

электронный научно-практический журнал

актуальные вопросы аграрной науки

выпуск №43

июнь



**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Иркутский государственный аграрный
университет имени А.А. Ежевского»**

**Электронный научно-практический журнал
“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ НАУКИ”**

**Выпуск № 43
ИЮНЬ**

Молодежный 2022

Научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”, 2022, выпуск 43, июнь.

Scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”, 2022, 43th edition, June.

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 библиотеке 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”

СОДЕРЖАНИЕ

Серия МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Овчинникова Н.И., Быкова М.А.

Определение энергозатрат механизатора при эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники..... 6

Трепуз С.В., Долгих П.П.

Автоматизированная светодиодная облучательная система для управляемого растениеводства..... 12

Третьяков А.Н., Кудряшев Г.С., Бочкарев В.А.

Инновации при повышении энергоэффективности на сельскохозяйственных предприятиях..... 21

Шуханов С.Н., Поляков Г.Н.

Применение торфа при возделывании горшечных культур с помощью бункера-дозатора.... 27

Серия ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Асалханов П.Г., Бендик Н.В.

О концепции разработки системы поддержки принятия решений для отраслей сельского хозяйства..... 35

Иванова О.Е.

Направления развития цифровизации российского аграрного сектора..... 43

Иванько Я.М., Барсукова М.Н., Петрова С.А., Цыренжапова В.В.

Модели параметрического программирования, применяемые в аграрном производстве..... 50

Репецкий О.В., Нгуен Ван Мань

Применение методов моделирования аэродинамических сил на рабочих лопатках турбомашин..... 60

CONTENTS

Series MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

Ovchinnikova N.I., Bykova M.A.

Determination of the energy consumption of a mechanizer during operation of mobile agricultural machinery 6

Trepuz S.V., Dolgikh P.P.

Automated LED illumination system for managed crop production..... 12

Tretyakov A.N., Kudryashev G.S., Bochkarev V.A.

Innovation to increase energy efficiency at agricultural enterprises enterprises..... 21

Shukhanov S.N., Polyakov G.N.

The use of peat in the cultivation of pot crops using a hopper-doser..... 27

Series INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING

Asalkhanov P.G., Bendik N.V.

About the concept of developing a decision support system for agricultural sectors..... 35

Ivanova O.E.

The directions of development of digitalization of the Russian agrarian sector..... 43

Ivanyo Ya.M., Barsukova M.N., Petrova S.A., Tsyrenzhapova V.V.

Models of parametric programming used in agricultural production..... 50

Repetckii O. V., Nguyen Van Manh

Application of methods for simulation of aerodynamic forces on the working blades of turbomachines..... 60

УДК 631.3-027: 612.014.32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ МЕХАНИЗАТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Н.И. Овчинникова, М.А. Быкова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Трудовая деятельность механизатора при эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники связана с энергетическими затратами, которые зависят от интенсивности мышечной работы, рабочей позы тела, эмоционального напряжения, информационной насыщенности реализации трудовых функций, скорости и темпов движения машинно-тракторного агрегата, температуры и влажности воздуха, надежности технологического процесса в целом, степени неравномерности его протекания и многих других факторов. Поэтому для соблюдения чистоты проводимых экспериментов непосредственное определение энергозатрат механизатора вызывает большие трудности, как медицинского, так и технического характера.

В статье предложен теоретический подход к оценке энергозатрат механизатора при выполнении технологических операций, применяемых в различных сельскохозяйственных процессах (вспашка, посев культур, внесение удобрений, заготовка сена, уборка урожая) с последующим его применением на практике. Выявлены вредные производственные факторы, отрицательно влияющие на работоспособность и производительность механизатора в период сезонности: неблагоприятный микроклимат в кабине трактора или комбайна, высокие уровни шума и вибрации, запыленность, зрительная напряженность, наличие ручного труда с тяжелой физической нагрузкой при устранении неисправностей и другие. Использован метод хронометражных наблюдений для получения статистических данных поэлементных затрат времени на решение технологических, технических, организационных и физиологических вопросов, который позволяет строить регрессионные модели энергозатрат механизатора с учетом разных периодов рабочего дня. По результатам исследований рекомендованы мероприятия по снижению влияния “человеческого фактора” на надежность и результативность технологического процесса в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: энергозатраты механизатора, машинно-тракторный агрегат, хронометражные наблюдения, технологическая сельскохозяйственная операция.

