько, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Изд - во ООО гапринт». - 2019. Ч. 1. - 319 с.

8. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография / под редакцией Я.М. Иванько, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Изд - во ООО гапринт». - 2019. Ч. 2. - 321 с.

9. Сухобоков А.А. Влияние инструментария Big Data на развитие научных дисциплин, связанных с моделированием / А.А. Сухобоков, Д.С. Лахвич // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2015. - № 3. - С. 207 - 240.

10. Ivanyo Ya., Petrova S., Polkovskaja M. Mathematical and information support of the program complex for planning of the harvesting of wild - growing products. IOP Journal of Physics: Conference Series (The XVII International Conference on Prospects of Fundamental Sciences Development 21 - 24 April 2020, Tomsk, Russian Federation). 2020. Vol. 1611 (1). Article № 012057. 7 p. Doi:10.1088/1742-6596/1611/1/012057.

11. Ivany Ya., Fedurina N., Varanitsa - Gorodovskaya Zh. Mathematical models of agricultural production management in high risk environments E3S Web of Conf. Vol. 222. 2020. 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). 9 p., <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022201018>.

12. Ivanyo Yaroslav, Petrova Sophia, Polkovskaya Marina, Fedurina Nina Modeling of the Production of Agrarian Products under the Conditions of Influence of Droughts, Rainfall and their Combinations // Proceedings of the Vth International workshop "Critical infrastructures: Contingency management, Intelligent, Agent - based, Cloud computing and Cyber security" (IWCi 2018). 2018. 13 p. DOI: <https://dx.doi.org/10.2991/iwci> - 18.2018.14. Access: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iwci-18/25899805>.

13. Karmas A., Tzotsos A., Karantzalos K. Geospatial big data for environmental and agricultural applications. Big Data Concepts, Theories, and Applications. 2016. pp. 353 - 390.

14. Koroleva P.V., Rukhovich D.I., Suleiman G.A., Shapovalov D.A., Kulyanitsa A.L. Evaluation of agricultural land exploitation intensity based on big data. Photogrammetry and remote sensing cartography and GIS. 2018. pp. 361 - 368.

15. Priya N., Geetha G. Dynamic programming based resource optimization in agricultural big data for crop yield maximization. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2017, Vol. 14. No 9. pp. 4464 - 4470.

16. Wu B., Zhang M., Zeng H., Zhang X., Yan N., Meng J. Agricultural monitoring and early warning in the era of Big Data. Journal of Remote Sensing. 2016. Vol. 20. No 5. pp. 1027 - 1037.

17. Yin S. and Kaynak O., Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends in Proceedings of the IEEE, 2015. Vol. 103. No 2. pp. 143 - 146.

References

1. Asalkhanov P.G., Bendik N.V., Ivanyo Ya.M. Intelligent system of modeling the variability of climatic phenomena // Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. 2020. Vol. 47. No 2. pp. 30 - 39.

2. Bendik N.V., Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. Information technologies in solving the problem of optimizing agricultural production taking into account the appearance of high floods and floods / Bulletin of Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technology. - Voronezh: Publisher: Voronezh State University. 2016. No 2. pp. 38 - 45.

3. Ermakov S.A. Providing big data sharing as a factor of intensification of agriculture / *Economy: yesterday, today, tomorrow*. 2017. Vol. 7. No 6B. pp. 199 - 216.

4. Ivanyo Ya.M. Algorithm of realization of ecological - mathematical problems of optimization of agricultural production in conditions of uncertainty / Ya.M. Ivanyo, E.A. Kovaleva, S.A. Petrova // *Bulletin of the Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technology*. - Voronezh: Publisher: Voronezh State University. 2020. No 2. pp. 79 - 91.

5. Myslyva T.N, Kutsaeva O.A. Applied aspects of using "Big data" in agriculture // *Integration and development of scientific, technical and educational cooperation - a look into the future: Collection of articles of the II International Scientific and Technical Conference (in 3 volumes)*. 2020. pp. 113 - 117.

6. Buzina T.S., Ditsevich B.N., Ivanyo Ya.M., Muzyka S.M., Luzan A.A., Petrova S.A., Chernigova D.R., Stolopova Yu.A.; edited by Ya.M. Ivagno *Regional models of clusters of procurement, processing and sale of wild food products*. Monograph. Irkutsk: Publishing house of the Irkutsk State Agrarian University. 2019. 132 p.

7. The system of conducting of agriculture in the Irkutsk region: In 2 parts. Monograph / edited by Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitrieva. Irkutsk: Publishing house of OOO Megaprint. 2019. Part 1. 319 p.

8. The system of conducting of agriculture in the Irkutsk region: In 2 parts. Monograph / edited by Ya.M. Ivanyo, N.N. Dmitrieva. Irkutsk: Publishing house of OOO Megaprint. 2019. Part 2. 321 p.

9. Sukhobokov A.A., Lakhvich D.S. The big data tools impact on the development of simulation - concerned academic disciplines / *Science and Education: scientific publication of the Moscow State Technical University. N.E. Bauman*. 2015. No 3. pp. 207 - 240.

