



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского»**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**«АКТУАЛЬНЫЕ
ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ
НАУКИ»**

**Выпуск 33
декабрь**

**п. Молодёжный
2019**

Научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”, 2019, выпуск 33, декабрь.

Scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”, 2019, 33rd edition, December.

Издается по решению Ученого совета Иркутской государственной сельскохозяйственной академии с ноября 2011 г.

It is edited under the decision of the Scientific Council of the Irkutsk State Academy of Agriculture since November, 2011.

Главный редактор: Я.М. Иваньо - д.т.н.

Зам. главного редактора: М.К. Бураев - д.т.н.

Ответственный секретарь: Б.Ф. Кузнецов - д.т.н.

Члены редакционного совета: С.Н. Шуханов – д.т.н.; В.Н. Хабардин – д.т.н.; Ю.М. Краковский – д.т.н.; В.И. Зоркальцев – д.т.н.; С.Н. Степаненко - д.ф.-м.н. (Одесский государственный экологический университет, г. Одесса, Украина).

Chief editor: Ya.M. Ivanyo - D. Sc. in engineering.

Deputy chief editor: M.K. Buraev - D. Sc. in engineering.

Executive secretary: B.F. Kuznetsov - D. Sc. in engineering.

The members of the editorial board: S.N. Shukhanov - D. Sc. in engineering; V.N. Khabardin - D. Sc. in engineering; Yu.M. Krakovsky - D. Sc. in engineering; V.I. Zorkaltsev - D. Sc. in engineering; S.N. Stepanenko - D. Sc. in physics and mathematics (Odessa State Ecological University, Ukraine).

В журнале опубликуются работы авторов по разным тематикам: проблемам развития агроинженерных систем и технологий, математическим и информационным технологиям решения прикладных задач.

In the journal there are articles on different topics, such as: problems of development of agroengineering systems and technologies, mathematical and information technologies for solving applied problems.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77 - 76761.

The journal is registered by the Federal Agency for Supervision in the sphere of Communications, Information Technologies and Mass Media Communications. Certificate of registration of mass media is El № FS77 - 76761.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования электронной библиотеки LIBRARY.RU.

The journal is included to the Russian Federation index of scientific quoting of electronic library eLIBRARY.RU.

Рукописи, присланные в журнал, не возвращаются. Авторы несут полную ответственность за подбор и изложение фактов, содержащихся в статьях; высказываемые ими взгляды могут не отражать точку зрения редакции. Любые нарушения авторских прав преследуются по закону. Перепечатка материалов журнала допускается только по согласованию с редакцией. Рецензии хранятся в редакции не менее 5 лет в бумажном и электронном вариантах и могут быть предоставлены в Министерство образования и науки РФ по запросу.

Manuscripts are not returned to the authors. The authors are fully responsible for the compilation and presentation of information contained in their papers; their views may not reflect the Editorial Board’s point of view. Copyright. All rights protected. No part of the Journal materials can be reprinted without permission from the Editors. Reviews are stored in the office of editorial board at least 5 years in the paper and electronic versions and they can be provided on request to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. In addition, the editorial board provides its opinion on the compliance of the scientific work and the possibility of the publication.

Статьи проверены с использованием Интернет-сервиса “Антиплагиат”

Articles are verified with Internet-service “Anti-plagiary”

© ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”, 2019, декабрь.

СОДЕРЖАНИЕ

Серия МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

- Бодякина Т.В.* Разработка технологии сохранения ресурсов на предприятиях агропромышленного комплекса Иркутской области 5
- Болоев П.А., Хитерхеева Н.С., Новгородов И.Г., Петрова С.А.* Оптимизация параметров работы двигателя на неустановившихся режимах 12
- Жабин А.Ю., Шистеев А.В.* К обоснованию методики экспериментального исследования ресурса машин в зональных условиях 18
- Рудых А.В.* Использование электронагрева в условиях ограниченного электропотребления 25

Серия ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Асалханов П.Г., Бендик Н.В.* Цифровые технологии в проекте “Инновационный учебно-производственный участок “Молодежное” 32
- Барсукова М.Н., Иванова Е.Н., Петрова С.А.* О моделях оптимизации получения сочетания аграрной и пищевой дикорастущей продукции 40
- Белякова А.Ю., Федурин Н.И.* О проекте цифровой трансформации сельского хозяйства Иркутской области 49
- Рычков М.А., Ковалёв Г.Ф., Крупенёв Д.С.* Определение параметров ветрогидроэнергетических комплексов с учетом надёжности выдачи генерирующей мощности 59

CONTENTS

Series MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

- Bodyakina T.V.* Development of resource conservation technology at agricultural industry enterprises in Irkutsk region 5
- Boloev P.A., Khiterkheeva N.S., Novgorodov I.G., Petrova S.A.* Optimization of engine operation parameters on unsteady modes 12
- Zhabin A.Yu. Shisteev A.V.* To the substantiation of the method of experimental research of the resource of machines in zone conditions 18
- Rudykh A.V.* Use of electric heating under conditions of limited electric consumption 25

Series INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING

- Asalkhanov P.G., Bendik N.V.* Digital technologies in the project “INnovative training and production site “Molodezhnoye” 32
- Barsukova M.N., Ivanova E.N., Petrova S.A.* On models for optimizing of producing the combination of agricultural and wild-growing food production 40
- Belyakova A.Yu., Fedurina N.I.* On the project of digital transformation of agriculture in Irkutsk region 49
- Rychkov M.A., Kovalev G.F., Krupenev D.S.* Determination of parameters of wind-hydro-energy complexes taking into account the energy supply reliability 59

УДК 662.758.2:662.613:631.3 (571.53)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Бодякина

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Современные программы развития сельского хозяйства Иркутской области по интенсификации сельскохозяйственного производства предусматривают повышение уровня оснащения агропромышленного комплекса энергонасыщенными тракторами, современными комбайнами и другими различными мобильными и стационарными техническими агрегатами. Ввиду низкой конкурентоспособности отечественной продукции машинно-тракторный парк современных предприятий представляет собой разномарочный машинный двор. При этом практически каждая единица техники при проведении операций технического обслуживания или ремонта имеет ряд своих особенностей и отличий во всем, начиная от сроков проведения технических обслуживаний и заканчивая сроками поставки запасных частей их ценой и качеством.

Таким образом, для успешного решения задач по увеличению долговечности, безотказности, общей производительности и эффективности эксплуатации техники, возникающих перед инженерными службами современных сельскохозяйственных предприятий, необходимо дальнейшее развитие современных ресурсосберегающих технологий. Известно [1], что обеспечение нормального технического состояния тракторов и машин находится в прямой связи с экономией топливно-смазочных ресурсов, то есть чем меньше топлива или смазочных материалов расходуется, тем лучше. Однако, в свою очередь, используемые для смазочно-заправочных операций материалы должны соответствовать требованиям и стандартам, а современные высокопроизводительные мобильные сельскохозяйственные машины предъявляют высокие требования к качеству технического обслуживания и ремонту, точности регулировок, чистоте и свойствам горючих и смазочных материалов [2].

Каждое сельскохозяйственное предприятие является прямым потребителем горюче-смазочных материалов, причем объемы их использования могут достигать огромных значений. Кроме этого, замена технических жидкостей при проведении технических обслуживаний и ремонтов в процессе аграрного производства осуществляется намного чаще, особенно в период энергетически затратных работ, что приводит к увеличению затрат на утилизацию отходов нефтепродуктов. Это противоречит логике, поскольку самые передовые технологии крупных зарубежных концернов показывают, что ресурсосбережение производных нефти может достигать 95 % [3].

Ключевые слова: исследование, ресурсосбережение, надежность, работоспособность.

**DEVELOPMENT OF RESOURCE CONSERVATION TECHNOLOGY
AT AGRICULTURAL INDUSTRY ENTERPRISES IN IRKUTSK REGION**

Bodyakina T.V.

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Modern programs of agricultural development in Irkutsk region for intensification of agricultural production include increasing the level of equipping the agro-industrial complex with energy-saturated tractors, modern combines and other various mobile and stationary technical units. In this regard, due to the low competitiveness of domestic products, the machine-tractor fleet of modern enterprises is a multi-branded machine yard. At the same time, almost every piece of equipment during maintenance or repair operations has a number of its subtleties and differences, in everything - from the timing of maintenance and ending with the delivery time of spare parts for their price and quality.

Thus, in order to successfully solve the problems of increasing the durability, reliability, overall productivity and operating efficiency of equipment arising in front of engineering services of modern agricultural enterprises, further development of modern resource-saving technologies is necessary. It is known that ensuring the normal technical condition of tractors and machines is directly related to the saving of fuel and lubricant resources, that is, the less fuel or lubricants consumed, the better. However, in turn, the materials used for lubricating and refueling operations must meet the requirements and standards, and modern high-performance mobile agricultural machines place high demands on the quality of maintenance and repair, the accuracy of adjustments, the cleanliness and properties of combustible and lubricating materials.

Each agricultural enterprise is a direct consumer of fuels and lubricants, and the volume of their use can reach enormous values. In addition, the replacement of technical fluids during maintenance and repairs in the process of agricultural production is much more frequent, especially during energy-intensive work, which leads to an increase in the cost of disposing of oil products, which is illogical, since the most advanced technologies of large foreign concerns show that resource saving of oil derivatives can reach 95%.

Keywords: research, resource saving, reliability, performance ability.

В Иркутской области находит широкое применение установка специальных диспергаторов [3], использование которых позволяет смешивать мазут как фракцию нефти и воду. Такие технологии успешно применяются, например, при работе асфальтобетонных заводов, которые, в настоящее время, имеют полностью мобильный парк машин и агрегатов. Иными словами, завод по производству дорожного покрытия располагается как можно ближе к месту проведения работ. Здесь необходимо отметить, что каждый раз при монтаже всех составляющих такого производства на месте, необходимо проведение всех работ по подготовке контрольно-измерительных приборов, диспергаторов, емкостей, греющих элементов, грохотов и т.д. Многие котельные, имеющие доступ к нефтепродуктам, активно осваивают этот вид ресурсосбережения, использование смеси 15 – 40 % воды и 60 – 85 % мазута действительно приносит ощутимый эффект. На практике, происходит молекулярное смешивание мазута и воды в

пропорции 8.5 т : 1.5 т в 10 тонной емкости под давлением перемешивающего насоса 10 кПа.

В сельском хозяйстве, такие исследования проводились Гореликом М.М., Ивановым И.И. и многими другими учеными. Отличие этого направления в том, что для агропромышленного комплекса проводились испытания водобитоотопливных эмульсий, то есть мелкодисперсных смесей дизельного топлива и воды, получаемых путем механического, ультразвукового, вихревого смешивания.

Данная работа предусматривает в качестве конечного результата получение из отработанного сырья до 20 % сертифицированного биодизельного топлива и до 80 % базового масла, из которого компаундированием и введением присадок могут быть приготовлены фирменные масла для сельскохозяйственной специализированной техники.

Анализ исследований в направлении восстановления ресурсов на основе применения регенерации группы базовых масел из отработанного показал, что отработанное масло, содержащее 2 – 4 % твердых примесей и до 10 % остатков топливных соединений, содержит в своей консистенции до 70 – 85 % полезных соединений высокомолекулярных углеводов, полиальфаолефинов, сложных эфиров и других элементов в зависимости от применяемого способа регенерации [4].

За рубежом при управлении движением отработанной продукции, в том числе моторного, трансмиссионного и других типов масла руководствуются отдельной директивой по утилизации отработанных масел (утилизация включает в себя сбор, транспортировку, переработку, в том числе регенерацию, и захоронение отработанных масел). Данная директива или закон рассматривает отработанные масла как продукты, подлежащие вторичному использованию (долгий промежуток времени большая часть собранного отработанного масла в странах Евросоюза использовалась в качестве топлива). При этом зная, что отработанное масло является богатой основой для изготовления базового масла, после введения ряда дополнительных поправок в закон по поддержке малых предприятий по регенерации в Германии, Бельгии и Италии более 50% отработанных масел от сбора стало перерабатываться с целью получения регенерированных базовых масел [3].

Например, технология жесткого гидрокрекинга НТ компании “Petro-Canada” предусматривает удаление ароматических и полярных углеводов за счет реакции исходных нефтепродуктов с водородом в присутствии катализатора при высоких температурах до 400°C и давлении до 680 кПа.

Получаемые молекулы углеводов обладают высокой стабильностью, поэтому они идеально подходят для базовых масел. Получаемые продукты классифицируются API как базовые масла группы II (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение масел по классификации API

Группа API	Характеристики базового масла			Метод производства
	Сера, вес (%)	Насыщенные углеводороды, вес (%)	Индекс вязкости	
I	>0.03	<90	80 – 119	Сольвентная очистка
II	<0.03	>90	80 – 119	Гидроочистка
III	<0.03	>90	>120	Жесткий гидрокрекинг
IV	Полиальфаолефины (ПАО)			Олигомеризация
V	Другие базовые масла			Различные

Абсолютное большинство моторных масел, реализуемых на территории РФ, имеют сертификацию по SAE (Общество автомобильной инженерии), ACEA (Ассоциация европейских автопроизводителей), API (Американский институт нефти).

В сельском хозяйстве, также применяется большое количество материалов, стандартизированных по приведенным параметрам, то есть отработанный материал полностью подходит для переработки. Однако вопрос переработки отработанных нефтяных отходов изучен не в полной мере. Соответственно, введение мер по организации сбора отработанного масла, проведение опытов по регенерации масла, проведение триботехнических испытаний, химического и лабораторного анализов позволят значительно расширить эту область знаний и получить результаты, имеющие большое практическое значение.

В дальнейших разработках для сельского хозяйства речь пойдет не только о создании лабораторной установки, позволяющей получать до 30 – 50 литров в час топлива или масла, но и общем ресурсосбережении за счет использования части отработанного масла для приготовления водной эмульсии механического смешивания, которая будет применяться в качестве топлива при первичном разогреве котла для упаривания. Кроме этого, будут задействованы пиролизные газы для получения тепла. Когда процесс набирает нужную температуру, контрольно-измерительные приборы должны переключить лабораторную установку на электрический подогрев, поддерживая температуру реакции [6, 7].

Современные методы восстановления отработанных масел (например, сернокислотная и гидроочистка, процессы с применением натрия и ряд физических методов) позволяют получать базовые масла, паритетные по своим свойствам с маслами, добываемыми из чистой нефти. Продукты переработки находят применение при производстве различных смазок, масел, их стоимость намного ниже, чем при прямой переработке первичного природного сырья.

Таким образом, для восстановления отработанных масел применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических,

физико-химических, химических процессах и заключаются в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнения. Вместе с тем в аграрном производстве в качестве технологических процессов следует придерживаться следующей последовательности операций в условиях лабораторных исследований (рисунок 1).

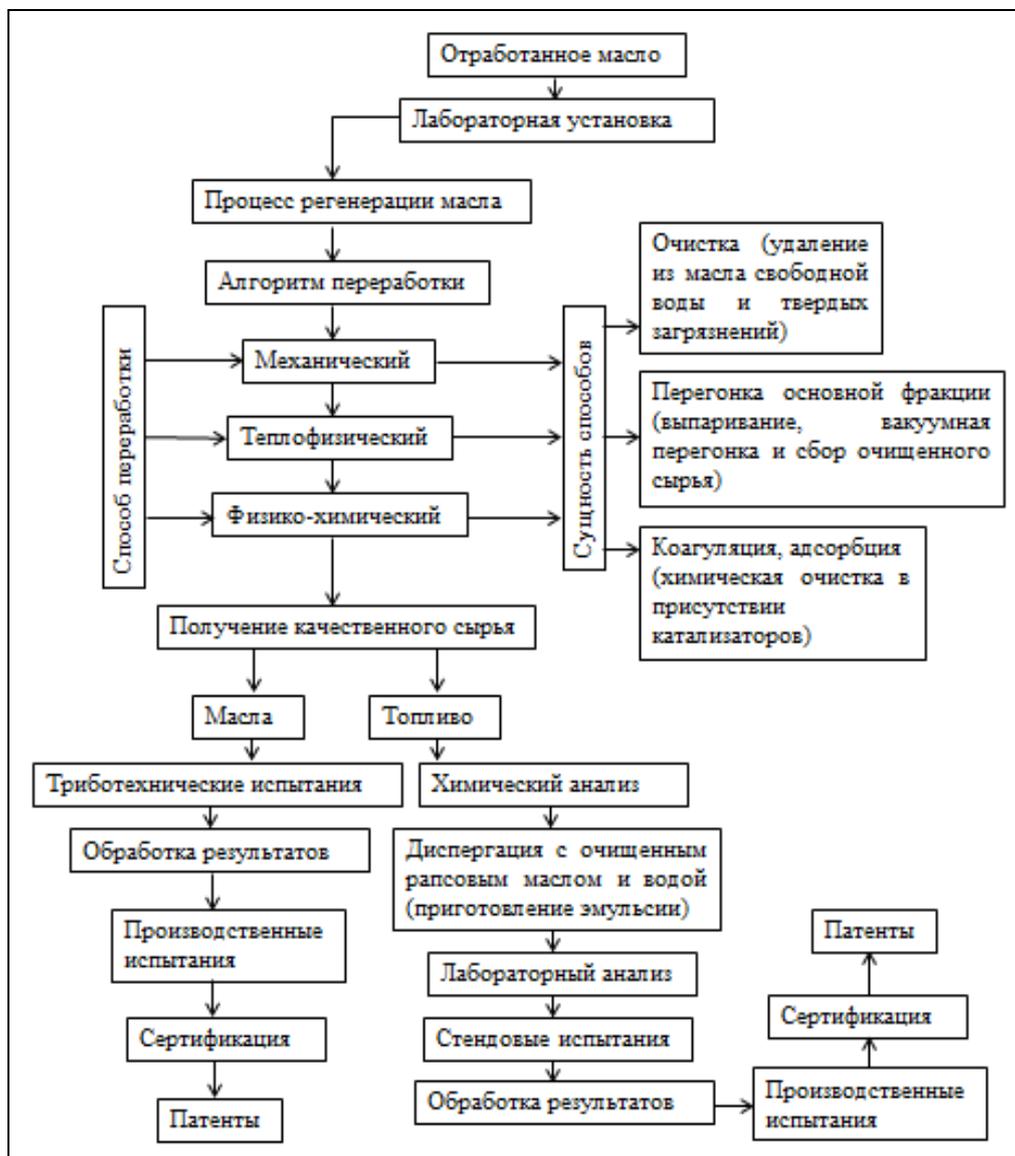


Рисунок 1 – Алгоритм регенерации отработанного масла

Проанализировав результаты лабораторных исследований установлено, что в рапсовом масле содержатся олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты. При этом выявлено, что серы в водобиотопливе содержится 0,02 %, а это на 20 % ниже, чем в традиционном дизельном топливе. Плотность водобиотоплива составляет 860 кг/м^3 , вязкость $5.55 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Разработана методика ускоренных стендовых испытаний для оценки влияния водобиотоплива на износ деталей топливной аппаратуры. Отличие

данной методики состоит в том, что абразивных частиц в топливе содержится столько же при проведении испытаний, сколько при реальных условиях эксплуатации. Испытание проводится в течение 60 часов. Это позволяет получить зависимость интенсивности изнашивания от содержания абразивных частиц в топливе.

Ускоренные износные испытания ТНВД марки УТН-5 проводились на модернизированном стенде для испытания и регулировки топливной аппаратуры марки КИ-921М, показанном на рисунке 2.



Рисунок 2 - Общий вид стенда для ускоренных износных испытаний

Стендовые ускоренные износные испытания проведены в соответствии с разработанной методикой. Для этого подобраны плунжерные пары топливного насоса УТН 5. Перед началом испытаний плунжерные пары устанавливались на эталонный топливный насос с эталонными нагнетательными клапанами. После этого регулировался эталонный топливный насос на стенде КИ-921 М для регулировки топливной аппаратуры, который был укомплектован испытуемыми плунжерными парами и эталонными форсунками.

Значения пусковой подачи каждой секции определялись при частоте вращения кулачкового вала насоса 100 мин^{-1} , 1100 мин^{-1} за 1000 циклов.

Экспериментальное исследование проводилось в два этапа:

- 1) на традиционном дизельном топливе загрязненном абразивом;
- 2) на водобиотопливе, загрязненном абразивом.

Процесс абразивного изнашивания непосредственно совершается при нагнетании топлива, где под действием давления втулка плунжера расширяется и, следовательно, увеличивается окружной зазор. При наполнении надплунжерного пространства давление топлива практически отсутствует. Гильза и плунжер деформируются незначительно и попавшие в

увеличенный зазор абразивные частицы заземляются между плунжером и втулкой [4, 5].

Вывод. При работе на водобиотопливе повышается износостойкость, так как в нем содержится большое количество олеиновой кислоты. Данная кислота способствует образованию поверхностно активных веществ на поверхности деталей. Износ снижается также из-за смазочных свойств водобиотоплива. Таким образом обеспечивается работоспособность прецизионных деталей топливной аппаратуры.