DETERMINATION OF THE ENERGY CONSUMPTION OF A MECHANIZER DURING OPERATION OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY

Ovchinnikova N.I., Bykova M.A.

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The labor activity of a machine operator in the operation of mobile agricultural machinery is associated with energy costs, which depend on the intensity of muscle work, the working posture of the body, emotional stress, the information saturation of the implementation of labor functions, the speed and pace of movement of the machine-tractor unit, temperature and humidity, the reliability of

the technological process. in general, the degree of unevenness of its course and many other factors. Therefore, to maintain the purity of the experiments, the direct determination of the energy consumption of the machine operator causes great difficulties, both medical and technical.

The article proposes a theoretical approach to assessing the energy consumption of a machine operator when performing technological operations used in various agricultural processes (plowing, sowing crops, fertilizing, haymaking, harvesting) with its subsequent application in practice. Harmful production factors have been identified that adversely affect the performance and productivity of the machine operator during the seasonal period: unfavorable microclimate in the cab of a tractor or combine, high levels of noise and vibration, dustiness, visual tension, the presence of manual labor with heavy physical exertion during troubleshooting, and others. The method of chronometric observations was used to obtain statistical data on the element-by-element time spent on solving technological, technical, organizational and physiological issues, which allows building regression models of the energy consumption of a machine operator, taking into account different periods of the working day. Based on the research results, measures were recommended to reduce the influence of the “human factor” on the reliability and effectiveness of the technological process in agriculture.

Keywords: energy consumption of a machine operator, machine-tractor unit, timing observations, technological agricultural operation.

Введение. Одним из главных элементов человеко-машинной сельскохозяйственной технологической системы [9] является механизатор (тракторист, комбайнер, оператор), от функциональных возможностей которого зависит эффективность выполнения технологических операций при подготовке почвы, пахоте, посеве зерновых и овощных культур, внесении удобрений, заготовке сена, уборке урожая и т.д. Количественная оценка его производственной деятельности в сельском хозяйстве затруднительна, так как связана с учетом большого числа разнообразных факторов, относящихся как непосредственно к человеку (психофизические особенности организма, опыт работы, квалификация, дисциплина труда, стрессоустойчивость, ответственность, самостоятельность, коммуникабельность и др.), так и к используемым мобильным машинно-тракторным агрегатам (техническое состояние, надежность, режимы эксплуатации, обслуживания и хранения), а также к природно-климатическим, почвенным и агроландшафтным условиям внешней среды. Поэтому исследования, посвященные анализу влияния операторских, управленческих и контрольных функций механизатора [2, 6, 7, 10], на работоспособность системы и достижение ею необходимых показателей, носят актуальный характер.

Целью настоящих исследований является улучшение деятельности оператора, работающего на мобильной сельскохозяйственной технике в растениеводстве, на основе оценки его энергозатрат.

Материалы и методы. Труд механизатора специфичен ввиду ряда особенностей выполняемых технологических операций: сезонность, характеризующаяся большим напряжением работ в весенне-осенние периоды года; применение самоходных машин, механизмов, прицепных орудий труда; наличие ручной работы с тяжелой физической нагрузкой. Основными вредоносными факторами, воздействующими на механизаторов и трактористов при эксплуатации сельскохозяйственной техники, остаются неблагоприятный

микроклимат в кабине, высокие уровни шума и вибрации, запыленность, концентрация окиси углерода, сельскохозяйственная пыль [1, 3, 8]. Все это ведет к снижению функциональных возможностей оператора, повышению его энергозатрат, а, следовательно, к возникновению утомляемости, что отрицательно сказывается на работоспособности системы в целом.