10. Ivanyo Ya., Petrova S., Polkovskaja M. Mathematical and information support of the program complex for planning of the harvesting of wild - growing products. *IOP Journal of Physics: Conference Series (The XVII International Conference on Prospects of Fundamental Sciences Development 21 - 24 April 2020, Tomsk, Russian Federation)*. 2020. Vol. 1611 (1). Article № 012057. 7 p. Doi:10.1088/1742-6596/1611/1/012057.

11. Ivany Ya., Fedurina N., Varanitsa - Gorodovskaya Zh. Mathematical models of agricultural production management in high risk environments *E3S Web of Conf*. Vol. 222. 2020. 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). 9 p., <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022201018>.

12. Ivanyo Yaroslav, Petrova Sophia, Polkovskaya Marina, Fedurina Nina *Modeling of the Production of Agrarian Products under the Conditions of Influence of Droughts, Rainfall and their Combinations // Proceedings of the Vth International workshop "Critical infrastructures: Contingency management, Intelligent, Agent-based, Cloud computing and Cyber security" (IWCI 2018)*. 2018. 13 p. DOI: <https://dx.doi.org/10.2991/iwci-18.2018.14>. Access: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iwci-18/25899805>.

13. Karmas A., Tzotsos A., Karantzalos K. Geospatial big data for environmental and agricultural applications. *Big Data Concepts, Theories, and Applications*. 2016. pp. 353 - 390.

14. Koroleva P.V., Rukhovich D.I., Suleiman G.A., Shapovalov D.A., Kulyanitsa A.L. Evaluation of agricultural land exploitation intensity based on big data. *Photogrammetry and remote sensing cartography and GIS*. 2018. pp. 361 - 368.

15. Priya N., Geetha G. Dynamic programming based resource optimization in agricultural big data for crop yield maximization. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2017, Vol. 14. No 9. pp. 4464 - 4470.

16. Wu B., Zhang M., Zeng H., Zhang X., Yan N., Meng J. Agricultural monitoring and early warning in the era of Big Data. *Journal of Remote Sensing*. 2016. Vol. 20. No 5. pp. 1027 - 1037.

17. Yin S. and Kaynak O., *Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends in Pro-*

ceedings of the IEEE, 2015. Vol. 103. No 2. pp. 143 - 146.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Петрова Софья Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: +79149325573, e-mail: sofia.registration@mail.ru).

Асалханов Петр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел.: 8(3952)237330, e-mail: nio@igsha.ru).

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237330, e-mail: starkovan@list.ru).

Полковская Марина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодёжный, тел.: 8(3952)237330, e-mail: nio@igsha.ru).

Information about the authors

Ivanyo Yaroslav M. – doctor of technical sciences, professor of the department of informatics and mathematical modeling, vice rector for research (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Petrova Sofia A. - candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling, FSBEI HE “Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky” (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone +79149325573, e-mail: sofia.registration@mail.ru).

Asalkhanov Peter G. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling, FSBEI HE “Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky” (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237330, e-mail: nio@igsha.ru).

Bendik Nadezhda V. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling, FSBEI HE “Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky” (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237330, e-mail: starkovan@list.ru).

Polkovskaya Marina N. – candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics and mathematical modeling, FSBEI HE “Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky” (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, phone 8(3952)237330, e-mail: nio@igsha.ru).

УДК 631.3(092)

К 75 - ЛЕТИЮ ПЕТРА АНТОНОВИЧА БОЛОЕВА

Т.В. Бодякина, М.К. Бураев

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодёжный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

TO THE 75 TH ANNIVERSARY OF PETER ANTONOVICH BOLOEV

T.V. Bodyakina, M.K. Buraev

*Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

20 сентября 2021 года исполняется 75 лет со дня рождения Почётного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, Заслуженного инженера республики Бурятия, члена контактной группы Монголо - Российского содружества агроинженеров, профессора, доктора технических наук Петра Антоновича Болоева.



**Рисунок 1 – Доктор технических наук, профессор
Пётр Антонович Болоев**

Уроженец деревни Борохал Боханского района Иркутской области П.А. Болоев является выходцем из многодетной семьи. Его отец, участник Вели-

кой Отечественной войны, пришёл с фронта инвалидом войны 1 группы и, несмотря на военные увечья, стал для десятерых детей образцом беззаветного трудолюбия и стойкости в непростое послевоенное время. Самоотверженная работа родителей позволила всем детям вырасти и получить образование.

Петр Антонович получил среднее образование, окончив в 1963 году Бильчирскую среднюю школу. Эта школа известна тем, что из её стен в разное время вышли три руководителя Бурят - Монгольской АССР, пять будущих ректоров вузов СССР и России, доктора и кандидаты наук, заслуженные работники культуры и образования РФ и другие известные и неизвестные выпускники, трудом своим являющие гордость и славу данного учебного заведения.