Список литературы

1. Антипов В.В. Износ прецизионных деталей и нарушение характеристики топливной аппаратуры дизелей / В.В. Антипов. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1992. – Т.1. – 816 с.
2. Бодякина Т. В. Диагностирование дизельных двигателей, работающих на водобиотопливной эмульсии / Т.В. Бодякина, М.К. Бураев, А.В. Шистеев // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, (29-30 марта 2018 г.). – Иркутск, 2018. – С. 173-180.
3. Бодякина Т.В. Анализ технологий преобразования возобновляемых источников энергии в моторное топливо / Т.В. Бодякина, П.А. Болоев, Т.П. Гергенова // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 5. – С. 3-6.
4. Быченин А.П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесового минерально-растительного топлива : автореф. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / А.П. Быченин. – Пенза, 2007. – 20 с.
5. Гуревич Д.Ф. Основы теории износа плунжерных пар / Д.Ф. Гуревич // Автомобильная промышленность. – 1968. – № 2. – С. 20-24.
6. Шарифуллин С.Н. Пути повышения эффективности работы топливной аппаратуры автотракторных дизельных двигателей / С.Н. Шарифуллин, Н.Р. Адигамов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 3. – С. 30-31.
7. Уханов А.П. Работоспособность топливной системы тракторных дизелей в условиях переменного климата / А.П. Уханов. – М. : Информагротех, 1995. – 39 с.

References

1. Antipov V.V. *Iznos pretsizionnykh detaley i narusheniye kharakteristiki toplivnoy apparatury dizeley* [Wear of precision parts and violation of the characteristics of diesel fuel equipment]. Moscow, Mechanical Engineering, 1992, vol. 1, 816 p.
2. Bodyakina T.V. et all. *Diagnostirovanie dizel'nyh dvigatelej, rabotayushchih na vodobiotoplivnoj emul'sii* [Diagnostics of diesel engines operating on a biofuel emulsion]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, (29-30 marta 2018 g.), Irkutsk, 2018, pp. 173 – 180.
3. Bodyakina T.V. et all. *Analiz tekhnologij preobrazovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v motornoe toplivo* [Analysis of technologies for converting renewable energy sources into motor fuel]. Traktory i sel'hozmashiny, 2019, no. 5, pp. 3 – 6.
4. Bychinin A.P. *Povysheniye resursa plunzhernykh par toplivnogo nasosa vysokogo davleniya traktornykh dizeley primeneniye smesevogo mineral'no-rastitel'nogo topliva : avtoref. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.03* [Improving the resource plunger pairs of the fuel high-pressure pump tractor diesel engines by use of the mixed mineral and vegetable oil : summary ... candidate of technical Sciences : 05.20.03]. – Penza, 2007, 20 p.
5. Gurevich D.F. *Osnovy teorii iznosa plunzhernykh par* [Fundamentals of the theory of wear of plunger pairs]. Automotive industry, 1968, no. 2, pp. 20 – 24.

6. Sharifullin S.N., Adigamov N.R. *Puti povysheniya effektivnosti raboty toplivnoy apparatury avtotraktornykh dizel'nykh dvigateley* [Ways to improve the efficiency of the fuel equipment of automotive diesel engines]. Mechanization and electrification of agriculture, 2009, no. 3, pp. 30 – 31.

7. Ukhanov A.P. *Rabotosposobnost' toplivnoy sistemy traktornykh dizeley v usloviyakh peremennogo klimata* [Performance of the fuel system of tractor diesel engines in a variable climate]. Moscow, Informagrotekh, 1995, 39 p.

Сведения об авторах

Бодякина Татьяна Владимировна – аспирантка кафедры технического сервиса и общепромышленных 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).

Information about author

Bodyakina Tatyana V. – PhD student, Department of technical service and engineering disciplines, Faculty of Engineering of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (664038, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, tel. 89148781789, e-mail: Bodt-24@rambler.ru).

УДК 621.43

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

¹П.А. Болоев, ²Н.С. Хитерхеева, ³И.Г. Новгородов, ²С.А. Петрова

¹Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия

²Октябрьский филиал Якутской Государственной сельскохозяйственной академии,
с. Октябрьцы, Республика Саха (Якутия), Россия

³ФГАОУ ВО “Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова”,
Якутск, Россия

Оптимизация параметров работы любого двигателя внутреннего сгорания всегда является актуальной задачей. Целью исследования является разработка принципов математического моделирования работы дизельного двигателя на неустановившихся режимах.

Работа посвящена построению теоретической модели дизельного двигателя. Для исследования использован метод регрессионного анализа.

При анализе динамических характеристик дизельного двигателя в условиях эксплуатации учитывалась взаимосвязь основных параметров, влияющих на выходные показатели ДВС. Основными параметрами выбраны изменения цикловых подач топлива и воздуха, момент сопротивления на входе в двигатель и частота вращения коленчатого вала.

На основе теоретической модели работы двигателя был поставлен полный факторный эксперимент. Данный эксперимент представлен тремя уравнениями, характеризующими работу: двигателя, топливного насоса и регулятора угловой скорости

коленчатого вала. Составлена модель эксперимента, получены уравнения регрессии. Коэффициенты в этих уравнениях были получены на основе экспериментальных данных.

Отклонение теоретических данных от экспериментальных составили 3-9%. Теоретическая модель позволяет оценить влияние многих параметров на мощность дизельного двигателя. Установлена взаимосвязь параметров дизельного двигателя, которая позволяет оценить качественную сторону влияния этих параметров на мощность двигателя. Доказана правомерность принятых допущений при составлении теоретической модели, что дает возможность моделирования поведения дизельного двигателя при изменении его основных характеристик при эксплуатации.

Ключевые слова: дизельный двигатель, математическое моделирование, мощность, крутящий момент, динамические характеристики.

OPTIMIZATION OF ENGINE OPERATION PARAMETERS ON UNSTEADY MODES

¹ **Boloev P.A.**, ² **Khiterkheeva N.S.**, ³ **Novgorodov I.G.**, ² **Petrova S.A.**

¹Buryat State University named after Dorzhi Banzarov, *Ulan-Ude, Russia*

²Oktemsky branch of the Yakutsk State Agricultural Academy,
Oktoimtsy village, Sakha region (Yakutia), Russia

³North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, *Yakutsk, Russia*

Optimization of operation parameters of any internal combustion engine is always a worldwide task. The purpose of the research is to develop the principles of mathematical modeling of a diesel engine operation in unsteady modes.

The work is devoted to the construction of a theoretical model of a diesel engine. The method of regression analysis was used for research.

When analyzing the dynamic characteristics of a diesel engine under operating conditions, the relationship of the main parameters affecting the output parameters of the internal combustion engine was taken into account. The main parameters selected are changes in the cyclic supply of fuel and air, the moment of resistance at the engine inlet and the crankshaft speed.

Based on a theoretical model of engine operation, a complete factorial experiment was performed. This experiment is represented by three equations characterizing the work: engine, fuel pump and crankshaft angular speed controller. An experimental model is compiled, and regression equations are obtained. The coefficients in these equations were obtained on the basis of experimental data.

The deviation of theoretical data from experimental ones was 3–9%. The theoretical model allows us to evaluate the influence of many parameters on the power of a diesel engine. The relationship between the parameters of a diesel engine is established, which allows us to assess the qualitative side of the influence of these parameters on engine power. The validity of the assumptions made in the preparation of the theoretical model is proved, which makes it possible to simulate the behavior of a diesel engine when its basic characteristics change during operation.

Keywords: diesel engine, mathematical modeling, power, torque, dynamic characteristics.

Введение. Оптимизация параметров работы любого двигателя внутреннего сгорания является актуальной задачей. Как известно, на работу двигателя оказывают влияние много различных факторов. Основными из

них являются: изменения цикловых подач топлива и воздуха; момент сопротивления на входе в двигатель; частота вращения коленчатого вала и др. Задача оптимизации особенно важна для дизельных двигателей внутреннего сгорания. Это связано с тем, что большое количество тяжелой техники (трактора, танки, большегрузные машины и т.д.) работает именно на таких двигателях. Разработка методов теоретического исследования процессов, происходящих внутри дизельного двигателя внутреннего сгорания, работающего на неустановившихся режимах, является сложной задачей, требующего внимательного изучения как теоретическими, так и экспериментальными методами.

Моделирование процесса работы дизельного двигателя, изучение влияния на его мощность различных показателей имеют большое практическое значение [2, 5, 6 и др.].

Получение максимальных мощностей при желательном уменьшении подачи топлива, а также исследование проблемных процессов в двигателе при переходе на альтернативное топливо [3], являются актуальными задачами, решаемыми в настоящее время мировым научным сообществом в области теории ДВС.

Целью исследований является разработка принципов математического моделирования работы дизельного двигателя на неустановившихся режимах.

Научная новизна исследований заключается в том, что на основе теоретической модели работы двигателя поставлен полный факторный эксперимент. Данный эксперимент, полученный на основании 160 повторов, представлен тремя уравнениями, описывающими работу двигателя, топливного насоса и регулятора угловой скорости коленчатого вала. Составлена модель эксперимента, получены уравнения регрессии на основе экспериментальных данных.

Материал и методы исследований. Для вывода уравнения работы двигателя использовано основное уравнение динамики в соответствии с принципом Даламбера:

$$M_k = M_c \pm J_g \frac{dw}{dt}, \quad (1)$$

где M_k - крутящий момент двигателя на неустановившемся режиме, Нм;

M_c - момент сопротивления, Нм;

J_g - приведенный к валу момент инерции всех движущихся масс двигателя, Нмс²;

w - угловая скорость вращения вала, 1/с;

t - время, с.

Перейдя от моментов к их изменениям, можно записать:

$$\Delta M_k = \Delta M_c \pm J_g \frac{dw}{dt}. \quad (2)$$

Известно, что крутящий момент двигателя M_k является функцией угловой скорости коленвала, положения рейки топливного насоса и давления наддува воздуха:

$$M_k = f(w, h_p, p_k). \quad (3)$$

Разложив эту функцию в ряд Тейлора и ограничившись первыми степенями переменных, запишем:

$$\Delta M_k = \left(\frac{\partial M_k}{\partial w} \right) x + \left(\frac{\partial M_k}{\partial h_p} \right) y + \left(\frac{\partial M_k}{\partial p_k} \right) z, \quad (4)$$

где $x = \Delta w$, $y = \Delta h_p$, $z = \Delta p_k$.

На основании выражений (2) и (3) получим

$$-J_g \frac{dx}{dt} + A_1 x + A_2 y + A_3 z = \Delta M_c(t), \quad (5)$$

где $A_1 = \frac{\partial M_k}{\partial w}$; $A_2 = \frac{\partial M_k}{\partial h_p}$; $A_3 = \frac{\partial M_k}{\partial p_k}$.

Уравнение (5) является уравнением движения коленчатого вала двигателя.

Уравнение работы топливного насоса имеет вид [4]:

$$T_{A2}^2 \frac{d^2 q}{dt^2} + T_{A1} \frac{dq}{dt} + k_q = \chi + \theta_\varphi \varphi, \quad (6)$$

где T_{A2} - постоянная времени топливного насоса, характеризующая его инерционность;

T_{A1} - постоянная времени торможения, характеризующая силы гидравлического сопротивления;

k_q - коэффициент самовыравнивания топливного насоса;

θ_φ - коэффициент усиления по угловой скорости кулачкового вала насоса.

Уравнение работы регулятора, составленное на основе теории автоматического регулирования [4], имеет вид:

$$\mu \frac{d^2 z}{dt^2} + \nu \frac{dz}{dt} + E + F_r \pm f_{ст} = A w_p^2, \quad (7)$$

где μ - приведенная к муфте масса подвижных частей регулятора и топливного насоса;

ν - коэффициент вязкого трения регулятора;

z - положение муфты регулятора;

E - приведенная к муфте сила пружины регулятора;

$f_{ст}$ - сила сухого трения;

F_r - сила гидравлического трения;

$A w_p^2$ - поддерживающая сила грузов регулятора.

Система уравнений в безразмерных координатах работы двигателя на неустановившихся режимах имеет вид [5, 6]:

$$\left. \begin{aligned} T \frac{d\varphi}{dt} + k\varphi &= q + \theta_{1\rho} - \theta_2 \alpha_g \\ T_p^2 \frac{d^2\eta}{dt^2} + T_k \frac{d\eta}{dt} + \delta_z \eta &= \varphi - \theta_p \alpha_p \\ T_{A2}^2 \frac{d^2q}{dt^2} + T_{A1} \frac{dq}{dt} + k_q q &= \chi + \theta_\varphi \varphi \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Результаты исследований.

При анализе динамических характеристик дизельного двигателя в условиях эксплуатации необходимо учитывать взаимосвязь основных параметров, влияющих на выходные показатели ДВС. Основными параметрами выбраны изменения цикловых подач топлива и воздуха, момент сопротивления на входе в двигатель и частота вращения коленчатого вала.

На основе теоретической модели работы двигателя нами поставлен полный факторный эксперимент. Составлена модель эксперимента, получены уравнения регрессии. Коэффициенты в этих уравнениях были получены на основе экспериментальных данных.

Динамические характеристики мощности двигателя в эксплуатации на основе аппроксимации экспериментальных данных, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} N_e = & 290.841 - 0.777 \cdot 10^4 n_g - 0.25 \cdot 10^7 M_c - 0.163 \cdot 10^{12} q_{цт} + \\ & + 0.251 \cdot 10^{13} q_{цв} - 0.346 \cdot 10^9 n_g^2 + 0.298 \cdot 10^6 M_c^2 + \\ & + 0.377 \cdot 10^{17} q_{цт}^2 - 0.133 \cdot 10^{15} q_{цв}^2 + \\ & + 0.139 \cdot 10^8 n_g M_c + 0,593 \cdot 10^3 n_g q_{цт} + \\ & + 0.21 \cdot 10^{13} n_g q_{цв} - 0.224 \cdot 10^{15} M_c q_{цт} + \\ & + 0.769 \cdot 10^{13} M_c q_{цв} + 0.377 \cdot 10^{16} q_{цт} q_{цв}. \end{aligned}$$

где M_c - момент сопротивления, N_m ;

n_g - частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ;

$q_{цт}$ - цикловая подача топлива, мг/цикл ;

$q_{цв}$ - цикловая подача воздуха, мг/цикл .

Заключение. Полученные данные указывают на тесную взаимосвязь параметров у дизельного двигателя, позволяет оценить качественную сторону влияния этих параметров на мощность двигателя.

Расчетные значения этих показателей при доверительной вероятности 0.95 имеют отклонения от экспериментальных данных на 3-9% в зависимости от изменяемых параметров. Это подтверждает правомерность

принятых допущений при составлении теоретической модели и дает возможность моделирования поведения дизельного двигателя при изменении его основных характеристик во время эксплуатации.

Список литературы

1. Барсукова М.Н. О некоторых аспектах разработки информационных систем для решения прикладных задач / М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Я.М. Иваньо // Актуальные вопросы аграрной науки. 2018. - № 27. - С. 43-51.
2. Бураев М. К. Расчет процесса сгорания биогаза в газовом двигателе с искровым зажиганием, конвертированном из дизеля с наддувом / М. К. Бураев, Л. Б. Ларионов // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова.–2015.– № 1.– С.52-58.
3. Болоев П.А. К вопросу об использовании биотоплива в дизельных двигателях П.А. Болоев, М.К. Бураев, А.В. Шустеев, Т.В. Бодякина // Вестник ВСГУТУ.–2018.– № 3.– С. 31-37.
4. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания / В.И. Крутов - М.: Машиностроение, 1979. – 615 с.
5. Болоев П.А. Повышение эффективности использования трактора в составе сельскохозяйственного МТА путем стабилизации цикловой подачи топлива: дис. канд.тех.наук. - Челябинск, 1984. – 169 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

References

1. Barsukova M.N. et all. *O nekotorykh aspektakh razrabotki informatsionnykh sistem dlya resheniya prikladnykh zadach* [About some aspects of the development of information systems for solving applied problems]. Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki, 2019, no. 27, pp. 43-51.
2. Buraev M. K., Larionov L. B. *Raschet processa sgoraniya biogaza v gazovom dvigatele s iskrovyim zazhiganiem, konvertirovannom iz dizelja s nadduvom* [Calculation of the biogas combustion process in a gas engine with spark ignition converted from supercharged diesel]. Vestnik SVFU im. M.K. Ammosova, 2015, no. 1, pp. 52-58.
3. Boloev P.A. et all. *K voprosu ob ispol'zovanii biotopliva v dizel'nyh dvigateljah* [On the use of biofuels in diesel engines]. Vestnik VSGUTU, 2018, no. 3, pp. 31-37.
4. Krutov V.I. *Avtomaticheskoe regulirovanie dvigatelej vnutrennego sgoraniya* [Automatic regulation of internal combustion engines]. Moscow, Mashinostroenie, 1979, 615 p.
5. Boloev P.A. *Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija traktora v sostave sel'skhozjajstvennogo MTA putem stabilizacii ciklovoj podachi topliva: dis. kand.teh.nauk* [Improving the efficiency of using a tractor as part of an agricultural MTA by stabilizing the cyclic fuel supply: dis. Cand.technical Sciences]. Cheljabinsk, 1984, 169 p.
6. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Teorija porshnevyyh i kombinirovannyh dvigatelej* [Internal combustion engines: Theory piston and combined engines]. Pod red. A.S. Orlina, M.G. Kruglova. Moscow, Mashinostroenie, 1983, 372 p.

Сведение об авторах

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры “Машиноведение”. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (670000, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, тел. 89500801880, e-mail: lemex74@mail.ru).

Новгородов Иван Гаврильевич – аспирант 2 курса автодорожного факультета ФГАОУ ВО “Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова” (677000,

Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д 58, тел. +7 (4112) 35-20-90, e-mail: rector@s-vfu.ru).

Петрова Софья Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой “Механизации сельскохозяйственного производства”. Октёмский филиал Якутской государственной сельскохозяйственной академии (678011, Россия, Республика Саха (Якутия), Хангаласский улус, с. Октёмцы, пер. Моисеева 16, тел. 89841037966, e-mail: sofalo@list.ru).

Хитерхеева Надежда Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры “Механизации сельскохозяйственного производства”. Октёмский филиал Якутской государственной сельскохозяйственной академии (678011, Россия, Республика Саха (Якутия), Хангаласский улус, с. Октёмцы, пер. Моисеева 16, тел. 89021608113, e-mail: kite69@yandex.ru).

Information about authors

Boloev Peter A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Machine sciences, Buryat State University named after Dorzhi Banzarov. (24A, Smolin str., Ulan-Ude, Russia, 670000, tel 89500801880, lemex74@mail.ru)

Ivan Novgorodov G. - PhD student, Road-Transport Faculty, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov (58, Belinsky str., Yakutsk, Sakha region (Yakutia), Russia, 677000, tel. +7 (4112) 35-20-90, e-mail: rector@s-vfu.ru).

Petrova Sofia A. – Candidate of Agricultural Sciences, Head of Department of Mechanization of agricultural production. Oktemsky branch of the Yakut State Agricultural Academy, Department of Mechanization of agricultural production. (16, Moiseyev lane, Oktemtsy village, Khangalassky ulus, Sakha region (Yakutia), Russia, 678011, tel. 9841037966, sofalo@list.ru

Khiterkheeva Nadezhda S. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., Oktemsky branch of the Yakut State Agricultural Academy, Department of Mechanization of agricultural production. (16, Moiseyev lane, Oktemtsy village, Khangalassky ulus, Sakha region (Yakutia), Russia, 678011, tel. 89243987289; 89021608113, kite69@yandex.ru).

УДК 631.3.02 – 192 (571.53)

К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЕСУРСА МАШИН В ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А.Ю. Жабин, А.В. Шистеев

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежовского,
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

Особенности эксплуатации сельскохозяйственной техники в климатических условиях Иркутской области в значительной степени зависят от географического расположения подсобных хозяйств сельскохозяйственных предприятий. Следует отметить, что при делении сельскохозяйственных угодий региона по природным зонам большая часть земель концентрируется в подтаежной и таежной зоне. Это обуславливается тем, что в эту зону входят северные районы области, расположенные в основном вдоль Тайшетско-Ленской железнодорожной магистрали. Таким образом, наличие среди районов области умеренных и суровых климатических зон ощутимо

влияет на техническое состояние машин и вызывает необходимость его исследования на предмет корректирования расхода запасных частей и материалов при техническом сервисе.

Определен объем выборки для достижения допустимой доли вероятности при обработке статистического материала, а также вероятность событий полной наработки на отказ деталей, узлов и агрегатов машин, эксплуатируемых в приведенных зональных условиях. В качестве показателей фиксировались данные о количестве замененных деталей сельскохозяйственных машин, месте их расположения, порядковом номере замены и краткой её причине. По результатам анкетирования, проведенного среди специалистов ведущих предприятий агропромышленного комплекса, расположенных в районах умеренно-холодного, холодного и очень холодного климата, были выделены факторы, имеющие наибольшее влияние на процесс эксплуатации тракторов и машин.