Оценка трудовой активности механизатора может осуществляться методом хронометражных наблюдений [4, 5], основанным на учете времени, затрачиваемом механизатором в течение рабочего дня. Продолжительность рабочего дня $T_{\text{дн}}$ (рисунок) можно представить суммой времени подготовительных работ $t_{\text{ндз}}$ (передвижение механизатора до места стоянки агрегата и подготовка его к работе), чисто рабочим временем T_p (выполнение технологических операций, управленческих решений, устранение неисправностей) и заключительным временем $t_{\text{зкл}}$ (передвижение агрегата с места работы после последнего рабочего хода до стоянки и выполнения работ по постановке его на межсменное хранение). Время на подготовительные работы определяется с момента времени начала рабочего дня $T_{\text{дн}}^H$ и до начала первого рабочего хода t_o .

$$t_{\text{ндз}} = t_o - T_{\text{дн}}^H \quad (1)$$

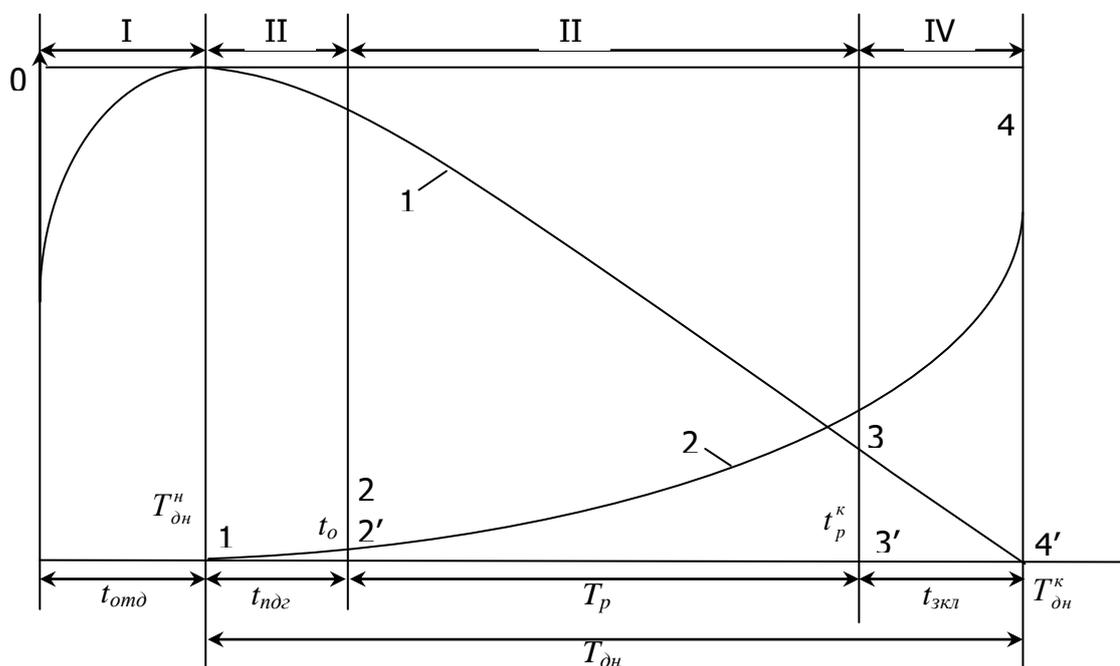


Рисунок – Схема затрат энергии механизатора на выполнение технологических операций при управлении агрегатом в течение рабочего дня

- I – период накопления энергии (00 – начало времени суток, $T_{\text{дн}}^H$ - начало рабочего дня);
- II – энергозатраты механизатора на подготовительные работы;
- III – энергозатраты на выполнение технологических операций с учетом всех отказов системы за период T_p ;
- IV – энергозатраты на заключительные работы. Кривая 1 характеризует запас энергии механизатора, а кривая 2 – ее расход.

Продолжительность работы агрегата от первого рабочего хода t_o до окончания последнего t_p^k , включая основное время и всевозможные отказы технологической системы с транспортным обеспечением, определяется T_p :

$$T_p = t_p^k - t_o. \quad (2)$$

Заключительное время вычисляется как разность между временем окончания рабочего дня $T_{\text{дн}}^k$ и временем передвижения агрегата с места работы после последнего рабочего хода t_p^k до стоянки:

$$t_{\text{закл}} = T_{\text{дн}}^k - t_p^k. \quad (3)$$

В большинстве случаев работы машинно-тракторных агрегатов на вспашке, заготовке сена, уборке картофеля и зерноуборочных культур расход энергии механизатора в III временном периоде рабочего дня значительно превышает его энергозатраты во время выполнения подготовительных и заключительных работ (периоды II и IV).