В 1963 году Пётр Антонович выдержал экзамены и поступил на факультет механизации сельского хозяйства Иркутского сельскохозяйственного института, и после его окончания в 1968 году был направлен по распределению на работу в Боханское районное отделение «Сельхозтехника» Иркутской области в должности инженера ремонтной мастерской. В 1970 году был призван на военную службу в ракетные войска стратегического назначения.

После службы в армии с января 1971 года начинается его научно - педагогическая деятельность в Бурятском сельскохозяйственном институте (ныне БурГСХА им. В.Р. Филиппова) на кафедре «Тракторы и автомобили». До 1977 года он – ассистент кафедры, затем в 1979 году поступает в аспирантуру на кафедру «Тракторы и автомобили» Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ). Большую роль в становлении Петра Антоновича Болоева как учёного сыграл его наставник и научный руководитель, профессор, доктор технических наук Виктор Николаевич Попов. Под его руководством Пётр Антонович в 1984 году успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Повышение эффективности использования трактора в составе сельскохозяйственного МТА, путём стабилизации цикловой подачи топлива». В этом же году ВАК при Совете Министров СССР присудил ему учёную степень кандидата технических наук, а в 1985 году присвоил учёное звание доцента.

После успешной защиты кандидатской диссертации Пётр Антонович был направлен Министерством сельского хозяйства СССР в город Улан - Удэ для работы в должности доцента кафедры «Тракторы и автомобили» Бурятского СХИ, где через некоторое время был избран её заведующим и работал в этой должности до 1992 года. За этот период значительно повысился научно - педагогический потенциал кафедры. Были выполнены научно - исследовательские и хозяйственные работы на предприятиях АПК Бурятии, в том числе за счёт выигранных республиканских и федеральных грантов, десятки студентов были вовлечены в научные проекты и выполнили по ним выпускные квалификационные работы.

В 1992 году он переходит на работу в Бурятский государственный педагогический институт имени Доржи Банзарова (Бурятский государственный

университет создан в 1995 году на базе Бурятского государственного педагогического института имени Доржи Банзарова и филиала Новосибирского государственного университета) и работает в должности доцента, профессора, заведующего кафедрой «Машиноведение». За годы работы в БГУ им была организована и открыта новая специальность по кафедре машиноведения – «двигатели внутреннего сгорания», позволившая вывести гуманитарный университет на новый уровень подготовки специалистов инженерных специальностей. Стремление к совершенствованию научных знаний привело Петра Антоновича к творческому союзу с кафедрой «Тракторы» Санкт - Петербургского ГАУ и её заведующим профессором Николаенко А.В., ставшим научным консультантом по докторской диссертации.

В 1997 году в диссертационном совете Санкт - Петербургского ГАУ Пётр Антонович успешно защитил докторскую диссертацию на тему: «Улучшение эксплуатационных показателей МТА путём оптимизации управления рабочими процессами дизеля». Решением ВАК РФ от 12 декабря 1998 года ему присуждена ученая степень доктора технических наук, а в ноябре следующего года ВАК РФ присвоил ему учёное звание профессора.

В 2002 году по приглашению ректора Иркутской государственной сельскохозяйственной академии Пётр Антонович переходит на работу в ИрГСХА на должность заведующего кафедрой «Тракторы и автомобили». Наряду с укреплением научно - педагогической деятельности кафедры он развивает новое перспективное направление в теории ДВС – газодизель, и становится руководителем отраслевой лаборатории по этому направлению, организованной и открытой на базе кафедры в 2006 году.

Вместе с учениками и сотрудниками университета им проведены исследования по разработке ресурсосберегающих технологий эксплуатации машинно - тракторного парка, работе ДВС на альтернативных видах топлив в условиях Восточно - Сибирского региона. Болоев П.А. автор и соавтор более 200 научно - методических трудов, в числе которых 5 монографий. Он является руководителем магистерских и аспирантских научных работ, подготовил 2 кандидатов наук и 14 магистров, оказал неоценимую научно - методическую поддержку в подготовке двух докторских диссертаций, авторы которых без всяких официальных формальностей считают его своим учителем.

Активная научно - педагогическая деятельность Петра Антоновича претворяется его работой в диссертационных советах по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата и доктора наук по агроинженерным специальностям. Ему присвоено звание «Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», он является Заслуженным инженером республики Бурятия, членом контактной группы Монголо - Российского содружества агроинженеров.

Как утверждает сам юбиляр, истоками его многогранной деятельности являются семья, родные и близкие люди, при поддержке которых его физические, духовные и творческие силы только крепнут и растут.

В 2017 году Пётр Антонович возвращается на работу в БГУ в должно-

сти профессора кафедры машиноведения. При этом он ежегодно утверждается и работает в Иркутском государственном аграрном университете имени А.А. Ежевского председателем государственной экзаменационной комиссии по аттестации выпускников инженерного факультета и аспирантуры.

Пётр Антонович полон энергии и жизненного оптимизма, его творческая неистощимость идей заставляет всякого рядом стоящего или идущего выпрямлять спину, верить в себя и идти к достижению целей.

Пожелаем нашему юбиляру крепкого здоровья, счастья и дальнейших успехов.