Таким образом, проведенные исследования способствуют осуществлению привязки каждого сельскохозяйственного предприятия к конкретной климатической зоне региона, а статистическая обработка и применение методов прогнозирования, позволяют определять номенклатуру и количество необходимых запасных частей.

Ключевые слова: исследование, ресурс, надежность, методика, выборка, работоспособность.

TO THE SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE RESOURCE OF MACHINES IN ZONE CONDITIONS

Zhabin A.Yu. Shisteev A.V.

*Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

Features of the operation of agricultural machinery in the climatic conditions of the Irkutsk region largely depend on the geographical location of the subsidiary farms of agricultural enterprises. It should be noted that when dividing the agricultural land of the region by natural zones, most of the land is concentrated in the subtaiga and taiga zone. This is due to the fact that this area includes the northern territories of the region, located mainly along the Taishet-Lena railway. Thus, the presence of moderate and severe climatic zones among the territories of the region significantly affects the technical condition of the machines and

necessitates its study for adjusting the consumption of spare parts and materials for technical service.

The sample size was determined to achieve an acceptable share of probability in the processing of statistical material, as well as the probability of events of the total running time for failure of parts, components and assemblies of machines operating in the given zone conditions. Data on the number of replaced parts of agricultural machines, their location, serial number of the replacement and its brief reason were recorded as indicators. According to the results of a survey among specialists from leading agricultural enterprises located in temperate-cold, cold and very cold climates, factors were identified that have the greatest influence on the operation of tractors and machines.

Thus, the conducted studies contribute to the binding of each agricultural enterprise to a specific climatic zone of the region, and statistical processing and the use of forecasting methods make it possible to determine the nomenclature and quantity of necessary spare parts.

Keywords: research, resource, reliability, technique, sampling, performance.

Введение. В данной работе рассматривается один из подходов к

экспериментальному исследованию ресурса деталей машин, эксплуатируемых в зональных условиях Иркутской области. В Иркутской области к северным районам относится Катангский район. Местностями, приравненными к районам крайнего севера, признаны Бодайбинский, Братский, Казачинско-Ленский, Киренский, Мамско-Чуйский, Нижнеилимский, Усть-Илимский, Усть-Кутский районы. Исходя из этого, использование техники будет разным и, соответственно, в зависимости от зональных условий будет отличаться расход запасных частей.

Цель исследования является определение влияния зональных условий эксплуатации на ресурс сельскохозяйственных машин, проведение наблюдений за работой техники в хозяйствах Иркутской области, подбор необходимых условий и методов для получения достоверных результатов при обработке статистических данных.

Методика исследования. Исследование ресурсных возможностей сельскохозяйственной техники в зональных условиях проводилось по следующей схеме [7]:

- определение вероятности событий полной наработки на отказ деталей, узлов и агрегатов машин, эксплуатируемых в зональных условиях;
- оценка показателей надежности и установление законов наработки на отказ вышеуказанных изделий;
- выявление причин и характера протекания разрушительных процессов.

При исследовании проводилось наблюдение за N числом машин в различных хозяйствах Иркутской области. Наименьший размер выборки по некоторым хозяйствам составлял 10 машин одной и той же марки (модели), а по другим он достигал 30 и более. Наблюдения проводились до отказа объектов. Отказавшие в работе образцы снимались с испытаний. В результате испытаний получали S случайных реализаций наработок объектов на отказ в интервале t км. Исследования ресурсных возможностей осуществлялось в интервалах пробега автомобилей до 200-220 тыс. км, а строительно-дорожных машин - от 100 до 600 моточасов наработки на отказ. При этом число интервалов разбиения наработки рассчитано по формуле [1]

$$S = \sqrt{N}$$

Ширина каждого интервала принята по соотношению

$$\Delta t = \frac{t_{max} - t_{min}}{S},$$

где t_{max} , t_{min} – максимальное и минимальное значения интервала.

Результаты и обсуждение. Многообразие факторов [5], влияющих на машину в эксплуатации (климатические и дорожные условия, производственно-техническая база предприятий, персонал и т.д.), затрудняет

определение весомости каждого из них. Поэтому условия эксперимента необходимо установить такими, при которых максимально возможное количество побочных факторов имело бы не существенное значение.

Исследованиями [4] выделены три основные зоны сельскохозяйственной специализации (рисунок 1), где биоклиматический дискомфорт ассоциируется с суровостью климата, оценить параметры которого можно с помощью методов математической статистики [6], и зависит, главным образом, от жесткости температурного и ветрового режимов (таблица 1).



Рисунок 1 – Климатические зоны Иркутской области

Лесостепная зона. В ее состав входят Усть-Ордынский Бурятский автономный округ, а также территории, прилегающие к Транссибирской железнодорожной магистрали, примерно от Иркутска до Тулуна. Наибольшее развитие в этой зоне получило зерновое хозяйство (70 % посевов пшеницы) и животноводство (примерно 60 % поголовья скота).

Таежная зона. Она охватывает обширные пространства, тяготеющие к Транссибирской магистрали, примерно от Тулуна и Нижнеудинска до Тайшета. Сюда же входят и районы, примыкающие к железнодорожной магистрали Тайшет-Лена и к Западному участку БАМа, а также земли, расположенные по реке Лене (Качугский и Жигаловский административные районы). Данная зона освоена пока очень слабо и не играет решающей роли в производстве валовой продукции Иркутской области. Сельское хозяйство

здесь сориентировано преимущественно на удовлетворение потребностей в продовольственном и фуражном зерне, картофеле, овощах и продуктах животноводства. Однако в ее пределах имеются хозяйства пригородного типа (вблизи Братска, Усть-Илимска, Железногорска, Тайшета, Усть-Кута и др.). В перспективе, по мере экономического развития зоны, ее доля в сельскохозяйственном производстве области будет расти.

Таблица 1 – Агроклиматические характеристики основных сельскохозяйственных зон

Территориально-производственное образование	Продолжительность вегетационного периода, дней	Сумма активных температур, °С	Годовая сумма осадков, мм
<i>Лесостепная зона (умеренно-холодный климат)</i>			
Иркутско-Черемховское Зиминско-Тулунское	115-125	1850	300-400
<i>Таежная зона (холодный климат)</i>			
Тайшетское Братско-Усть-Илимское	110-125	1750	350-500
<i>Горно-таежная зона (очень холодный климат)</i>			
Верхнеленское Мамско-Бодайбинское	95-115	1200-1600	300-500

Северная горно-таежная зона. Сюда относятся Бодайбинский и Катангский административные районы, характеризующиеся неблагоприятными почвенно-климатическими условиями, затрудняющими сельскохозяйственное производство. Посевная площадь данной зоны не превышает нескольких тысяч гектаров. Все это не позволяет обеспечивать потребности населения в хлебе и овощах, а местного животноводства – в кормах. Однако на севере области есть возможность для выращивания картофеля и некоторых других культур.

Отбор факторов был проведен по результатам анкетного опроса специалистов 30 опорных предприятий агропромышленного комплекса, расположенных в районах умеренно-холодного (южные районы Иркутской области), холодного (Жигаловский, Братский, Усть-Илимский, Киренский) и очень холодного (Мамско-Чунский, Бодайбинский, Катангский) климата. Критерием для проведения подобного отбора послужило требование минимального различия значений всех, не относящихся к природно-климатическим условиям, факторов.

В качестве экспертов привлечены инженерно-технические работники предприятий, руководители хозяйств, механизаторы и ремонтники, имеющие многолетний стаж работы в сфере эксплуатации, технического и ремонтного обслуживания машин. Были использованы данные исследований

Восточно-Сибирского филиала НИИАТ по выбору и обоснованию критерия сопоставимости надежности работы одноименных деталей машин, эксплуатируемых в различных климатических районах.

Известно [2], что в реальной эксплуатации восстановление работоспособности машин нередко проводят путем замены элемента, не достигшего предельного состояния и имеющего некоторый остаточный ресурс. Наблюдается также и переработка деталей за пределами состояния, установленного технологической документацией. При принятой стратегии ремонта в эксплуатации реализуется не ресурс деталей, а только их наработка на замену. Это послужило причиной того, что в качестве упомянутого критерия сопоставимости принималась средняя наработка одноименных деталей на первую замену. Вторая, третья и последующие замены не рассматривались из-за введения ограничения на порядковый номер заменяемой детали, причину её замены и минимальный объем выборки. Не рассматривались также детали, поломка которых произошла из-за нарушений инструкции по эксплуатации, дорожно-транспортных происшествий, явных заводских дефектов [3].

Независимо от формы записи исходной информации, производимая выборка, кроме данных о первых заменах деталей, содержала сведения о количестве замененных деталей, месте их расположения, порядковом номере замены и краткой её причине. Данные фиксировались за 2-х летний период эксплуатации подконтрольных машин. При этом наработка тракторов составила в среднем 1750 у.э. гектаров, а пробег автомобилей – не менее 300 тыс. километров.

Минимальный объем выборки задавался в зависимости от вида и функционального назначения деталей [8] с использованием положений ГОСТа 27.502-83. Объем выборки составил более 180 значений наработок различных деталей на замену.

Выводы. 1. Эксплуатация техники в более холодных климатических зонах приводит к увеличению количества заменяемых элементов, а также к сокращению интервалов между техническими обслуживаниями и плановыми ремонтами.

2. Относительная ошибка среднего значения исследуемой случайной величины δ задается в пределах $\delta < 0,15$. В практике расчетов надежности автотракторной техники параметр δ принимают равным $0,10 \div 0,25$. Задание более жестких ограничений на δ , нецелесообразно, по причине возрастания в несколько раз объема выборки, особенно для таких деталей, распределение ресурсов которых подчиняется закону распределения Вейбулла или логарифмически нормальному. Для обеспечения данной выборки необходимо увеличивать количество объектов в подконтрольной группе выше оптимального предела в 25 – 30 машин.

3. Ограничения на коэффициент вариации устанавливаются в зависимости от предполагаемого закона распределения и зафиксированных

значений наработок по рассматриваемой детали.

Список литературы

1. *Артемьев Ю.Н.* Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве / *Ю.Н. Артемьев* // – М. : Колос, 1981. – 239 с.
2. *Бураев М.К.* Обеспечение работоспособности автотракторной техники корректированием расхода запасных частей при техническом сервисе / *М.К. Бураев, А.В. Шистеев* // Вестник ВСГУТУ.–2019.– № 3.– С. 69–77.
3. *Бураев М.К.* Влияние уровня производственно-технической эксплуатации на ресурсные параметры машин / *М.К. Бураев, А.С. Шеметов, Ц.В. Цэдашиев* // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 32. С. 5–11.
4. *Бураев М.К.* Оценка износа и годности деталей тракторов / *М.К. Бураев* // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006.- № 6.- С.13-16.
5. *Винокуров М. А.* Экономика Иркутской области: В 4 т. / *М.А. Винокуров, А. П. Суходолов* // – Иркутск: Изд-во: БГУЭП, 1999 ,Том 2. –276 с.
6. *Иваньо Я.М.* Разработки кафедры информатики и математического моделирования Иркутского ГАУ по применению информационных технологий в региональной экономике / *Я.М. Иваньо, Н.И. Федурин* // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. - № 32. -С. 35-44.
7. *Карепин П.А.* Применение статистического анализа износостойкости деталей / *П.А. Карепин* // Мех. и электр. сел. х-ва.– 1988. – № 2. – С. 53-55.
8. *Михлин В.М.* Управление надежностью сельскохозяйственной техники / *В.М. Михлин* // – М.: Колос, 1984. – 334 с.

References

1. Artemyev Yu.N. *Kachestvo remonta i nadezhnost' mashin v sel'skom khozyaystve* [Quality of repair and reliability of machines in agriculture]. Moscow, Kolos, 1981, 239 p.
2. Buraev M. K., Shisteev A.V. *Obespecheniye rabotosposobnosti avtotraktornoy tekhniki korrektirovaniyem raskhoda zapasnykh chastey pri tekhnicheskoy servise* [Ensuring the efficiency of automotive equipment correction of the consumption of spare parts for technical service]. Vestnik VSGUTU, 2019, no. 3, pp. 69-77.
3. Buraev M.K. et al. *Vlijanie urovnja proizvodstvenno-tehnicheskoy jekspluatacii na resursnyye parametry mashin* [Influence of the level of production and technical operation on the resource parameters of machines]. Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki, 2019, no. 32, pp. 5–11.
4. Buraev M. K. *Otsenka iznosa i godnosti detaley traktorov* [Assessment of wear and tear of tractor parts]. Repair, re-formation, modernization, 2006, no. 6, pp. 13-16.
4. Vinokurov M. A., Sukhodolov A. P. *Ekonomika Irkutskoy oblasti: V 4 t.* [Economy of Irkutsk region: In 4 vols.], Irkutsk, BSUEP, 1999, Vol. 2, 276 p.
6. Ivanyo Ya. M., Petrova S.A. *Metod statisticheskikh ispytaniy v modelirovanii urozhaynosti zernovykh kul'tur v zavisimosti ot meteorologicheskikh faktorov* [The method of statistical tests in modeling the yield of grain crops depending on meteorological factors]. Actual issues of agricultural science, 2019, no. 32, pp. 182-187.
7. Karepin P.A. *Primeneniye statisticheskogo analiza iznosov detaley* [Application of statistical analysis of wear parts]. Mech. and electr. of agriculture, 1988, no. 2, pp. 53-55.
8. Mikhlin V.M. *Upravleniye nadezhnost'yu sel'skokhozyaystvennoy tekhniki* [Management of reliability of agricultural machinery]. Moscow, Kolos, 1984, 334 p.

Сведения об авторах

Жабин Александр Юрьевич – аспирант кафедры “Технический сервис и общепромышленные дисциплины”. Иркутский государственный аграрный университет

имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237431, e-mail: drive-er@yandex.ru)

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Технический сервис и общеинженерные дисциплины”. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Information about authors

Zhabin Alexandr Yu. – PhD student of the department of Technical service and general engineering disciplines. Irkutsk state agricultural university named after A. A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 83952237431, e-mail: drive-er@yandex.ru)

Shisteev Alexey V. – candidate of technical sciences, Ass. Prof. of department of Technical service and engineering disciplines. Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

УДК 631.31:621

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

А.В. Рудых

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В статье рассмотрен вопрос использования электрической энергии для тепловых процессов в условиях ограниченного электропотребления. Значительная часть электрической энергии, потребляемая сельскохозяйственными предприятиями, расходуется на тепловые технологические процессы. Большинство электронагревательных установок обладают значительной мощностью, соответственно увеличивая нагрузку сельских электрических сетей. Графики электрических нагрузок сельских электрических сетей говорят о неравномерности потребления электрической энергии, как в течение суток, так и в течение месяца и года [3, 9]. В зимний период времени тепловая нагрузка имеет максимальное значение. Максимальная нагрузка электрических сетей наблюдается в утреннее и вечернее время суток. Сельские электрические сети обладают большой протяженностью и малой пропускной способностью. Кроме этого, большинство из них находятся в неудовлетворительном состоянии и не подлежат реконструкции. Строительство новых линий электропередач часто связано с высокой стоимостью строительных работ, отводом земельных участков под строительство опор и земельного коридора вдоль линии электропередач. Для обеспечения непрерывного теплоснабжения технологических процессов необходима аккумуляция теплоты. Тепловые установки с аккумуляцией теплоты могут работать по принудительному графику потребления электроэнергии [1, 8]. Это способствует выравниванию графиков электрических нагрузок.

Ключевые слова: сельские электрические сети, графики электрических нагрузок, потребители электроэнергии, тепловые технологические процессы, электротепловая нагрузка.

USE OF ELECTRIC HEATING UNDER CONDITIONS OF LIMITED ELECTRIC CONSUMPTION

Rudykh A.V.

*Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

The article discusses the use of electrical energy for thermal processes in conditions of limited power consumption. A significant part of the electric energy consumed by agricultural enterprises is spent on thermal processes. Most electric heating plants have significant power, respectively increasing the load of rural electric networks. The graphs of electrical loads of rural electric networks indicate the uneven consumption of electric energy, both during the day and during the month and year. In winter, the heat load is at its maximum. The maximum load of electric networks is observed in the morning and evening. Rural electric networks have a large length and low bandwidth. In addition, most of them are in poor condition and cannot be reconstructed. The construction of new power lines is often associated with the high cost of construction work, the allocation of land for the construction of poles and a land corridor along the power line. To ensure continuous heat supply of technological processes, heat storage is necessary. Thermal plants with heat storage can operate according to the compulsory schedule of electricity consumption. This helps to align the graphs of electrical loads.

Keywords: rural electric networks, electric load schedules, electricity consumers, thermal technological

Потребление электрической энергии сельскохозяйственными производствами на тепловые технологические процессы составляет 60%, а в животноводстве – до 90% [1, 2, 10].

В сельском хозяйстве, электрическая энергия, преобразованная в тепловую энергию, используется для подогрева воды, поддержания оптимальных параметров микроклимата, пастеризации молока и т.д. Наиболее неравномерно электрическая энергия используется в установках поддержания оптимальных параметров микроклимата с электроподогревом воздуха. Это обусловлено значительными колебаниями наружной температуры воздуха в течение суток, что особенно заметно в осенне-зимний и зимне-весенний период года. Случайный характер включения и отключения электронагревательных установок сопровождается значительным изменением нагрузки сельских электрических сетей.

В процессе выполнения технологических процессов происходит включение и отключение не только электронагревательных установок, но и силового электрооборудования, осветительных и облучательных установок. Это также вызывает изменение нагрузки сельских электрических сетей. Графики электрических нагрузок имеют неравномерных характер.

Для выравнивания графиков электрических нагрузок и снижения общей установленной мощности, необходимо выбрать соответствующий режим работы электротеплоснабжения.

Графики электрических нагрузок содержат не только тепловые, а также технологические нагрузки: электропривод, освещение и т.п. Графики электрических нагрузок подразделяются на суточные, месячные и годовые, основным из которых является суточный график. Для выполнения требований предъявляемых технологическим процессам необходим правильный выбор трансформаторных подстанций. Основным параметром при выборе трансформаторной подстанции является установленная мощность. Установленные мощности выбираются на основании суточных графиков нагрузок [3, 6, 8].

При использовании электрической энергии для целей теплоснабжения основная часть затрат приходится на энергоноситель, который определяется не только объемом, но и режимом потребления. Режим потребления электрической энергии носит резко пиковый характер [8, 9].

Сокращение объема потребления электрической энергии и снятие пиков годового графика электрических нагрузок снижает затраты на электрическое теплоснабжение.

Явно выраженный неравномерный характер суточных графиков тепловых нагрузок, наблюдается на животноводческих фермах (рис.1). Это обусловлено тем, что использование тепловой энергии в животноводстве имеет циклический характер, обусловленный требованиями к технологическому процессу.

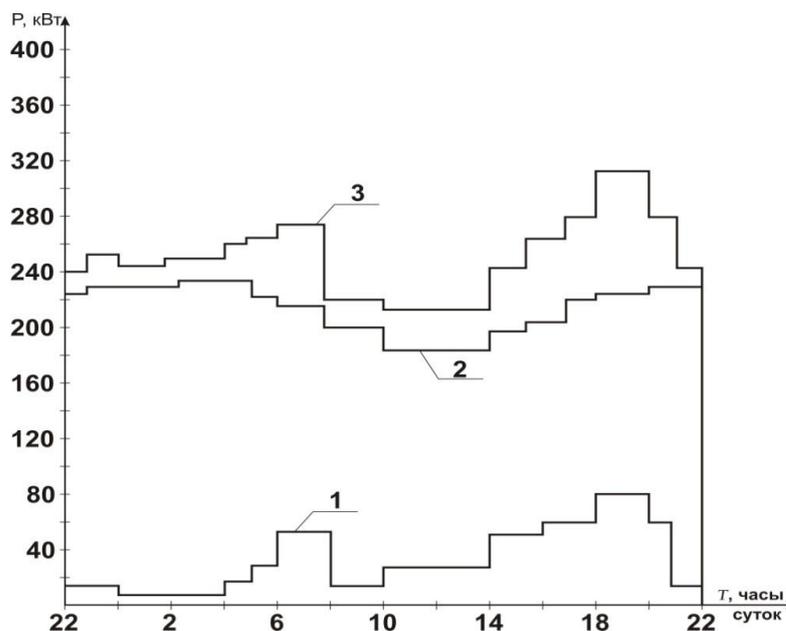


Рисунок 1 – Примерный суточный график тепловых нагрузок на фермах
1- горячее водоснабжение; 2 –отопление и вентиляция; 3 – общий расход теплоты

Неравномерный характер имеет так же график потребления электроэнергии, который учитывает не только электротепловые нагрузки, но и другие технологические нагрузки (рис.2). Это в свою очередь приводит к неэффективному использованию линий электропередач и трансформаторных подстанций.

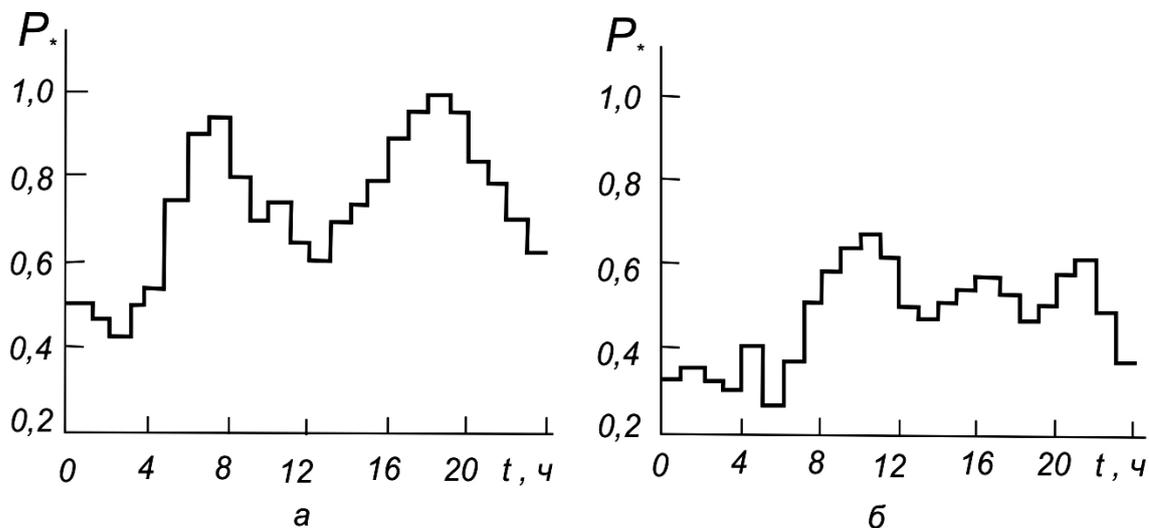


Рисунок 2 – Суточный график нагрузки
а – для зимнего дня, б – для летнего дня

От режимов потребления электроэнергии зависит характер общих графиков электрических и электротепловых нагрузок. Свободный график потребления электрической энергии подразумевает одновременно выработку и потребление электрической энергии (подача электроэнергии полностью согласована с ее расходом во времени и по значению) [4, 5].

Принудительный график потребления электроэнергии, подразумевает выработку теплоты в периоды спада нагрузки электрической сети. Это говорит о том, что для обеспечения непрерывного теплоснабжения технологических процессов необходима аккумуляция теплоты.

Тепловая энергия поступает в аккумулирующие установки в отведенные графиком отрезки времени и расходуется в зависимости от требований теплового технологического процесса [1, 2, 7]. Использование электронагревательных установок с аккумуляцией теплоты способствует выравниванию графиков электрических нагрузок (суточных и годовых) и снижению общей установленной мощности. При этом увеличивается пропускная способность сельских электрических сетей.

Основные конструктивные параметры и режимы работы электрических тепловых установок обуславливаются требованиями выполнения технологического процесса. Электротепловые установки, обеспечивающие различные технологические процессы должны работать в строгом соответствии с технологией, в автоматическом режиме. Этими же требованиями определяется и характер подачи электроэнергии на установки.

Для питания электрической энергией сельскохозяйственный производств используются линии электропередач напряжением 110-35-10(6)-0.38 кВ. Сельские электрические сети обладают большой протяженностью и малой пропускной способностью. Длина линий электропередач сельскохозяйственного назначения Иркутской области и их характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Длина и техническое состояние линий передач электроэнергии 0.38-20 кВ в сельхоз назначения

Наименование	Линии 6-20 кВ	Линии 0,38 кВ
Общая длина линий электропередач, км	11450	6560
Из них находятся в удовлетворительном состоянии, км	1989	1342
Длина линий подлежащих ремонту и реконструкции, км	9402	5195
Длина восстанавливаемых линий, км	59	23

Согласно данным таблицы всего 17.37% линий 6-20 кВ и 20.46% линий 0.38 кВ сельскохозяйственного назначения в Иркутской области находятся в удовлетворительном состоянии. Из общей протяженности линий электропередач 0.4-20 кВ 18,5% находятся в удовлетворительном состоянии.

Строительство новых ЛЭП затруднено в связи с высокой стоимостью возведения линий, предоставлением участков земли под установку опор и земельного коридора вдоль линии [9].

Объем потребления электроэнергии потребителями сельского хозяйства приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Объем потребления электроэнергии в сельском хозяйстве Иркутской области

Показатель	2016г.	2017г.	2018г.
Расход электрической энергии сельскохозяйственными потребителями, млн. кВт·ч	3090	5900	7300
Расход электрической энергии на коммунально-бытовые нужды, млн. кВт·ч	1240	1650	1880
Расход электроэнергии на производственные цели, млн.кВт·ч,	1850	3150	5100
из них на электрический нагрев, млн. кВт·ч	1730	1950	2360

Расход электрической энергии в сельском хозяйстве на производственные и коммунально-бытовые нужды ежегодно увеличивается, это говорит об интенсивном развитии сельскохозяйственного производства и быта села.

Сельские электрические сети характеризуются большой протяженностью, малой мощностью и неудовлетворительным состоянием. Это факторы в свою очередь могут обуславливать установку лимита на потребление электрической энергии сельскохозяйственными потребителями.

Месячное плановое потребление электроэнергии определяется на основании планового годового электропотребления и режима работы объектов сельского хозяйства.

Годовой плановый расход и режим (график) работы сельских потребителей являются исходной информацией для определения помесячного потребления электроэнергии.

Потребление электрической энергии свыше установленного лимита может повлечь за собой штрафные санкции со стороны электроснабжающей организации.

Выводы. Показана необходимость использования электронагревательных установок с аккумуляцией теплоты для решения задач по обеспечению энергосбережения и эффективного использования сельских электрических сетей.

Экономический эффект от использования электронагревательных установок с аккумуляцией теплоты достигается за счет экономии электроэнергии, снижения штрафных санкций из-за потребления энергии сверх установленного объема электропотребления.

Список литературы

1. *Альтгаузен А.П.* Применение электронагрева и повышение его эффективности / *А.П. Альтгаузен* // М.: Энергоатомиздат, 1987.-128с.
2. *Баранов Л.А.* Новые электронагревательные устройства для сельскохозяйственного производства и быта села / *Л.А. Баранов* // Челябинск: ЧГАУ. 1997. – 68 с.
3. *Будзко И.А.* Электроснабжение сельского хозяйства / *И.А. Будзко, Т.Б. Лецинская, В.И. Сукманов* // М.: Колос, 2000. – 535 с.
4. *Будько И.И.* Экономия электрической энергии в сельскохозяйственном производстве / *И.И. Будько, М.И. Полуянов* // Минск: Ураджай, 1985. – 47 с.
5. *Водяников В.Т.* Организационно-экономические основы сельской электроэнергетики / *В.Т. Водяников* // М.: ИКФ “ЭКМОС”, 2003. – 352 с.
6. *Ганелин А.М.* Экономия Электроэнергии в сельском хозяйстве / *А.М. Ганелин* // М.: Колос, 1983. – 142 с.
7. *Головко А.Н.* Рациональное теплообеспечение производственных объектов в животноводстве / *А.Н. Головко* // Механизации и электрификация сельского хозяйства. - 2005.- № 3. – С. 12.
8. *Кораблев А.Д.* Экономия энергоресурсов в сельском хозяйстве / *А.Д. Кораблев*// М.: Агропромиздат, 1988.- 208 с.
9. *Наумов И.В.* Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0.38 кВ с помощью симметрирующих устройств: Дис. на соис. уч.степ. д.т.н. – Иркутск, 2002. – 387 с.
10. *Расстригин В.Н.* Основы электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве / *В.Н. Расстригин* // М.: Агропромиздат, 1988. – 255 с.

References

1. Al'tgauzen A.P. *Primenenie elektronagreva i povyshenie ego effektivnosti* [Application of electric heating and increase of its efficiency]. Moscow, Energoatomizdat, 1987, 128 p.
2. Baranov L.A. *Novye elektronagrevatel'nye ustroystva dlya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva i byta sela* [New electric heating device for agricultural production and daily life of the village]. Chelyabinsk: ChGAU, 1997, 68 p.
3. Budzko I.A. et al. *Elektrosnabzhenie sel'skogo khozaistva* [Power supply of agriculture]. Moscow, Kolos, 2000, 535 p.
4. Bud'ko I.I., Polujanov M.I. *Ekonomija elektricheskoy energii v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve* [Economy of electric energy in agricultural production]. Minsk: Uradzhai, 1985, 47 p.
5. Vodyannikov V.T. *Organizatsionno-ekonomicheskie osnovy sel'skoy elektroenergetiki* [Organizational and economic bases of rural electric power industry]. Moscow, IKF "EKMOS", 2003, 352 p.
6. Ganelin A.M. *Ekonomija elektroenergii v sel'skom khozaistve* [Energy Saving in agriculture]. Moscow, Kolos, 1983, 142 p.
7. Golovko A.N. *Ratsional'noe teploobespechenie proizvodstvennykh ob'ektov v zhivotnovodstve* [Rational heat supply of production facilities in animal husbandry]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozaistva, 2005, no.3, pp. 12.
8. Korablev A.D. *Ekonomija energoresursov v sel'skom khozaistve* [Economy of energy resources in agriculture]. Moscow, Agropromizdat, 1988, 208 pp.
9. Naumov I.V. *Snizhenie poter i povyshenie kachestva elektricheskoy energii v sel'skikh raspredelitel'nykh setyakh 0.38 kV s pomoshchju simmetrirujuschikh ustroystv: Dis. na sois. uch.step. d.t.n.* [Reducing losses and improving the quality of electric energy in rural distribution networks 0.38 kV with the help of symmetrical devices: Dis. on the sois. academic step. doctor of technical Sciences]. Irkutsk, 2002, 387 p.
10. Rasstrigin V.N. *Osnovy elektrifikatsii teplovykh protsessov v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve* [Fundamentals of electrification of thermal processes in agricultural production]. Moscow, Agropromizdat, 1988, 255 p.

Сведения об авторе

Рудых Альбина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел.89025135896, e-mail: avr3004@yandex.ru.).

Information about the author

Rudykh Al'bina V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics of the Energy faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky (Molodezhnyi, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: avr3004@yandex.ru.).

УДК 004.415.2:633.151

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТЕ “ИННОВАЦИОННЫЙ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ УЧАСТОК “МОЛОДЕЖНОЕ”

П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

В статье описан проект “Инновационный учебно-производственный участок (ИУПУ) “Молодежное”, основанный на использовании передовых цифровых технологий. Данный проект объединяет усилия подразделений Иркутского государственного аграрного университета по организации учебной, научно-исследовательской и инновационной деятельности, способствует совершенствованию образовательного процесса подготовки специалистов для нужд агропромышленного комплекса, разработке и продвижению на рынок наукоемких технологий и достижений для региона. Основной целью деятельности ИУПУ “Молодежное” является оказание помощи в инновационной деятельности и коммерциализации результатов научных исследований и разработок, полученных коллективами ученых, студентов, аспирантов; создание конкурентоспособных, экспортно-ориентированных импортозамещающих технологий, товаров и услуг. Для повышения эффективности деятельности ИУПУ “Молодежное” необходимо внедрять следующие сквозные цифровые технологии: большие данные; нейротехнологии и искусственный интеллект; квантовые технологии; системы распределенного реестра; компоненты робототехники и сенсорики; новые производственные технологии; технологии беспроводной связи; промышленный интернет; технологии виртуальной и дополненной реальностей. Единое информационное пространство ИУПУ “Молодежное” способствует поддержке выполнения технологических операций в течение всего жизненного цикла аграрной продукции, включая планирование выпуска, снабжение, подготовку производства, производство, контроль качества, реализацию, складскую и транспортную логистику, эксплуатацию МТП, ремонт и обслуживание. Помимо этого, необходимо поступательно интегрировать приложения мониторинга техники и мониторинга посевов и операционный учет.

Ключевые слова: цифровые технологии, сельское хозяйство, инновационный учебно-производственный участок.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PROJECT “INNOVATIVE TRAINING AND PRODUCTION SITE “MOLODEZHNOYE”

Asalkhanov P.G., Bendik N.V.

*Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Irkutsk district,
Irkutsk region, Russia*

The article describes the project “Innovative Training and Production Site (ITPS) “Molodezhnoye”, based on the use of advanced digital technologies. This project combines the efforts of the divisions of Irkutsk State Agrarian University in organizing educational, research and innovative activities, contributes to the improvement of the educational process of training specialists for the needs of agro-industrial complex, the development and promotion of high-tech technologies and achievements for the region on the market. The main goal of the ITPS “Molodezhnoye” is to assist in innovation and commercialization of research and development results obtained by teams of scientists, students, graduate students; creation of competitive, export-oriented import-substituting technologies, goods and services. To improve the performance of the ITPS “Molodezhnoye” it is necessary to implement the following cross-cutting digital technologies: big data; neurotechnologies and artificial intelligence; quantum technologies; distributed registry systems; components of robotics and sensorics; new manufacturing technologies; wireless technology; industrial internet; virtual and augmented reality technologies. The unified information space of ITPS “Molodezhnoye” helps support the implementation of technological operations throughout the entire life cycle of agricultural products, including production planning, supply, production preparation, production, quality control, sales, warehouse and transport logistics, operation of machine and tractor fleet, repair and maintenance. In addition, it is necessary to integrate progressively the application of monitoring of equipment and monitoring of crops and operational accounting.

Keywords: digital technologies, agriculture, innovative training and production site.

Введение. С сентября 2019 г. на базе Иркутского государственного аграрного университета ведутся работы по созданию инновационного учебно-производственного участка (ИУПУ) “Молодежное”, который будет объединять усилия подразделений вуза по интеграции учебной, научно-исследовательской и инновационной деятельности. Это будет способствовать совершенствованию образовательного процесса подготовки специалистов для нужд агропромышленного комплекса региона, разработке и продвижению на рынок наукоемких технологий и достижений для региона.

Цель исследования - описание цифровой трансформации инновационного учебно-производственного участка “Молодежное”.

Задачи исследования: обзор современных цифровых технологий в сельском хозяйстве; разработка структуры ИУПУ “Молодежное”; описание основных приложений-модулей ИУПУ “Молодежное”.

Материалы и методы исследования. В работе использованы методы проектирования информационных систем; методы имитационного и математического моделирования; методы прогнозирования и планирования производственных показателей.

Основные результаты и обсуждение. Деятельность ИУПУ “Молодежное” заключается в создании инновационных, конкурентоспособных, импортозамещающих технологий, товаров и услуг, а также в коммерциализации результатов научных исследований, полученных коллективами ученых, студентов и аспирантов вуза. Учредителем ИУПУ “Молодежное” выступает ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

Работа ИУПУ “Молодежное” сводится к тому, чтобы ученые и студенты могли заниматься бизнесом, не оставляя научной и

преподавательской деятельности в Иркутском ГАУ. При этом “Молодежное” способствует решению вопросов интеллектуальной собственности, связанных с использованием новых разработок, созданных в процессе работы в вузе.

ИУПУ “Молодежное” состоит из следующих подразделений:

- лаборатория селекции, семеноводства и технологий картофеля и зерновых;
- лаборатория точного и органического земледелия;
- лаборатория селекции крупного рогатого скота, технологий кормления, переработки продукции;
- парк техники.

Помимо этого, ИУПУ “Молодежное” имеет в своем распоряжении два испытательных полигона: ферму и поле (рис.).



Рисунок – Структура ИУПУ “Молодежное”

Для повышения эффективности деятельности ИУПУ “Молодежное” необходимо внедрять сквозные цифровые технологии, так как они одновременно могут охватывать несколько отраслей агропромышленного комплекса региона. В программе “Цифровая экономика Российской Федерации” приведены основные цифровые технологии:

- большие данные;
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- квантовые технологии;
- системы распределенного реестра;

- компоненты робототехники и сенсорики;
- новые производственные технологии;
- технологии беспроводной связи;
- промышленный интернет;
- технологии виртуальной и дополненной реальностей [6, 9].

Таким образом, в ИУПУ “Молодежное” для цифровой трансформации выполнения технологических операций на протяжении жизненного цикла сельскохозяйственной продукции предлагается использовать следующие инновационные приложения: интеллектуальная система управления животноводческой фермой; система управления фермерским хозяйством; система прогнозирования, планирования и цифрового моделирования выпуска продукции; система точного анализа урожая и почвы; приложения автоматизированного освещения и “умные” теплицы; система управления складом; система управления сельскохозяйственной техникой при посеве и внесении удобрений.

1. *Интеллектуальная система управления животноводческой фермой.* Система позволяет на основе распознавания по внешнему облику, температуре и голосу определить состояние здоровья каждого животного на животноводческой ферме. Искусственный интеллект (ИИ) позволяет выявлять больных животных и сводить к минимуму число нежелательных инцидентов. Таким образом, распознавание по голосу позволяет защитить молодняк от взрослых особей. На ферме устанавливается множество датчиков, собирающих информацию, с учетом которой создаются хорошие условия для роста поголовья; при этом уменьшается риск человеческих ошибок. Применение технологий искусственного интеллекта в животноводстве позволит на 30–50% снизить трудозатраты, сократить потребность в кормах за счет оптимизации условий роста уменьшить сроки откорма на пять-девять дней.

2. *Система управления фермерским хозяйством.* Основана на инновационных технологиях и направлена на расширение возможностей за счет предоставления фермеру данных, экспертных оценок и ресурсов в целях увеличения продуктивности и прибыльности. Система является платформой для многопользовательской работы с опорой на современные технологии (большие данные, машинное обучение, смартфоны/планшетные компьютеры и т.п.), инновационные бизнес-модели (сельскохозяйственная платформа как услуга) и целенаправленные усилия людей (сельскохозяйственные прогнозы, продукты и услуги). Помимо этого, система помогает сельскохозяйственным товаропроизводителям принимать рациональные и эффективные решения и реализовывать их. В режиме реального времени система позволяет осуществлять картирование земельных угодий, планировать выбор сельскохозяйственных культур, разрабатывать планы работы для отдельных организаций и автоматизировать труд с учетом качества почв, погодных условий, данных о болезнях, вредителях и урожаях.

Система управления фермерским хозяйством – это устойчивая, основанная на данных, интеллектуальная, самообучаемая и масштабируемая платформа для сотрудничества в режиме реального времени, которая представляет собой инструмент для управления и планирования работы сельскохозяйственной организации, обеспечивающая обоснование принимаемых решений, упреждающий анализ и мониторинг, а также служащая в качестве площадки для электронной [3, 5].

3. *Система прогнозирования, планирования и цифрового моделирования выпуска продукции.* Цифровизация сельского хозяйства подразумевает применение технологий математического и имитационного моделирования для прогнозирования и планирования выпуска аграрной продукции, организационно-управленческих и производственных процессов на протяжении всего жизненного цикла продукции, что позволяет принимать обоснованные решения по снижению издержек, увеличению качества и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции. Данная система сочетает в себе как традиционные технологии имитационного и математического моделирования, так и современные технологии цифрового моделирования. Цифровое моделирование основывается на создании цифровых двойников аграрной продукции и отработке процессов её производства на виртуальной модели, включающей в себя цифровые копии оборудования, производственных операций и работников предприятия [2, 8].

4. *Система точного анализа урожая и почвы.* Анализ урожая необходим для определения уровня содержания сухого вещества: этот элемент приобретает большое значение при уборке зерна на склад. Если в составе зерна сухого вещества очень мало, то неизбежно образование микроорганизмов (грибков, плесени и т.д.). Выполнять все эти задачи помогают БИК-анализаторы (NIR onboard) – устройства, которые часто используют в хозяйствах, где есть возможность множественного применения системы (при уборке зерна, во время заготовки силоса и осенью при разбрасывании удобрений).

5. *Приложения автоматизированного освещения и “умные” теплицы.* Системы мониторинга для тепличных комплексов предоставляют данные по температуре, влажности, содержанию угарного и углекислого газов. Они также могут управлять системой автоматического полива — и в целом сделать все, чтобы получить качественный и высокий урожай, с минимальными затратами. В свою очередь, системы контроля и управления доступом и идентификации персонала позволяют обеспечить нахождение каждого из работников предприятия в нужном месте [7].

6. *Система управления складом.* На складе для хранения продукции необходимо следить за температурой, уровнем углекислого газа и влажностью воздуха. Измерение температуры можно реализовать при помощи сети датчиков, обеспечивающих сбор данных о температуре сельскохозяйственной продукции при напольном хранении. Определить

уровень углекислого газа позволяет сеть газоанализаторов, охватывающая различные зоны хранилища. Для наблюдения за влажностью воздуха можно расположить сеть измерителей непосредственно в помещении хранилища.

Такая система позволяет осуществлять: сбор данных для управления системой вентиляции; сбор информации для управления системами подогрева, кондиционирования и увлажнения; управление потерями сельскохозяйственной продукции при хранении.

7. Система управления сельскохозяйственной техникой при посеве и внесении удобрений. Система управления разработана с использованием технологий интернета вещей и точного земледелия. Использование систем управления сельскохозяйственной техникой при посеве и внесении удобрений позволяет сократить расходы на семенной материал, удобрения и топливо для трактора, снизить временные затраты на производство полевых работ. Технология переменного нормирования (ТПН) и использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) помогают сократить расход воды и пестицидов, уменьшить трудозатраты и затраты на ресурсы.

Помимо этого, в ИУПУ “Молодежное” необходимо осуществлять мониторинг и контроль сельскохозяйственной техники. По-прежнему востребованы системы контроля за техникой следующие:

- контроль топлива;
- видеонаблюдение;
- ГЛОНАСС/GPS-мониторинг;
- контроль давления в шинах и идентификация водителя;
- идентификация прицепного оборудования [10].

С помощью подобных систем повышается эффективность применения тракторов и машин за счет контроля передвижений сельхозтехники и работы трактористов и водителей, улучшается логистика и становится оптимальным маршрут движения.

Объединить все данные для дальнейшего анализа и принятия правильных решений помогают облачные платформы [1, 4]. Помимо этого, они позволяют определить оптимальные сроки выполнения и параметры технологических операций на основании:

- характеристик почвы;
- состояния посевов;
- погодных условий;
- наличия и состояния техники;
- характеристик применяемых удобрений и средств защиты растений.

Выводы. 1. Разрабатываемый инновационной учебно-производственный участок “Молодежное” благодаря использованию передовых цифровых технологий является эффективной платформой для создания инновационных, конкурентоспособных, импортозамещающих технологий, товаров и услуг, а также коммерциализации результатов научных исследований, полученных коллективами ученых, студентов и

аспирантов вуза.

2. Единое информационное пространство ИУПУ “Молодежное” способствует поддержке выполнения технологических операций на протяжении всего жизненного цикла получения сельскохозяйственной продукции, включая планирование выпуска продукции, снабжение, подготовку производства, производство, контроль качества, складскую логистику, реализацию, транспортную логистику, эксплуатацию МТП, обслуживание и ремонт.

3. Необходима поступательная интеграция в систему приложений мониторинга техники, мониторинга посевов и операционного учета.

Список литературы

1. *Асалханов П.Г.* Облачные технологии в управлении региональным агропромышленным комплексом / *П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо, А.И. Лобыцин* // Актуальные вопросы аграрной науки. - 2019. - № 29. - С. 37-44.

2. *Асалханов П.Г.* Структура программно-аппаратной платформы и определение типовых ИТ-технологий в отраслях растениеводства и животноводства Иркутской области / *П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик* // Цифровые технологии и системы в сельском хозяйстве: Материалы международной научно-практической конференции (Иркутск, 8-10 октября 2019 г.). – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019. – С. 3-10.

3. *Асалханов П.Г.* Цифровая трансформация сельского хозяйства по созданию облачной многофункциональной платформы “Умный фермер 4.0”/ *П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо, А.И. Лобыцин* // Актуальные вопросы аграрной науки. - 2019. - № 31. - С. 39-47.

4. *Бендик Н.В.* Концептуальная модель хранилища данных для эффективного ведения сельского хозяйства в регионе / *Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы международной научно-практической конференции. - Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. - С. 160-168.

5. *Бендик Н.В.* Разработка модуля взаимодействия сельскохозяйственных товаропроизводителей с экспертами для платформы “Умный фермер 4.0” / *Н.В. Бендик, А.В. Савченко* // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии Материалы VIII международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 197-203.

6. Ведомственный проект “Цифровое сельское хозяйство”: официальное издание / *А.В. Гордеев, Д.Н. Патрушев.* – М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2019. – 48 с.

7. *Макишвили А.В.* Проектирование web-приложения для системы управления микроклиматом в складских помещениях / *А.В. Макишвили, П.Г. Асалханов* // Цифровые технологии и системы в сельском хозяйстве: Материалы международной научно-практической конференции (Иркутск, 8-10 октября 2019 г.). – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019. - С. 73-81.

8. 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. - 199 с.

9. *Огневцев С.Б.* Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса / *С.Б. Огневцев* // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. - №2. – С.16-22.

10. *Шокин Ю.И.* Роль информационных технологий в науке. Развитие ИТ-сервисов для современных научных исследователей / *Ю.И. Шокин, А.В. Юрченко* // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й Международной научно-практической конференции “АГРОИНФО-2018” (Новосибирская обл., р.п. Краснообск, 24-25 октября 2018 г.) // Сибирский федеральный научный центр

References

1. Asalkhanov P.G. et all. *Oblachnyye tekhnologii v upravlenii regional'nym agropromyshlennym kompleksom* [Cloud technologies in the management of the regional agro-industrial complex]. Aktual'ny'e voprosy` agrarnoy nauki. 2018, no. 27, pp. 37-44.
2. Asalkhanov P.G., Bendik N.V. *Struktura programmno-apparatnoy platformy i opredeleniye tipovykh IT-tekhnologiy v otraslyakh rasteniyevodstva i zhivotnovodstva Irkutskoy oblasti* [The structure of the software and hardware platform and the definition of typical IT technologies in the crop and livestock sectors of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2019, pp. 3-10.
3. Asalkhanov P.G. et all. *Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaystva po sozdaniyu oblachnoy mnogofunktional'noy platformy "Umnyy fermer 4.0"* [Digital transformation of agriculture to create a cloud-based multi-functional platform "Smart Farmer 4.0"]. Aktual'ny'e voprosy` agrarnoy nauki. 2018, no. 31, pp. 39-47.1.
4. Bendik N.V., Ivan'o Ya.M. *Konceptual'naya model' hranilishcha dannyh dlya ehffektivnogo vedeniya sel'skogo hozyajstva v regione* [Conceptual data warehouse model for efficient agriculture in the region]. Irkutsk, 2018, pp. 160-168.
5. Bendik N.V., Savchenko A.V. *Razrabotka modulya vzaimodeystviya sel'skokhozyaystvennykh tovaroproizvoditeley s ekspertami dlya platformy "Umnyy fermer 4.0"* [Development of a module for the interaction of agricultural producers with experts for the platform "Smart Farmer 4.0"]. Irkutsk, 2019, pp. 197-203.2. Reshenie zadach upravleniya agrarnym proizvodstvom v usloviyah nepolnoj informacii. Monografiya [The solution of problems of management of agricultural production in the conditions of incomplete information. Monograph] /Ya.M. Ivan'o [i dr.]; pod redakciej YA.M. Ivan'o. - Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA, 2012. - 199 s.
6. *Vedomstvennyy proyekt "Tsifrovoye sel'skoye khozyaystvo": ofitsial'noye izdaniye* [Departmental project "Digital Agriculture": official publication]. Moscow, 2019, 48 p.
7. Makishvili A.V., Asalkhanov P.G. *Proyektirovaniye web-prilozheniya dlya sistemy upravleniya mikroklimatom v skladskikh pomeshcheniyakh* [Designing a web application for the climate control system in warehouses]. Irkutsk, 2019, pp. 73-81.
8. Ognitvsev S.B. *Kontseptsiya tsifrovoy platformy agropromyshlennogo kompleksa* [The concept of the digital platform of the agro-industrial complex]. International Agricultural Journal: Scientific and Production Journal on the Achievement of World Science and Practice in the Agro-Industrial Complex, 2018, no. 2, pp. 16-22.
9. *Reshenie zadach upravleniya agrarnym proizvodstvom v usloviyah nepolnoj informacii. Monografiya* [The solution of problems of management of agricultural production in the conditions of incomplete information. Monography]. Irkutsk, 2012, 199 p.
10. SHokin Yu.I., YUrchenko A.V. *Rol' informacionnykh tekhnologij v nauke. Razvitie IT-servisov dlya sovremennykh nauchnykh issledovatelej* [The role of information technology in science. Development of IT services for modern scientific researchers]. Krasnoobsk, 2018, pp. 14 -22.

Сведения об авторах

Асалханов Петр Георгиевич - кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89500621107, e-mail: asalkhanov@mail.ru).

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного

Information about authors

Asalkhanov Peter G. - Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., Department of Informatics and Mathematical Modeling. Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500621107, e-mail: asalkhanov@mail.ru).

Bendik Nadezhda V. - Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of Informatics and Mathematical Modeling. Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89021778892, e-mail: starkovan@list.ru).

УДК 519.85: 658.5

**О МОДЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОЧЕТАНИЯ
АГРАРНОЙ И ПИЩЕВОЙ ДИКОРАСТУЩЕЙ ПРОДУКЦИИ**

М.Н. Барсукова, Е.Н. Иванова, С.А. Петрова

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

На основе исследования разработанных разными авторами моделей оптимизации производства сельскохозяйственной продукции и моделей планирования заготовки пищевых дикорастущих ресурсов в условиях неопределенности предложены модели оптимизации сочетания получения аграрной и дикорастущей продукции. Такие прикладные задачи математического программирования имеют теоретическое и практическое значение для территорий с развитым сельским хозяйством и лесными ресурсами, богатыми ягодами, грибами, лекарственными растениями и кедровым орехом. В работе предложено две модели - с усредненными параметрами и интервальными оценками. Для формулировки прикладных задач оптимизации получения продовольственной продукции проанализированы особенности производственно-экономических параметров и показателей, характеризующих заготовку дикоросов. Производственно-экономические параметры можно описать регрессионными зависимостями, законами распределения вероятностей, интервальными оценками. Приведен пример использования функции распределения для описания изменчивости урожайности пшеницы по данным Иркутского района. Вместе с тем параметры заготовки дикоросов, как правило, являются интервальными оценками. Поэтому предложен вариант задачи линейного программирования с интервальными оценками параметров сельскохозяйственного производства и заготовки дикоросов. Для решения задачи оптимизации получения аграрной и дикорастущей продукции использован алгоритм многократного моделирования вариантов модели с применением метода статистических испытаний. Детерминированная модель и модель с интервальными параметрами реализована на примере ЗАО "Иркутские семена", расположенного в Иркутском районе. Согласно полученным результатам предприятие может в значительной степени увеличить доходы за счет заготовки пищевой дикорастущей продукции.

Ключевые слова: оптимизация, неопределенность, аграрная продукция, пищевые дикорастущие ресурсы.

Barsukova M.N., Ivanova E.N., Petrova S.A.

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

Optimization models for combining the production of agricultural and wild-growing products are proposed based on a study of agricultural production optimization and planning models for harvesting wild-growing food resources in the face of uncertainty models developed by various authors. Such applied mathematical programming problems have theoretical and practical importance for territories with developed agriculture and forest resources rich in berries, mushrooms, medicinal plants, and pine nuts. Two models with averaged parameters and interval estimates are proposed. To formulate applied problems of optimizing the production of food products, we analyzed the features of production and economic parameters and indicators characterizing the harvest of wild plants. Production and economic parameters can be described by regression dependencies, laws of probability distribution, interval estimates. An example of using the distribution function to describe the variability of wheat yield according to the Irkutsk region. However, the harvesting parameters of wild plants, as a rule, are interval estimates. Therefore, a variant of the linear programming problem with interval estimates of the parameters of agricultural production and harvesting of wild plants is proposed. To solve the problem of optimizing the production of agricultural and wild products, an algorithm for multiple modeling of model variants using the statistical test method was used. The deterministic model and the model with interval parameters are implemented in ZAO "Irkutsk Seeds" located in Irkutsk region. According to the results obtained, the enterprise can significantly increase revenues by harvesting wild-growing food products.

Keywords: optimization, uncertainty, agricultural products, wild food resources.

Введение. На территориях со значительной лесистостью и развитым сельским хозяйством можно производить сельскохозяйственную продукцию и заготавливать пищевые дикорастущие ресурсы, сочетая их.

Иркутская область относится к сильно залесенным территориям. В подобных условиях сельскохозяйственный товаропроизводитель может в значительной степени повысить доходы за счет заготовки и реализации дикоросов [11], поскольку этот промысел не требует значительных затрат.

Учитывая значительные запасы пищевых дикорастущих ресурсов, имеет смысл для планирования разработать модели оптимизации сочетания получения аграрной и дикорастущей продукции.

Таким образом, целью работы является создание математических моделей оптимизации сочетания производства аграрной продукции и заготовки пищевых дикорастущих ресурсов для повышения эффективности деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя.

Для достижения этой цели решались следующие задачи: 1) оценка производственно-экономических параметров производства сельскохозяйственной продукции и показателей заготовки пищевой дикорастущей продукции; 2) разработка модели оптимизации сочетания

получения продовольственной продукции; 3) реализация модели на реальном сельскохозяйственном объекте.

Материалы и методы исследования. В работе использованы методы математического программирования [3, 4, 8, 9], теории вероятностей и математической статистики [10].

При разработке моделей оптимизации сочетания получения сельскохозяйственной и дикорастущей продукции с детерминированными и интервальными параметрами использованы работы по моделированию производства сельскохозяйственной продукции [1, 2, 5, 6, 7] и заготовки пищевых дикорастущих ресурсов [11].

Основные результаты. Для оптимизации сочетания получения аграрной и дикорастущей продукции построены модели математического программирования с усредненными и неопределенными параметрами.

Модель оптимизации получения продовольственной продукции с целевой функцией в виде доходов включает в себя критерий оптимизации в виде:

$$\sum_{s \in S} \sum_{l \in L} c_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \sum_{l \in L} c_{nl} x_{nl} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где c_{sl} , c_{nl} – удельные доходы от производства сельскохозяйственной продукции вида s по технологии l и заготовки пищевых дикорастущих ресурсов вида n , x_{sl} , x_{nl} – объемы производства аграрной и заготовки дикорастущих ресурсов.

Условия по ограниченности всех сельскохозяйственных и лесных земель выглядят так:

$$\sum_{s \in S} \sum_{l \in L} f_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \sum_{l \in L} r_{nl} x_{nl} \leq B, \quad (2)$$

$$\sum_{n \in N} \sum_{l \in L} r_{nl} x_{nl} \leq A \quad (A \in B), \quad (3)$$

где f_{sl} , r_{nl} – логические коэффициенты, характеризующие необходимые площади для получения единицы продукции, по разным технологиям l ; при условиях производства конечной продукции не менее заданного объема:

$$\sum_{s \in S} c_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} c_{nl} x_{nl} \geq V_l \quad (l \in L), \quad (4)$$

по ограниченности трудозатрат:

$$\sum_{s \in S} \alpha_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \beta_{nl} x_{nl} \leq D_l \quad (l \in L), \quad (5)$$

по условию материальных затрат:

$$\sum_{s \in S} u_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} b_{nl} x_{nl} \leq W_l \quad (l \in L), \quad (6)$$

при условиях неотрицательности переменных:

$$x_{sl}, x_{nl} \geq 0. \quad (7)$$

В модели (1)-(7) использованы следующие обозначения: V_l – производство сельскохозяйственной и дикорастущей продукции не менее заданного объема в денежном выражении; α_{sl} – трудозатраты на

производство единицы сельскохозяйственной продукции; β_{nl} – трудозатраты на заготовку единицы пищевой дикорастущей продукции; D_l – имеющиеся в распоряжении трудовые ресурсы; u_{sl} и b_{nl} – материальные затраты на производство единицы сельскохозяйственной и дикорастущей продукции; W_l – имеющиеся в распоряжении материальные ресурсы.

При реализации модели получаем оптимальные решения, максимум целевой функции в виде доходов и оптимальные планы x_{sl}^* , x_{nl}^* , которые характеризуют объемы производства сельскохозяйственной и заготовки дикорастущей продукции.

Между тем исследования изменчивости производственно-экономических параметров деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей и показателей, связанных с заготовкой пищевых дикорастущих ресурсов, показывают, что часть параметров сильно варьирует и может рассматриваться в виде интервальных или вероятностных величин.

В частности, урожайность сельскохозяйственных культур можно описать с помощью устойчивого тренда, значимой авторегрессионной зависимости или сочетая факторы времени и предшествующего значения. Вместе с тем в ряде случаев этот параметр является случайным, подчиняясь закону распределения вероятностей. Вместе с тем при недостаточности информации (малая выборка) урожайность сельскохозяйственной культуры с некоторым приближением можно описать с помощью нижних и верхних оценок. Для примера на рисунке показана функция гамма-распределения, характеризующая выборку урожайности пшеницы в Иркутском районе. Приведенный закон использован согласно свойству гамма-распределения, по которому соотношение коэффициента асимметрии и вариации равно двум, а также критерию согласия Колмогорова.

К случайным величинам можно отнести урожайность ячменя и картофеля в Иркутском районе. К этому следует добавить колебания цен на сельскохозяйственную продукцию, изменчивость трудовых ресурсов, объемов производства и других параметров.

Еще более непредсказуема изменчивость параметров, характеризующих заготовку пищевых дикорастущих ресурсов. Во-первых, очень сильно колеблется биопродуктивность ягод, грибов, кедрового ореха, лекарственных растений. Во-вторых, значительным изменениям подвержены трудозатраты на сбор дикоросов, которые, прежде всего, зависят от урожайности пищевых дикорастущих ресурсов. В-третьих, объемы заготовки дикоросов также сильно колеблются от года к году. В-четвертых, следует иметь в виду пространственную изменчивость пищевых дикорастущих ресурсов. В-пятых, рынок сбыта не является не меняющейся категорией, определяя объемы заготовки и переработки продукции. В-шестых, цены на дикорастущую продукцию могут сильно варьировать.

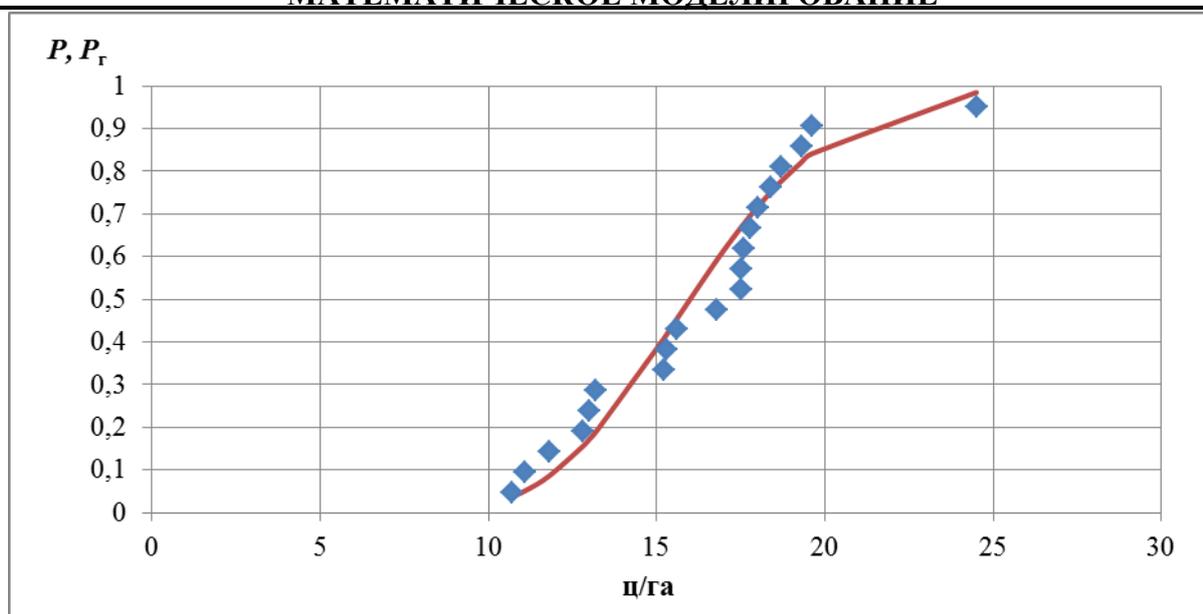


Рисунок – Гамма-распределение урожайности пшеницы в Иркутском районе по данным за период 1996-2015 гг.

Поскольку параметры, характеризующие изменчивость производства аграрной продукции и заготовки пищевых дикорастущих ресурсов, можно описать с помощью интервальных оценок, приведем модель оптимизации получения продовольственной продукции с интервальными параметрами. В общем виде ее можно записать следующим образом. Целевая функция ориентирована на максимум дохода:

$$\sum_{s \in S} \sum_{l \in L} \tilde{c}_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \sum_{l \in L} \tilde{c}_{nl} x_{nl} \rightarrow \max, \quad (8)$$

где $\tilde{c}_{sl}, \tilde{c}_{nl}$ – удельные доходы от производства сельскохозяйственной продукции вида s по технологии l и заготовки пищевых дикорастущих ресурсов вида n , изменяющиеся в пределах нижних и верхних оценок $\underline{\tilde{c}}_{sl} \leq \tilde{c}_{sl} \leq \bar{\tilde{c}}_{sl}$ и $\underline{\tilde{c}}_{nl} \leq \tilde{c}_{nl} \leq \bar{\tilde{c}}_{nl}$.

Условия по ограниченности всех сельскохозяйственных и лесных земель выглядят так:

$$\sum_{s \in S} \sum_{l \in L} \tilde{f}_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \sum_{l \in L} \tilde{r}_{nl} x_{nl} \leq B, \quad (9)$$

$$\sum_{n \in N} \sum_{l \in L} \tilde{r}_{nl} x_{nl} \leq A \quad (A \in B), \quad (10)$$

где $\tilde{f}_{sl}, \tilde{r}_{nl}$ – логические коэффициенты, характеризующие необходимые площади для получения единицы продукции, по разным технологиям l ; при условиях производства конечной продукции не менее заданного объема:

$$\sum_{s \in S} \tilde{c}_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \tilde{c}_{nl} x_{nl} \geq \tilde{V}_l \quad (l \in L), \quad (11)$$

по ограниченности трудозатрат:

$$\sum_{s \in S} \tilde{\alpha}_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \tilde{\beta}_{nl} x_{nl} \leq D_l \quad (l \in L), \quad (12)$$

по условию материальных затрат:

$$\sum_{s \in S} \tilde{u}_{sl} x_{sl} + \sum_{n \in N} \tilde{b}_{nl} x_{nl} \leq W_l \quad (l \in L), \quad (13)$$

где \tilde{V}_l – производство сельскохозяйственной и дикорастущей продукции не менее заданного объема в денежном выражении, изменяющееся в пределах $\underline{\tilde{V}}_l \leq \tilde{V}_l \leq \overline{\tilde{V}}_l$; $\tilde{\alpha}_{sl}$ – трудозатраты на производство единицы сельскохозяйственной продукции, варьирующие в пределах $\underline{\tilde{\alpha}}_{sl} \leq \tilde{\alpha}_{sl} \leq \overline{\tilde{\alpha}}_{sl}$; $\tilde{\beta}_{nl}$ – трудозатраты на заготовку единицы пищевой дикорастущей продукции, изменяющиеся в пределах $\underline{\tilde{\beta}}_{nl} \leq \tilde{\beta}_{nl} \leq \overline{\tilde{\beta}}_{nl}$; \tilde{u}_{sl} и \tilde{b}_{nl} – материальные затраты на производство единицы сельскохозяйственной и дикорастущей продукции, изменяющиеся в пределах $\underline{\tilde{u}}_{sl} \leq \tilde{u}_{sl} \leq \overline{\tilde{u}}_{sl}$ и $\underline{\tilde{b}}_{nl} \leq \tilde{b}_{nl} \leq \overline{\tilde{b}}_{nl}$. Условие неотрицательности переменных аналогично выражению (7).

Приведенная задача (8)-(13) и (7) может быть применима, когда производственно-экономические параметры аграрного производства и показатели заготовки пищевых дикорастущих ресурсов являются усредненными и интервальными оценками. В случае, если параметры модели представляют собой случайные величины или вероятностные величины и интервальные оценки, предложенная модель не применима.

Модель оптимизации получения продовольственной продукции (8)-(13) и (7) реализована для сельскохозяйственного предприятия ЗАО “Иркутские семена”, расположенного в Иркутском районе, который богат пищевыми дикорастущими ресурсами: ягодами, грибами и лекарственными растениями. В решаемой задаче линейного программирования с интервальными параметрами применительно к сельскохозяйственному предприятию принято допущение, что помимо специализированного производства сельскохозяйственной продукции хозяйство занимается заготовкой дикоросов в определенном объеме на определенной территории.

При подготовке данных для построения модели оптимизации сочетания получения аграрной продукции и заготовки дикорастущих ресурсов, использовано мнение экспертов, по стоимости дикоросов и оценке трудозатрат на единицу получаемой продукции. В частности, при решении задачи для ЗАО “Иркутские семена” использовано случайное изменение в заданных интервалах следующих параметров модели (8)-(13) и (7): коэффициентов при неизвестных в критерии оптимальности (цены реализации пищевой дикорастущей продукции: ягоды 180-230 руб./кг, грибы – 270-320 руб./кг, лекарственные растения – 500-1000 руб./кг); коэффициентов при неизвестных в левых частях ограничений (урожайность разных видов пищевой дикорастущей продукции: ягоды – 0.115-0.240 т/га,

грибы – 0.010-0.250 т/га, лекарственные растения – 0.030-0.060 т/га и трудозатраты на заготовку дикоросов: ягод – 0.008-0.010 чел.-дн./т, грибов – 0.036-0.056 чел.-дн./т, лекарственные растения – 0.0014-0.0018 чел.-дн./т).

Исходя из представленных данных о сельскохозяйственной продукции и сведений о заготовке дикорастущей продукции, построена модель сочетания получения сельскохозяйственной и дикорастущей продукции. В результате решения детерминированной задачи линейного программирования оптимизации сочетания аграрной и дикорастущей продукции максимальные доходы составили 246 482 тыс. рублей, а оптимальный план производства продукции составил: $x_1=3\ 833$ ц, $x_2=84\ 000$ ц, $x_3=325$ ц, $x_4=500$ ц, $x_5=531$ ц, $x_6=250$ ц. Искомые переменные характеризуют: x_1 – зерновые; x_2 – картофель; x_3 – многолетние травы; x_4 – ягоды; x_5 – грибы; x_6 – лекарственные растения. В приведенном случае доход хозяйства мог бы увеличиваться за счет заготовки дикорастущей продукции примерно на 33275 тыс. руб.

В результате решения задачи с интервальными оценками определен наименьший доход, который равен 192 883 тыс. руб., с соответствующим оптимальным планом: $x_1=40\ 000$ ц, $x_2=67\ 000$ ц, $x_3=2\ 892$ ц, $x_4=500$ ц, $x_5=974,32$ ц, $x_6=250$ ц. В случае благоприятных условий максимальный доход составит 289675 тыс. руб., а оптимальный план: $x_1=40\ 000$ ц., $x_2=67000$ ц., $x_3=2892$ ц., $x_4=500$ ц., $x_5=3435$ ц., $x_6=490,2292$ ц. Медианное значение близко к среднему значению детерминированной задачи (237181 тыс. руб.). При этом соответствующий оптимальный план составляет: $x_1=40\ 000$ ц, $x_2=67\ 000$ ц, $x_3=325$ ц, $x_4=338.8$ ц, $x_5=1040.50$ ц, $x_6=1405.14$ ц.

При решении задачи математического программирования с интервальными параметрами число итераций для получения оптимальных решений составило 50. Вместе с тем определение количество решений, которые можно увеличить многократно, является отдельным вопросом для дальнейших исследований.

Выводы. Для оптимизации сочетания получения аграрной и дикорастущей продукции построены модели математического программирования с усредненными и интервальными параметрами. Предлагается их использование для планирования получения продовольственной продукции в условиях различных внешних условий.

Для реализации разработанных моделей проанализированы производственно-экономические данные производства аграрной продукции и сведения о параметрах заготовки пищевых дикорастущих ресурсов. Для решения линейной задачи с интервальными оценками использован метод Монте-Карло.

На примере предприятия ЗАО “Иркутские семена” решена задача оптимизации сочетания производства сельскохозяйственной и дикорастущей продукции с детерминированными и интервальными параметрами.

Список литературы

1. *Асалханов П.Г.* Экспертные оценки в задачах оптимизации производства продовольственной продукции / *П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо* // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2019. - Т. 46. - № 2. - С. 50-60.
2. *Барсукова М.Н.* Оптимизационные модели планирования производства стабильных сельскохозяйственных предприятий / *М.Н. Барсукова, Я.М. Иваньо.* – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. – 159 с.
3. *Блюмин С.Л.* Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / *С.Л. Блюмин, И.Л. Шуйкова.* – Липецк : ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
4. *Воропай Н.И.* Модели и методы оптимизации в энергетических исследованиях / *В.И. Зоркальцев, Н.И. Воропай* // Стохастическое программирование и его приложения / *П.С. Кнопов, В.И. Зоркальцев, Я.М. Иваньо* и др. [Электронный ресурс]. – Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2012. – С. 9-35. Режим доступа: <http://www.sei.irk.ru/upload/iblock/49a/49a2566a4d219289d61099b296a7b4ed.pdf>.
5. *Иваньо Я.М.* 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. - 199 с.
6. *Иваньо Я.М.* Оптимизационные модели аграрного производства в решении задач оценки природных и техногенных рисков. Монография / *С.А. Петрова, Я.М. Иваньо.* - Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2015. – 180 с.
7. *Иваньо Я.М.* Экономико-математические модели аграрного производства с интервальными природными и производственно-экологическими параметрами / *Е.А. Хогоева, Я.М. Иваньо* // Известия ИГЭА (БГУЭП): – 2013. – № 6 (92). – С. 138-143.
8. *Кнопов П.С.* Метод эмпирических средних в задачах стохастической оптимизации и оценивания / *П. С. Кнопов* // Стохастическое программирование и его приложения / *П.С. Кнопов, В.И. Зоркальцев, Я.М. Иваньо* и др. [Электронный ресурс]. – Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2012. – С. 125-149. Режим доступа: <http://www.sei.irk.ru/upload/iblock/49a/49a2566a4d219289d61099b296a7b4ed.pdf>.
9. *Канторович А.В.* Математические методы организации и планирования производства / *А.В. Канторович* // Применение математики в экономических исследованиях. - [2-е изд.]. – М.: Соцэкгиз, 1959. - С. 251-309.
10. *Пикок Дж.* Справочник по статистическим распределениям / *Н. Хастингс, Дж. Пикок* // Пер. с англ. А.К. Звонкина. – М.: Статистика, 1980. - 95 с.
11. *Ivanyo Ya.* Optimization Models of Food Processing Wild-Growing Products with Expert Assessments / *Yaroslav Ivanyo, Sofia Petrova* // Advances in Intelligent Systems Research, volume 169. VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security' (IWCI 2019) - Atlantis Press, 2019. – pp. 108-113. Доступ: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iwci-19/125917311>.

References

1. Asalkhanov P.G. et all. *Ekspertnyye otsenki v zadachakh optimizatsii proizvodstva prodovol'stvennoy produktsii* [Expert assessments in the tasks of optimizing of food production]. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki, 2019, vol. 46, no. 2, pp. 50-60.

2. Barsukova M.N., Ivanyo Ya.M. *Optimizacionnye modeli planirovaniya proizvodstva stabil'nyh sel'skohozyajstvennykh predpriyatij* [Optimization models of production planning of stable agricultural enterprises], Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA, 2011, 159 p.

3. Blyumin S.L., SHujkova I.L. *Modeli i metody prinyatiya reshenij v usloviyah neopredelennosti* [Models and decision-making methods in conditions of uncertainty]. Lipeck: LEGI, 2001, 138 p.

4. Voropay N.I. et all. *Modeli i metody optimizatsii v energeticheskikh issledovaniyakh* [Models and methods of optimization in energy research], Irkutsk: Institut sistem energetiki im. L.A. Melent'yeva SO RAN, 2012. – pp. 9-35. Rezhim dostupa: <http://www.sei.irk.ru/upload/iblock/49a/49a2566a4d219289d61099b296a7b4ed.pdf>.

5. Ivanyo Ya.M. *Reshenie zadach upravleniya agrarnym proizvodstvom v usloviyah nepolnoj informacii. Monografiya* [The solution of management of agricultural production problems in the conditions of incomplete information. Monograph], Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA, 2012, 199 p.

6. Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. *Optimizatsionnye modeli agrarnogo proizvodstva v reshenii zadach otsenki prirodnykh i tekhnogennykh riskov. Monografiya* [Optimization models of agrarian production in solving the problems of assessing natural and technological risks. Monograph]. Irkutsk: Izd-vo Irkutskogo GAU, 2015, 180 p.

7. Ivanyo Ya.M., Khogoyeva E.A. *Ekonomiko-matematicheskiye modeli agrarnogo proizvodstva s interval'nymi prirodnyimi i proizvodstvenno-ekologicheskimi parametrami* [Economic-mathematical models of agrarian production with interval natural and industrial-environmental parameters]. Izvestiya IGEA (BGUEP), 2013, no. 6 (92, pp. 138-143).

8. Кнопов P.S. et all. *Metod empiricheskikh srednikh v zadachakh stokhasticheskoy optimizatsii i otsenivaniya* [The method of empirical means in the problems of stochastic optimization and assessment]. Irkutsk: Institut sistem energetiki im. L.A. Melent'yeva SO RAN, 2012. – pp. 125-149. Rezhim dostupa: <http://www.sei.irk.ru/upload/iblock/49a/49a2566a4d219289d61099b296a7b4ed.pdf>.

9. Kantorovich A.V. *Matematicheskiye metody organizatsii i planirovaniya proizvodstva* [Mathematical methods of organizing and planning production]. Moscow, Sotsekgiz, 1959, pp. 251-309.

10. Piko Dzh., Khastings N. *Spravochnik po statisticheskim raspredeleniyam* [Statistical distributions handbook]. Moscow, Statistika, 1980, 95 p.

11. Ivanyo Ya., Petrova S. *Optimization Models of Food Processing Wild-Growing Products with Expert Assessments*. Atlantis Press, 2019, pp. 108-113. Rezhim dostupa: <https://www.atlantispress.com/proceedings/iwci-19/125917311>.

Сведения об авторах

Барсукова Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой информатики и математического моделирования. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. +7 (3952) 237330. e-mail: margarita1982@bk.ru).

Иванова Екатерина Николаевна – магистрантка 3 года обучения направления 09.04.03 Прикладная информатика. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, тел. +7 (3952) 237330. e-mail: ivanova_bur03@mail.ru).

Петрова Софья Андреевна - кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, п. Молодежный, Иркутский ГАУ тел +7 (3952) 237330. e-mail: sofia.registration@mail.ru).

Information about authors

Barsukova Margarita N. – Candidate of Technical Sciences, Head of Chair of Informatics and Mathematical Modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: +7 (3952) 237330. e-mail: bmn1982@rambler.ru).

Ivanova Ekaterina N. – Master student, Institute of Economics, Management and Applied Informatics, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: +7 (3952) 237491, e-mail: ivanova_bur03@mail.ru).

Petrova Sofia A. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of Informatics and Mathematical Modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel.: +7 (3952) 237330. e-mail: sofia.registration@mail.ru).

УДК 334.021:004.89

О ПРОЕКТЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Ю. Белякова, Н.И. Федурин

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В статье приведен анализ существующих тенденций в развитии цифровизации сельского хозяйства мира, России и региона. Описаны ключевые технологии и тренды в развитии цифровизации сельского хозяйства. Приведен обзор крупнейших мировых компаний, занимающихся разработкой и внедрением информационных технологий в сельское хозяйство. Рассмотрены конкретные примеры использования цифровых технологий в растениеводстве, животноводстве, в сфере технического обслуживания сельского хозяйства, а также в управлении сельскохозяйственным производством России.

Обоснована возможность цифровизации сельского хозяйства Иркутской области исходя из предпосылок использования элементов точного земледелия и других цифровых технологий. Объективно показано, что процесс цифровизации региона невозможен без вовлечения в этот процесс государства. Предполагается, что зарубежный опыт внедрения цифровых технологий может быть в достаточной степени эффективно использован в российском агропромышленном комплексе, предприятия которого нуждаются в повышении эффективности их деятельности.

В статье рассмотрены основные разделы проекта Концепции цифровизации сельского хозяйства Иркутской области. Выделены основные направления реализации цифровой трансформации сельского хозяйства региона. Приведены сведения о планируемых объемах финансирования для внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство Иркутской области.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровое сельское хозяйство, информационные технологии, инновационное развитие, концепция.

Belyakova A.Yu., Fedurina N.I.

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article provides an analysis of existing trends in development of digitalization of agriculture in the world, Russia and the region. The key technologies and trends in the development of digitalization of agriculture are described. The review of the largest world companies involved in the development and implementation of information technology in agriculture. Concrete examples of the use of digital technologies in crop production, animal husbandry, in the field of agricultural technical maintenance, as well as in the management of agricultural production in Russia, are examined.

The possibility of digitalization of agriculture in Irkutsk region based on the prerequisites for the use of precision farming elements and other digital technologies is substantiated. It has been objectively shown that the process of digitalization of the region is impossible without involving the state in this process. It is assumed that the foreign experience in introducing digital technologies can be sufficiently effectively used in the Russian agro-industrial complex, whose enterprises objectively need to increase the efficiency of their activities.

The article discusses the main sections of the Concept of digitalization of agriculture of Irkutsk region. Information on the planned volumes of financing for the introduction of digital technologies in agriculture of Irkutsk region is given.

Keywords: digital economy, digitalization, agriculture, information technology, innovative development, productivity.

Введение. Россия имеет значительный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства (в 3 - 5 раз) и потенциал роста оборота отрасли за счет внедрения цифровых технологий и современных цифровых платформ для управления на различных уровнях сельскохозяйственного производства. По экспертной оценке, в течение сезона фермеру приходится принимать более 40 различных решений в ограниченные промежутки времени [5]. Посредством цифровой трансформации отраслей сельского хозяйства предполагается комплексное решение следующих задач: повышение производительности труда; увеличение экспортной выручки; максимизация стоимости предприятий отрасли; увеличение экономических темпов роста отраслей; создание эффективной цепочки сбыта от производителя до потребителя; интеграция в смежные отрасли цифровой экономики; повышение привлекательности работы в сельском хозяйстве и рост доходов сельскохозяйственных товаропроизводителей [1, 2].

Целью исследования является анализ современных тенденций развития цифровизации в мировом и российском сельском хозяйстве для обоснования целесообразности цифровой трансформации сельского хозяйства Иркутской области.

Материалы и методы. В статье использован анализ данных о научно-технологическом развитии мировых и отечественных информационных технологий. Рассмотрен процесс цифровизации в сфере сельского хозяйства России и региона. Источниками информации для исследований послужили официальные статистические данные, отчетные материалы министерства сельского хозяйства Иркутской области, а также результаты собственных исследований авторов по данной теме.

Основные результаты и обсуждение. Экономика ведущих стран мира характеризуется высоким уровнем развития, внедрения и использования цифровых технологий. Многие страны мира осуществляют построение новой модели развития национальной экономики, основанной на цифровых технологиях, приоритетом своего развития. Построение цифровой экономики в России – стратегическая задача, обеспечивающая национальную безопасность, конкурентоспособность и эффективность развития на различных уровнях и в различных отраслях экономики, в том числе и в сельском хозяйстве [4].

В последнее пятилетие сформировались ключевые технологии в цифровизации мирового сельского хозяйства: создание интегрированных облачных сервисов; внедрение комплекса технологий Интернет вещей (IoTAg); использование технологий больших данных (Big Data); искусственный интеллект и другие.

В результате анализа выявлено, что самые активные страны в использовании информационных технологий в мировом сельском хозяйстве - это США, Китай, Индия, Канада, Израиль.

Крупнейшими мировыми компаниями, занимающимися разработкой и внедрением информационных технологий в сельское хозяйство, являются: 1) в отрасли животноводства – “Westfalia Landtechnik” - немецкая компания; “Fullwood” - английская компания; “DeLaval” - швейцарская компания; 2) в отрасли растениеводства – “LPWAN” (приложения интернета вещей) - Франция-США; “Digital Wallet” (блокчейн-платформа для фермеров) – “IBM Research”, “Ag Leader” (США), “Leica Geosystems” (Швейцария); 3) технологического обеспечения “Amazon” - американская компания (облачные вычисления), “John Deere” (США), “CLAAS” (Германия), и другие.

Лидером в использовании беспилотников в сельском хозяйстве сейчас являются следующие страны: США, Китай, Япония, Бразилия, государства ЕС. Среди крупнейших производителей мирового рынка БПЛА, ориентирующихся на сельское хозяйство, можно выделить AeroVironment Inc, AgEagle, DJI, Yamaha и др.

По прогнозам Goldman Sachs применение цифровых технологий способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства на 70% к 2050 году.

Россия занимает 15 место в мире по уровню цифровизации сельского хозяйства, а рынок информационно-компьютерных технологий в отрасли оценивается в 360 млрд. рублей. Уровень развития цифровизации в сельском хозяйстве регионов Российской Федерации тесно связан со степенью внедрения информационных технологий [10]. В настоящее время в регионах функционируют 33 собственные автоматизированные информационные системы (АИС) и 7 находятся в разработке. Лидерами в этом направлении являются Белгородская, Владимирская, Волгоградская, Костромская области и Краснодарский край [8].

В таблице 1 приведены примеры современных цифровых технологий в сфере животноводства, растениеводства, технического обеспечения и управления сельскохозяйственным производством.

Цифровые технологии в сфере управления сельскохозяйственным производством позволяют оперативно принимать управленческие решения, анализировать пространственную информацию, быстро и эффективно оценивать и контролировать изменяющиеся процессы.

В Иркутской области, как и в других регионах России, осуществляется внедрение цифровых технологий в различные сферы сельского хозяйства [9]. Так, например, системы параллельного вождения применяется в ИП Глава КФХ Лизин В.Н., ИП Глава КФХ Халтанов В.К. в Боханском районе и в СХ ПАО “Белореченское” в Черемховском и Усольском районах.

Спутниковый мониторинг транспортных средств используется в ИП Глава КФХ Бакаев П.Н. в Черемховском районе и в СПК “Окинский” в Зиминском районе.

СХ ПАО “Белореченское” стоит на первом месте из представленных в таблице хозяйств в шести районах по определению границ полей с использованием спутниковых систем навигации в хозяйствах. Локальный отбор проб почвы в системе координат проводится в ИП Глава КФХ Лизин В.Н. и в ИП Глава КФХ Халтанов В.К. в Боханском районе Иркутской области [7].

Помимо перечисленных систем для Иркутской области ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ разработаны математические модели, алгоритмы и программное обеспечение, предназначенные для реализации задач управления в сельском хозяйстве [6].

Учитывая тенденции развития цифровых технологий и различные законодательные и проектные документы по развитию сельского хозяйства в стране и цифровой трансформации отрасли [3, 10], предложена Концепция цифровизации сельского хозяйства Иркутской области.

Проект содержит в себе три главы: 1) состояние внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство региона; 2) направления развития цифровизации сельского хозяйства Иркутской области; 3) управление развитием цифровой трансформации сельского хозяйства Иркутской области.

**Серия ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ,
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Таблица 1 - Современные цифровые технологии в сфере животноводства, растениеводства, технического обеспечения и управления сельскохозяйственным производством

Название цифровых технологий	Функции
Цифровые технологии в сфере растениеводства	
“Беспилотные технологии” (г. Новосибирск)	Определение фактической площади пашни, сенокосов, пастбищ, многолетних трав, залежей. Точное определение площади сева, недосево, присево. Качество и фактическая площадь подготовки паров и зяби. Оценка состояния озимых. Содержание азота в растениях. Прогноз урожайности. Фактическая площадь к уборке в разрезе культур.
“Геоскан” (г. Санкт-Петербург)	Инвентаризация сельхозугодий, создание электронных карт полей и кадастр. Мониторинг техники, состояния посевов и полей под парами, расчет NDVI и др. индексов. Сопровождение и контроль агротехнических мероприятий.
“Автономные аэрокосмические системы — “ГеоСервис” (г. Красноярск)	Получение актуальной информации о состоянии сельскохозяйственных угодий, контроль аграрных процессов, прогнозирование всхожести и урожайности посевов. Применение спектрометрических методов позволяет получать значения интенсивности отраженного электромагнитного излучения в определенных спектральных диапазонах. Для сельского хозяйства использование мультиспектрального сенсора позволяет в первую очередь рассчитывать вегетационные индексы, значения которых характеризуют состояние фитомассы.
Цифровые технологии в сфере животноводства	
RFID – технологии Группа Компаний ISBC	Автоматизированная идентификация и учет животных
Программный комплекс “Селэкс” Региональный центр “Плинор”, Санкт-Петербург	Программа способствует быстрому внедрению современных селекционных программ и методов племенной работы (оценка племенной ценности животных, формирование селекционных групп, индивидуальное закрепление быков-производителей, кормление высокопродуктивных коров, расчеты экономической эффективности ведения скотоводства и др.)
Инфо-центр “Цифровое животноводство”, г.Москва	Используются прежде всего в молочном скотоводстве, свиноводстве и птицеводстве.
“КОРАЛЛ – Кормление”	Предназначены для оптимизации рационов молочного и откармливаемого скота, свиней, овец, птицы по целому ряду экономических критериев.
Цифровые технологии в сфере технического обеспечения	
Cognitive Technologies Система автоматического вождения	Представляет собой систему автоматического вождения на базе искусственного интеллекта, предназначенную для установки на сельскохозяйственную технику (трактора, комбайны).
Навигационно-связная аппаратура управления сельхозтехникой Холдинг “Росэлектроника”	Опытные образцы навигационно-связных элементов бортового и диспетчерского оборудования для системы управления беспилотной сельскохозяйственной техникой.
Цифровые технологии в сфере управления сельскохозяйственным производством	
АИС “Субсидии АПК” на платформе 1С-Предприятие	Система обеспечение процесса учета, мониторинга и контроля субсидий на поддержку агропромышленного комплекса, анализ субсидий по получателям и сведений о финансово-экономическом состоянии получателей субсидий
АИС НСИ	Автоматизация административных процессов выполнения государственных функций и предоставления государственных услуг, оказываемых Министерством сельского хозяйства РФ в электронном виде, в части ведения реестров, регистров и нормативно-справочной информации.
Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения ЕФИС ЗСН	Консолидация актуальных и достоверных сведений о землях сельскохозяйственного назначения в разрезе каждого поля, землепользователя, засеваемых культурах и состоянии плодородия.

В первой главе рассматривается состояние внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство экономически развитых стран, России, Сибирского федерального округа и Иркутской области.

Приведены мировые и отечественные цифровые технологии, применяемые в животноводстве, растениеводстве, техническом обеспечении и управлении сельскохозяйственным производством. Кроме того, оценены действующие федеральные и региональные программы цифрового развития сельского хозяйства, нормативно-правовой базы, действующие механизмы государственной поддержки цифровой трансформации сельского хозяйства, ее экономической эффективности в регионах-лидерах Российской Федерации.

Во второй главе рассмотрена предлагаемая Концепция цифровизации сельского хозяйства Иркутской области, включающая в себя следующие разделы:

– определение целей и задач, с учетом опыта зарубежных стран с развитой цифровой экономикой и субъектов Российской Федерации, основных направлений деятельности участников процесса цифровой трансформации сельского хозяйства области в современных условиях цифровой экономики;

– определение категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей (целевых аудиторий) и их приоритетных предпочтений в рамках цифровой трансформации сельского хозяйства;

– разработка структуры и состава программно-аппаратных комплексов и программного обеспечения для различных целевых групп, определение типовых ИТ-технологий в отраслях растениеводства и животноводства с учетом современных тенденций в сфере цифровизации сельского хозяйства;

– разработка предложений по реорганизации процессов производства сельскохозяйственной продукции в условиях цифровой экономики;

– разработка комплекса мер по совершенствованию работы органов государственной власти с сельскохозяйственными товаропроизводителями в современных условиях цифровой экономики;

– разработка предложений по внесению изменений в нормативные правовые акты, как общегосударственные, так и ведомственные, обеспечивающие реализацию Концепции;

– разработка рекомендаций по необходимому материально-техническому, финансовому и кадровому обеспечению реализации Концепции.

В третьей главе определены:

– основные участники процесса цифровой трансформации сельского хозяйства региона (органы государственной власти, образовательные учреждения, компании, организации инфраструктуры) с обоснованием их участия;

– риски и ограничения при реализации концепции цифровизации сельского хозяйства Иркутской области, достижении поставленных целей и задач и предложения по их минимизации.

– предложения по совершенствованию механизмов комплексной поддержки цифровой трансформации отрасли сельского хозяйства региона.

Реализация Концепции потребует от сельскохозяйственных товаропроизводителей целевой аудитории (министерство сельского хозяйства Иркутской области, отделы сельского хозяйства при администрациях муниципальных районов), использование современных компьютеров, ноутбуков, планшетов; подключение широкополосной, мобильной, LPWAN связи, использование информационных технологий (малые и большие данные, ИИ, платформы управления), отечественного приборостроения (метки, контроллеры, датчики, элементы управления). Кроме этого, потребуется широкое внедрение электронных сервисов, мобильных приложений, которые позволят увеличить количество участников цифровизации. Финансовое обеспечение Концепции цифровизации сельского хозяйства Иркутской области подразумевает обеспечение ее инвестиционными ресурсами. В их состав входят не только денежные средства, но и выражаемые в денежном эквиваленте прочие инвестиционные ресурсы.

В Концепции приведена информация, полученная на основе прогнозной (справочной) оценки ресурсного обеспечения реализации государственной программы Иркутской области “Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия” на 2019 - 2024 годы и показателей ведомственного проекта “Цифровое сельское хозяйство”. Общий объем финансирования за 2019-2024 гг. составит 3412365 тыс. руб.

Общие объемы инвестиций на покупку и внедрение цифровых продуктов и технологий по годам изменяются от 65,8. в 2019 г. до 1430 млн руб. в 2024 г. Как и в ведомственном проекте [5] предполагается, что доля контрактов, заключенных с получателями субсидий от общего числа получателей субсидий достигнет 100%.

Цифровая трансформация сельского хозяйства Иркутской области невозможно без государственной поддержки производителя, сокращения сроков предоставления субсидий, дотаций, упрощения документооборота, регулирования процентной ставки кредита и страхования, обеспечения потребности бизнеса в надежных, доступных, безопасных и экономически эффективных коммуникациях, вычислительных мощностях, информационных системах и сервисах, цифровых платформах, созданных с приоритетным использованием отечественных технологий [7].

Выводы. В современных условиях для эффективного и рентабельного ведения сельского хозяйства нужно переходить на новейшие технологии с использованием искусственного интеллекта, GNSS-и ГИС-технологий

Внедрение цифровизации в отрасль сельского хозяйства позволит получить эффект всем участникам этого процесса:

– сельхозпроизводитель, подключенный к платформе цифрового сельского хозяйства [7] автоматически получает различные варианты кредитования (страхования), индивидуальные пакеты субсидирования, технологических решений, складских услуг и реализации продукции через электронный документооборот и т.п.;

– государство получает объективные данные о сельскохозяйственных товаропроизводителях, что позволяет усилить эффект оказываемых мер государственной поддержки;

– министерство сельского хозяйства, обеспечивая продовольственную безопасность РФ, получает возможность прогнозировать цену на основные продукты перед началом сезона;

– средние и мелкие сельскохозяйственные товаропроизводители повысят производительность в 3–5 раз.

Таким образом, развитие сельского хозяйства на основе цифровых технологий приведет к повышению конкурентоспособности региона и страны на мировом продовольственном рынке.

Список литературы

1. Государственная программа Иркутской области “Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия” на 2019 - 2024 годы и др. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://irkobl.ru/sites/agroline/legal_base/norma%20exp/Proframma_IO_772-pp-26-10-2018.pdf

2. Программа “Цифровая экономика Российской Федерации”: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Собрание законодательства РФ. – 2017. – № 32. – Ст. 5138.

3. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 “О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства”.

4. *Алтухов А.И.* Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ / *А.И. Алтухов, М.Н. Дудин, А.Н. Анищенко* // Проблемы рыночной экономики. - 2019. - № 2. - С. 17-27.

5. Ведомственный проект “Цифровое сельское хозяйство”: официальное издание. – М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2019. – 48 с.

6. *Власов С.Д.* Зарубежный опыт и проблемы инновационного развития сельского хозяйства России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2014. – № 2(51). – С. 124–127.

7. *Иваньо Я.М.* Разработки кафедры информатики и математического моделирования Иркутского ГАУ по применению информационных технологий в региональной экономике / Я.М. Иваньо, Н.И. Федурин // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 32. – С. 35-44.

8. *Иваньо Я.М.* Сотрудничество кафедры информатики и математического моделирования и СХПАО “Белореченское” в научно-образовательной среде / Я.М. Иваньо, Е.Н. Дубинина, Н.И. Федурин // Прикладные аспекты математических и информационных технологий в образовании и науке: материалы научно-методического семинара. – Иркутск, 2017. – С. 60-68.

9. О состоянии сельских территорий в Российской Федерации в 2017 году. Ежегодный доклад по результатам мониторинга / отв. за вып. В.П. Свеженец, А.Г. Папцов, Л.В. Бондаренко. – М., 2017. – Т. 3. – 352 с.

10. Полковская М.Н. О развитии цифровых платформ в России / М.Н. Полковская, Н.И. Федурин // Формализация как основа цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 75-летию со дня рождения и 50-летию научно-педагогической деятельности Заслуженного экономиста Российской Федерации, доктора экономических наук, профессора Ованесяна Сергея Суменовича. – Иркутск, 2018. – С. 9-15.

11. Сторублевцева П.М. Применение технологий точного земледелия в Иркутской области // П.М. Сторублевцева, Я.М. Иванько // "Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК" Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019. – С. 118- 124.

12. Текущее развитие проектов в сфере цифровой экономики в регионах России. Июль 2019. – Аналитический центр при Правительстве РФ, 2019 - 113 с.

References

1. Gosudarstvennaya programma Irkutskoj oblasti "Razvitie sel'skogo hoz'yajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya" na 2019 - 2024 gody i dr. [The state program of the Irkutsk region "Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets" for 2019 - 2024, etc.] [Elektronnyj resurs].
Rezhim dostupa:

https://irkobl.ru/sites/agroline/legal_base/norma%20exp/Proframma_IO_772-pp-26-10-2018.pdf

2. Programma "Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii" [Program "Digital Economy of the Russian Federation"]: utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r // Sobranie zakonodatel'stva RF, 2017, no 32, pp. 38-57.

3. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21 iyulya 2016 g. no 350 "O merah po realizacii gosudarstvennoj nauchno-tekhnicheskoj politiki v interesah razvitiya sel'skogo hoz'yajstva" [Decree of the President of the Russian Federation of July 21, 2016 No. 350 "On measures to implement the state scientific and technological policy in the interests of agricultural development"].

4. Altuhov A.I. et all. Global'naya cifrovizaciya kak organizacionno-ekonomicheskaya osnova innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF [Global digitalization as an organizational and economic basis for the innovative development of the agro-industrial complex of the Russian Federation]. Problemy rynochnoj ekonomiki, 2019, no 2, pp. 17-27.

5. Vedomstvennyj projekt "Cifrovoe sel'skoe hoz'yajstvo": oficial'noe izdanie. [Departmental project "Digital Agriculture": official publication]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2019, 48 p.

6. Vlasov S.D. Zarubezhnyj opyt i problemy innovacionnogo razvitiya sel'skogo hoz'yajstva Rossii [Foreign experience and problems of innovative development of agriculture in Russia]. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ekonomicheskogo universiteta, 2014, no 2(51), pp. 124–127.

7. Ivan'o Ya.M., Fedurina N.I. Razrabotki kafedry informatiki i matematicheskogo modelirovaniya irkutskogo gau po primeneniyu informacionnyh tekhnologij v regional'noj ekonomike [Developments of the Department of Informatics and Mathematical Modeling of the Irkutsk GAU on the application of information technologies in the regional economy]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2019, no 32, pp. 35-44.

8. Ivan'o Ya.M. Sotrudnichestvo kafedry` informatiki i matematicheskogo modelirovaniya i SXP AO "Belorechenskoe" v nauchno-obrazovatel'noj srede [Collaboration of the Department

of Informatics and Mathematical Modeling and the agricultural enterprise Belorechenskoye in the scientific and educational environment]. Irkutsk, 2017, pp. 60-68.

9. *O sostoyanii sel'skix territorij v Rossijskoj Federacii v 2017 godu. Ezhegodny`j doklad po rezul'tatam monitoring* [On the state of rural territories in the Russian Federation in 2017] Moscow, 2017, vol. 3, 352 p.

10. Polkovskaya M.N., Feduina N.I. *O razvitii cifrovyy`x platform v Rossii* [On the development of digital platforms in Russia]. Irkutsk, 2018, pp. 9-15.

11. Storublevceva P.M., Ivan'o Ya.M. *Primenenie tekhnologij tochnogo zemledeliya v Irkutskoj oblasti* [The use of precision farming technologies in the Irkutsk region]. Irkutsk: Izd-vo Irkutskij GAU, 2019, pp. 118- 124.

12. *Tekushchee razvitie proektov v sfere cifrovoj ekonomiki v regionah Rossii. Iyul' 2019* [The current development of projects in the field of digital economy in the regions of Russia. July 2019]. Analiticheskij centr pri Pravitel'stve RF, 2019, 113 p.

Информация об авторах

Белякова Анна Юрьевна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Института экономики управления. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 1, тел. 89025194188, email: btlyakova_irk@mail.ru).

Федурина Нина Ивановна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Института экономики управления. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 1, тел. 89149175104, email: fedurina_n@mail.ru).

Information about authors

Belyakova Anna Yu. – Cand. of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of Informatics and mathematical modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025194188, e-mail: belyakova_irk@mail.ru).

Fedurina Nina I. – Cand. of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of Informatics and mathematical modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149175104, e-mail: fedurina_n@mail.ru).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ НАДЁЖНОСТИ ВЫДАЧИ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ

¹М.А. Рычков, ²Г.Ф. Ковалёв, ²Д.С. Крупенёв

¹ООО “Байкалэлектро”, г. Иркутск, Россия

²Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск, Россия

Современные системы электроснабжения характеризуются интеграцией в них возобновляемых источников энергии. Одним из вариантов электроснабжения изолированных районов является установка ветрогидроэнергетических комплексов. Ветрогидроэнергетический комплекс содержит в себе: узел с ветронасосной установкой, узел с водохранилищем и узел с гидроэлектростанцией. В статье предлагается методика определения параметров ветрогидроэнергетических комплексов, которые, в том числе, могут использоваться для нужд электроснабжения и водоснабжения сельскохозяйственных потребителей. Предлагаемая методика позволяет провести предварительный расчет перед проектированием основных параметров улов ветрогидроэнергетического комплекса с учетом надёжности электроснабжения. По результатам использования методики определяются единичная мощность и требуемое количество ветронасосных установок, генерирующих агрегатов и параметров водохранилища с учетом климатических характеристик района и уровня надёжности, нормируемого вероятностью бездефицитной работы. На первом этапе определяются единичные мощности гидроагрегатов и их количество на основании применения теоремы о повторении опытов с учетом уровня надёжности. На втором этапе рассчитываются параметры водохранилища, которое обеспечивает работу гидроагрегатов. На третьем этапе определяются параметры ветронасосных установок.

Ключевые слова: ветроустановка, насос, водохранилище, гидроэлектростанция, потребитель, электроснабжение, надёжность, установленная мощность.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF WIND-HYDRO-ENERGY COMPLEXES TAKING INTO ACCOUNT THE ENERGY SUPPLY RELIABILITY

¹Rychkov M.A., ² Kovalev G.F., ² Krupenev D.S.

¹Baikalelectro, Irkutsk, Russia

²Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Modern power supply systems are characterized by the integration of renewable energy sources. One of the options for power supply in isolated areas is the installation of wind-hydro power complexes. The article proposes a methodology for determining the parameters of wind-hydro power complexes, which, inter alia, can be used for the needs of electricity and water supply for agricultural consumers. The wind hydro energy complex includes: a node with a wind pump installation, a node with a reservoir, and a node with a hydroelectric power station. The proposed methodology allows the calculation of the main catch of the wind hydroelectric complex, taking into account the reliability of power supply. Based on the results of the application of the technique, the unit capacity and the required number of wind pump units, generating units and reservoir parameters are taken into account, taking into account the climatic

characteristics of the area and the level of reliability normalized by the probability of failure-free operation. At the first stage of the methodology, the unit capacities of hydraulic units are determined, their number is based on the application of a theorem on the repetition of experiments of probability theory, taking into account the level of reliability determined by the standard probability of a power-free supply. The second stage concerning to determine the parameters of the reservoir, which ensures the operation of the hydraulic units. At the third stage concerning to calculate of the parameters of the wind pump installations are determined.

Keywords: wind turbine, pump, reservoir, hydroelectric power station, consumer, power supply, reliability, installed capacity.

Введение. В статье рассматривается вопрос обеспечения электроснабжения районов с климатическими свойствами ветрогидроэнергетическими комплексами (ВГЭК). Ветрогидроэнергетический комплекс состоит из резервуара и ветровых турбин. Резервуар служит неотъемлемой частью комплекса для гидравлического накопления энергии, вырабатываемой ветряными турбинами. Преимуществом ВГЭК является разделение двух процессов - производства энергии ветряными турбинами во времена эффективного ветрового режима с преобразованием в потенциальную энергию воды и потребления воды гидроэлектростанциями, которые работают независимо от частоты и интенсивности потребления электроэнергии для покрытия необходимого спроса.

Конструктивное исполнение ВГЭК. Схема ВГЭК показана на рисунке.

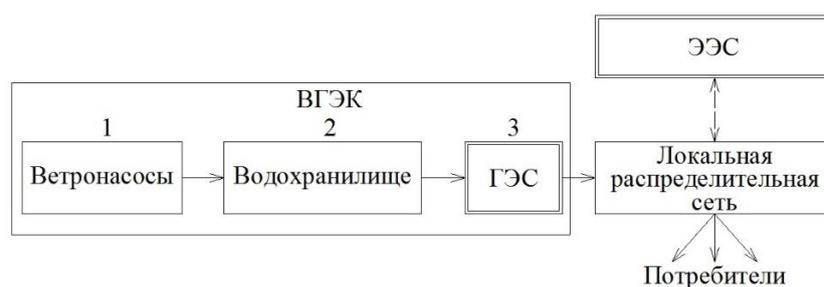


Рисунок – Схема ВГЭК

Ветрогидроэнергетический представляет собой устройство, работающее по принципу гидроаккумулирующей электростанции с использованием энергии ветра при заполнении хранилища [2, 4]. Он имеет ряд преимуществ перед другими подобными устройствами:

1. В конструкции ВГЭК для накопления энергии используется водохранилище, которое имеет повышенные экологические характеристики по сравнению с электроаккумуляторными батареями, накопителями на основе сжатого воздуха и др.

2. В конструкции ВГЭК используются простые, а, следовательно, дешевые и надежные ветровые установки.

3. Водохранилище возможно использовать для других хозяйственных целей.

4. Схема ВГЭК предусматривает отдельное рассмотрение двух не коррелируемых процессов: скорость ветра и потребление электроэнергии.

Расчет основных характеристик гидроэлектростанции (ГЭС). Для расчета основных характеристик гидроэлектростанции требуется определённый набор исходных данных, из которых можно выделить: регулярный годовой максимум потребления мощности $N_{рег. макс.}$ с прогнозом до 10 лет; графики потребления электроэнергии (месячные и недельные максимумы нагрузки, суточные графики нагрузки рабочих и выходных дней в относительных единицах от соответствующего максимума).

После идентификации регулярного годового максимума потребления мощности $N_{рег. макс.}^H$ рассчитывается нерегулярный годовой максимум потребления мощности $N_{нерег. макс.}^H$ по выражению:

$$N_{нерег. макс.}^H = (1 + 3\sigma)N_{рег. макс.}^H \quad (1)$$

В формуле (1) σ – среднеквадратическое отклонение (с.к.о.) потребления мощности нормального закона распределения, которое зависит от величины регулярного максимума потребления мощности [7].

Для учета надёжности выдачи мощности ГЭС и планирования достаточного резерва при вычислении числа гидроагрегатов на ГЭС, применяется общая теорема о повторении опытов [3].

$$\begin{aligned} (p[N_{ед}] + q[0])^n &= p^n [nN_{ед}] + C_n^1 p^{n-1} q [(n-1)N_{ед}] + C_n^2 p^{n-2} q^2 [(n-2)N_{ед}] + \dots \\ &+ C_n^i p^{n-i} q^i [(n-i)N_{ед}] + \dots + q^n [0] = 1, \end{aligned} \quad (2)$$

где p – вероятность безотказной работы агрегатов на ГЭС (определяется по обработанным статистическим данным отказов оборудования на ГЭС); $q = 1 - p$ – вероятность отказов гидроагрегатов; n – число гидроагрегатов, необходимых для обеспечения требуемого уровня надёжности выдачи мощности ГЭС без учета гидроагрегата, который предназначен для резервирования плановых ремонтов; $i = \overline{1, n}$ – число гидроагрегатов, которые находятся в неработоспособном состоянии; C_n^i – число сочетаний из n по i .

Выражение (2) представляет собой биномиальное распределение и формирует полную группу событий, которые характеризуют работоспособные и неработоспособные состояния гидроагрегатов.

После формирования выражения (2) можно определить вероятность бездефицитного электроснабжения потребителей:

$$\mathcal{P} = \sum_{i=0}^n C_n^i p^{n-i} q^i [(n-i)N_{ед}]$$

для всех i , при учете, что

$$(n-i)N_{ед} \geq N_{\text{нерег.макс}}^{\text{н}} \quad (3)$$

Далее находим n , учитывая, что

$$\mathcal{P} \geq \mathcal{P}_{\text{норм.}} \quad (4)$$

В неравенстве (4) $\mathcal{P}_{\text{норм}}$ – норматив вероятности бездефицитного электроснабжения.

Если критерий (4) не соблюдается, то необходимо изменить $N_{ед}$ и/или n , таким образом, чтобы критерий (4) выполнялся.

Рассматриваемая задача имеет целочисленный характер. При её решении значение $N_{ед}$ необходимо округлить до ближайшей величины суммы единичных мощностей гидроагрегатов $N_{ед}^0$, по информации каталогов производителей гидроэнергетического оборудования.

Величины $N_{ед}^0$ и $n^0 = n + 1$ – это оптимальные параметры ГЭС с позиции обеспечения надежного электроснабжения.

Следующим шагом расчетов является определение энергетических характеристик гидроэлектростанций: единичная мощность гидроагрегатов $N_{ед}^0$, число агрегатов n^0 и установленная мощность ГЭС

$$N_{\text{ГЭС}}^{\text{уст}} = n^0 N_{ед}^0, \text{ кВт.}$$

Определение параметров накопителя энергии (водохранилища).

Активность ветра определяется, используя данные климатологических справочников для районов расположения ВГЭК. В расчетах ветровой активности для идентификации частоты скоростей ветра принимается двухпараметрическое распределение Вейбулла [2]. Такие данные используются для расчета периода ветровой активности, в течение которого скорость ветра будет достаточной для выполнения полезной работы ветронасосных установок. Расчетный период T будет складываться из следующих составляющих [1, 4]:

$$T = T_{\text{в}} + T_{\text{б/в}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{в}}$ – время, в течение которого ветровая активность является достаточной, сут.; $T_{\text{б/в}}$ – время, для которого ветровая активность является недостаточной, сут.

Удельный расход воды Q_0 ($\text{м}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$) может быть определен исходя из расчетного напора. Зная эту величину, далее определяется полезный объем водохранилища:

$$V_{\text{полезн.}} = \mathcal{E}_{\text{тр}} \cdot Q_0, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ – необходимая выработка электроэнергии на гидроэлектростанции.

Необходимая выработка электроэнергии находится из графика потребления мощности за рассматриваемый период T :

$$\mathcal{E}_{mp} = \int_0^T N(t) dt, \text{ кВтч}, \quad (7)$$

где $N(t)$ – величина потребления мощности, в которой учтены потери. Кроме того, к данной величине прибавлено значение мощности на собственных нужды.

По значению величины площади зеркала водохранилища F_3 (м^2), рассчитывается толщина водной линзы полезного объема:

$$\Delta H = V_{\text{полезн}} / F_3, \text{ м}. \quad (8)$$

После определения $H_{\text{мин}}$ (по заводским данным) рассчитывается максимальный подпорный уровень воды верхнего бьефа:

$$H_{\text{макс.}} = H_{\text{мин}} + \Delta H, \text{ м}. \quad (9)$$

Далее по формуле, приведенной ниже, уточняется оценка расхода воды гидроагрегатами в момент t :

$$Q(t) = \frac{N(t)}{9,81 \cdot \eta \cdot H(t)}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10)$$

где η – к. п. д. гидроагрегатов; $H(t)$ – напор ГЭС в момент t , м; $N(t)$ – мощность нагрузки ГЭС для момента t , кВт.

Полный расход воды для всего расчетного периода рассчитывается как

$$V = \int_0^T Q(t) dt = \frac{1}{9,81 \cdot \eta} \int_0^T \frac{N(t)}{H(t)}, \text{ м}^3, \quad (11)$$

где T – продолжительность расчетного периода работы ГЭС.

Объем V и будет требуемым уточненным полезным объемом водохранилища:

$$V_{\text{полезн}} = V, \text{ м}^3.$$

Кроме полезного объема водохранилища $V_{\text{полезн}}$ для покрытия расхода гидроагрегатов, необходимо также учесть потери, связанные с испарением воды с поверхности водохранилища $V_{\text{исп}}$, потери на фильтрацию через грунт $V_{\text{ф}}$ и потери на льдообразование $V_{\text{л}}$ при эксплуатации в районах с холодным климатом [1, 4].

Для определения расхода воды на потери используют эмпирические методы, которые настраиваются для характерных случаев.

Полный объем водохранилища вычисляется следующим образом

$$V_{\text{полн}} = V_{\text{полезн}} + V_{\text{исп}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{л}} + V_{\text{м}} = V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}} + V_{\text{м}}, \text{ м}^3, \quad (12)$$

где $V_{\text{потерь}} = V_{\text{исп}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{л}}$; $V_{\text{м}}$ – мертвый объем.

В случае, если от создаваемого водохранилища требуется выполнение других функций для нужд экономики района, где оно создается, то необходимо предусмотреть увеличение объема водохранилища.

Расчет параметров ветронасосных агрегатов. Из-за вероятностного характера активности скорости ветра и, вследствие этого, совершение полезной работы ветронасосных установок ВГЭК, выбор количества и мощности ветронасосных установок является важной задачей при проектировании ВГЭК.

На определение мощности ветронасосных установок влияют скорость ветра и диаметр размаха лопастей ветроустановки:

$$N_g = \frac{v^3 D^2}{7000}, \text{ кВт}, \quad (13)$$

где v – скорость ветра, м/сек; D – диаметр размаха лопастей ветронасосной установки, м.

Часть мощности ветронасосной установки преобразовывается в полезную работу, непосредственно, насоса, эта мощность может быть оценена при помощи коэффициента использования энергии ветра ζ :

$$N_{g \text{ полезн}} = \zeta \cdot N_g, \text{ кВт}, \quad (14)$$

Как уже было сказано случайные процессы ветровой активности и потребления электроэнергии не совпадают и слабо коррелируют друг с другом, поэтому прямая выработка и поставка электроэнергии потребителям от ветроагрегатов нецелесообразна. При этом промежуточное аккумулирование энергии является эффективным решением данной задачи.

Расчет производительности ветронасосных установок опирается на значение полезного объема водохранилища $V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}}$ и срок его заполнения T_g за расчетный период T . Еще одним предварительным шагом при проектировании ВГЭК является расчет мертвого объема водохранилища.

Общая производительность ветронасосных установок $Q_{g\Sigma}$ может быть вычислена следующим образом:

$$Q_{g\Sigma} = \frac{V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}}}{T_g}, \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Общая мощность ветронасосных установок определяется по формуле:

$$N_{g\Sigma} = 9,81 \cdot Q_{g\Sigma} \cdot \eta \cdot H, \text{ кВт}, \quad (15)$$

где η – к.п.д. насоса; H – высота подъема воды, м.

Время работы ветронасосной установки T_g определяется по формуле:

$$T_g = \frac{f(v \geq v_0) \cdot T}{100}, \text{ ч}, \quad (16)$$

где $f(v \geq v_0)$ – вероятность превышения начальной скорости ветроагрегата, %; v_0 – начальная скорость ветроколеса, м/сек.

Значение функции $f(v \geq v_0)$, зависящей от режимов ветровой активности v_0/\bar{v} и c_v , можно принять из табличных данных. Оно соответствует распределению Вейбулла.

Длительность простоев ветронасосной установки T_n можно определить как

$$T_n = T - T_e, \text{ ч.} \quad (17)$$

Единичная производительность ветронасосных агрегатов $Q_{в.ед}$ выбирается из соображений и возможностей их конструкции. В данном случае для достижения поставленных целей необходимо выбрать ветроагрегаты с максимальной единичной производительностью, учитывая другие ограничения.

Минимально требуемое количество ветроустановок можно определить следующим образом:

$$n_e = Q_e / Q_{в.ед}, \quad (18)$$

а единичная мощность каждой ветроустановки определяется из выражения:

$$N_{в.ед} = 9,81\eta H_{п} Q_{в.ед}, \text{ кВт.} \quad (19)$$

После определения $N_{в.ед}$ при заданной скорости ветра v необходимо определить диаметр ветроколеса D . После этого по каталожным данным заводов-производителей проводится выбор ветроустановок, которые максимально подходят к расчетным параметрам.

Выводы. Энергоснабжение изолированных районов является актуальной задачей. В России существует множество изолированных энергосистем, электроснабжение которых является некачественным. Современные условия развития энергетических технологий позволяют повысить качество (надёжности, экономичность, экологичность) электроснабжения и обеспечить существование и развитие проблемных территорий. Для электроснабжения потребителей изолированных районов в статье предлагается использование ветрогидроэнергетических комплексов (ВГЭК). Данные комплексы обладают определённым набором положительных качеств и при их комплексном (в том числе для нужд экономики региона) использовании могут выйти на низкие сроки окупаемости. В статье представлены этапы расчета основных параметров ВГЭК. Расчеты по представленной методике могут выполняться на предварительном этапе проектного планирования с дальнейшим технико-экономическим обоснованием сооружения ВГЭК. Отличительным и выигрышным моментом в предложенной методике является учет требуемого уровня надёжности электроснабжения потребителей.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта государственного задания 17.5.3. (рег. № АААА-А17-117030310450-3), при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00550 А.

Список литературы

1. Асарин А.Е. Водноэнергетические расчеты/ А.Е. Асарин, К.Н. Бестужева // М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.
2. Городов Р.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.

3. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. / *Е.С. Вентцель* // М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.
4. *Филипова Т.А.* Гидроэнергетика./ *Т.А. Филипова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина* // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 620 с.
5. *Рычков М. А.* Выбор единичной мощности и количества гидроагрегатов миниГЭС с учетом надежности. / *М. А. Рычков* // Системные исследования в энергетике. Вып. 40. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010. – С. 130–137.
6. *Рычков М. А.* Определение емкости водохранилища ветрогидроэнергетического комплекса. / *М. А. Рычков* // Системные исследования в энергетике. Вып.41. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2011. – С. 90–98.
7. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. *Д.Л. Файбисовича*. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.

References

1. Asarin A.E., Bestuzheva K.N. *Vodnojenergeticheskie raschety* [Water energy calculations]. Moscow, Jenergoatomiz-dat, 1986, 224 p.
2. Gorodov R.V. et all. *Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenergii: uchebnoe posobie* [Non-traditional and renewable energy sources: a training manual]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2009, 294 p.
3. Ventcel' E.S. *Teorija verojatnostej* [Probability theory]. Moscow, Vyssh. shk., 2002, 575 p.
4. Filipova T.A. et all. *Gidrojenergetika* [Hydropower]. Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2012, 620 p.
5. Rychkov M. A. *Vybor edinichnoj moshhnosti i kolichestva gidroagregatov miniGJeS s uchetom nadezhnosti* [Selection of unit power and number of mini-hydro power units taking into account reliability]. Sistemnye issledovaniya v jenergetike, 2010, vol. 40, pp. 130–137.
6. Rychkov M. A. *Opredelenie emkosti vodohranilishha vetrogidrojenergeticheskogo kompleksa* [Determination of the reservoir capacity of the wind hydro-energy complex]. Sistemnye issledovaniya v jenergetike, 2011, vol.41. pp. 90–98.
7. *Spravochnik po projektirovaniju jelektricheskikh setej* [Handbook for the design of electrical networks]. Moscow, JeNAS, 2012, 376 p.

Сведения об авторах

Рычков Максим Александрович - кандидат технических наук, главный инженер проекта. ООО “Байкалэлектро” (664007, г. Иркутск ул. Советская, 55 офис 438,427 Тел./факс: 8 (3952) 22-15-45, e-mail: powerbaikal@gmail.com).

Ковалёв Геннадий Фёдорович - доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130, тел. 8(3952)500646 доп. 462, e-mail: kovalev@isem.irk.ru).

Крупенёв Дмитрий Сергеевич - кандидат технических наук, заведующий лабораторией “Надёжности топливо- и энергоснабжения”. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130, тел. 8(3952)500646 доп. 459, e-mail: krupenev@isem.irk.ru).

Information about authors

Rychkov Maksim A. - Candidate of Technical Sciences, Chief Project Engineer, Baikalelectro. (55, Sovetskaya St., Irkutsk, Russia, 664007, tel. / fax: 8 (3952) 22-15-45, e-mail: powerbaikal@gmail.com).

Kovalev Gennady F. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Institute of Energy Systems named after L.A. Melentyev SB RAS (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, tel. 8 (3952) 500646, add. 462, e-mail: kovalev@isem.irk.ru).

Krupenev Dmitry S. - Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory “Reliability of Fuel and Energy Supply”, Institute of Energy Systems named after L.A. Melentyev SB RAS (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, tel. 8 (3952) 500646, add. 459, e-mail: krupenev@isem.irk.ru).

Требования
к статьям, публикуемым в научно-практическом журнале
“Актуальные вопросы аграрной науки”

Условия опубликования статьи

1. Представленная для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, содержать постановку задач (проблем), описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы.
2. Соответствовать правилам оформления.
3. Автор может опубликовать одну статью в полугодие и два раза в год в соавторстве.

Правила оформления статьи

1. Статья направляется в редакцию журнала по адресу: 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”, редакция научно-практических журналов, зам. главного редактора, ауд. 229, e-mail: buraev@mail.ru), тел. 8(3952)237491, 89500904493.
2. Статья представляется в бумажном и электронном виде в формате Microsoft Word. Бумажный вариант должен полностью соответствовать электронному. При наборе статьи необходимо учитывать следующее: форматирование по ширине; поля: справа и слева – по 23 мм, остальные – 20 мм, абзацный отступ – 10 мм.
3. Текст статьи должен быть тщательно вычитан и подписан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала. 4. Нумерация страниц обязательна.

Структура статьи

1. УДК размещается в левом верхнем углу: полужирный шрифт, размер – 12 пт.
2. Название статьи (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ), полужирный шрифт, 14 кегль, межстрочный интервал – 1.0.
3. И.о. фамилия автора, полужирный шрифт, 12 кегль.
4. Название организации, кафедры, 12 кегль, межстрочный интервал – 1.0.
5. Аннотация статьи должна отражать основные положения работы и содержать от 200 до 250 слов (шрифт – Times New Roman, размер – 12 пт, интервал – 1.0).
6. После аннотации располагаются ключевые слова (шрифт – Times New Roman, курсив, размер – 12 пт.).
7. Далее: пункты 1, 2, 3, 4, 5, 6 дублируются на английском языке.
8. Основной текст статьи – шрифт Times New Roman, размер – 14 пт., межстрочный интервал – 1.0 пт.
9. В конце статьи размещается список литературы (по алфавиту) на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1 - 2003.
10. Далее – транслитерация всего списка литературы.
11. Ссылки на литературу приводятся в тексте в квадратных скобках.
12. Благодарность(и) или указание(я) на какие средства выполнены исследования, приводятся в конце основного текста после выводов (шрифт Times New Roman, 12 пт.).
13. Оформление графиков и таблиц согласно стандарту (ГОСТ 7.1 - 2003).
14. Набор формул осуществляется в MicrosoftEquation в версии не ниже 3.0.
15. Сведения об авторе(ах): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место работы (место учебы или соискательство), контактные телефоны, e-mail, почтовый индекс и адрес учреждения.

Сопроводительные документы к статье

1. Заявление от имени автора (ров) на имя главного редактора научно-практического журнала “Актуальные вопросы аграрной науки”, внутренние и внешние рецензии на статью. Сопроводительное письмо от организации, в которой работает автор (ы).

2. Для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук необходима рекомендация, подписанная лицом, имеющим ученую степень и заверенная печатью учреждения. В рекомендации отражается актуальность раскрываемой проблемы, оценивается научный уровень представленного материала и делаются выводы о возможности опубликования статьи в научно-практическом журнале “Актуальные вопросы аграрной науки”.

Регистрация статей

1. Поступившая статья регистрируется в общий список по дате поступления.

2. Автор(ы) извещаются по e-mail или по контактному телефону о публикации статьи(ей) в соответствующем выпуске.

3. Зам. главного редактора в течение 7 дней уведомляет автора(ов) о получении статьи.

Порядок рецензирования статей

1. Научные статьи, поступившие в редакцию, проходят рецензирование.

2. Формы рецензирования статей:

– внутренняя (рецензирование рукописей статей членами редакционной коллегии);

– внешняя (направление на рецензирование рукописей статей ведущим специалистам в соответствующей отрасли).

3. Зам. главного редактора определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию.

4. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются зам. главного редактора с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.

5. В рецензии должны быть освещены следующие вопросы:

– соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме;

– насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретические мысли;

– доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и т.д.;

– целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу научной литературы;

– в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки; какие исправления и дополнения должны быть внесены автором;

– вывод о возможности опубликования данной рукописи в журнале: “рекомендуется”, “рекомендуется с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков” или “не рекомендуется”.

6. Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.

7. В случае отклонения статьи от публикации редакция направляет автору мотивированный отказ.

8. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычной почтой.

9. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редакционной коллегией.

10. После принятия редколлегией решения о допуске статьи к публикации зам. главного редактора информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

11. Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала.

Порядок рассмотрения статей

1. Представляя статью для публикации, автор тем самым выражает согласие на размещение полного ее текста в сети Интернет на официальных сайтах научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru) и научно-практического журнала “Актуальные вопросы аграрной науки”.

2. Статьи принимаются по установленному графику:

– в № 1 (март) – до 1 января текущего года;

– в № 2 (июнь) – до 1 апреля текущего года;

– в № 3 (сентябрь) – до 1 июня текущего года;

– в № 4 (декабрь) – до 1 сентября текущего года.

В исключительных случаях, по согласованию с редакцией, срок приема статьи в ближайший номер может быть продлен, не более, чем на три недели.

3. Поступившие статьи рассматриваются редакционной коллегией в течение месяца.

4. Редакционная коллегия правомочна отправить статью на дополнительное рецензирование.

5. Редакционная коллегия правомочна осуществлять научное и литературное редактирование поступивших материалов, при необходимости сокращать их по согласованию с автором, либо, если тематика статьи представляет интерес для журнала, направлять статью на доработку автору.

6. Редакционная коллегия оставляет за собой право отклонить статью, не отвечающую установленным требованиям оформления или тематике журнала.

7. В случае отклонения представленной статьи редакционная коллегия дает автору мотивированное заключение.

8. Автор(ы) в течение 7 дней получают уведомление о поступившей статье. Через месяц после регистрации статьи, редакция сообщает автору(рам) о результатах рецензирования и о плане публикации статьи.

Подробную информацию об оформлении статей можно получить по e-mail: iymex@rambler.ru.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ НАУКИ”

Выпуск 33
декабрь

Литературный редактор – В.И. Тесля
Технический редактор – М.Н. Полковская
Перевод – А.В. Мокрый

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Почтовый адрес редакции:
664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный.
Тел. (3952) 237 - 657