Результаты исследования, их обсуждение. Согласно выделению характерных отрезков времени рабочего дня энергозатраты механизатора представляются следующим образом:

$$E = E_{\text{ндз}} + E_{T_p} + E_{\text{зкл}}. \quad (4)$$

На основании рисунка кривая 2 разбивается на кривые 1-2, 2-3 и 3-4, которые с достаточной точностью можно аппроксимировать элементарными функциями (линейной и показательной):

$$F_{E_{\text{ндз}}} = a_1 + b_1 t, t \in [T_{\text{дн}}^u; t_0]; F_{E_{T_p}} = a_2 e^{b_2 t}, t \in [t_0; t_p^k]; F_{E_{\text{зкл}}} = a_3 + b_3 t, t \in [t_p^k; T_{\text{дн}}^k]. \quad (5)$$

Используя геометрический смысл определенного интеграла, площади криволинейных трапеций, ограниченных указанными кривыми и вертикальными прямыми, соответствующие границам периодов времени смены, суммарные энергозатраты механизатора в условных единицах определяются формулой:

$$E = \int_{T_{\text{дн}}^u}^{t_0} F_{E_{\text{ндз}}}(t) dt + \int_{t_0}^{t_p^k} F_{E_{T_p}}(t) dt + \int_{t_p^k}^{T_{\text{дн}}^k} F_{E_{\text{зкл}}}(t) dt. \quad (6)$$

После нахождения первообразной и ее подсчета в соответствующих пределах будем иметь

$$E = a_1 t_{\text{ндз}} + \frac{b_1 t_{\text{ндз}}^2}{2} + \frac{a_2}{b_2} e^{b_2 t_0} (e^{b_2 T_p} - 1) + a_3 t_{\text{зкл}} + \frac{b_3 t_{\text{зкл}}^2}{2}. \quad (7)$$

Из формулы (7) следует, что энергозатраты механизатора являются величиной, которая может принимать различные числовые значения, зависящие от интенсивности его мышечной работы, информационной

насыщенности труда, степени эмоционального напряжения, скорости движения, температуры воздуха и других условий при непосредственном вождении агрегата, выполнении регулировочных работ, решении организационных вопросов и т.д.

Выводы

1. В условиях механизированного сельскохозяйственного производства с многообразием технологий возделывания и переработки продукции, наличием машин и механизмов различного назначения механизатору отводится главная роль.

2. В качестве показателя, оценивающего работоспособность механизатора, рассмотрены его энергетические затраты, подсчет которых можно осуществить на основе хронометражных наблюдений в течение рабочего дня в зависимости от характера его производственной деятельности.

3. Результаты проведенных теоретических исследований могут быть использованы в экспериментальной работе по повышению эффективности работы механизатора и системы в целом, по совершенствованию мобильной сельскохозяйственной техники и улучшению организации проведения различных технологических процессов в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Кондрашова, Е.В. Состояние проблемы в области улучшения производственных условий операторов сельскохозяйственных машин / Е.В. Кондрашов [и др.] // Научное обеспечение агропромышленного комплекса молодыми учеными. Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 85-летию юбилею Ставропольского государственного аграрного университета. – Ставрополь: Изд-во “АГРУС”, 2015. – С. 205-209.

2. Кузьмин, А.В. Результаты испытаний картофелеуборочного комбайна / А.В. Кузьмин, В.А. Беломестных // Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. - 2021. - №41. - С. 25-32.

3. Левшин, А.Г. Сельскохозяйственная техника и работоспособность механизатора / А.Г. Левшин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. - № 1 – С. 22-24.

4. Липкович, И.Э. Человеко-машинные системы в агроинженерной сфере растениеводства: механико-эргономические основы создания и функционирования: монография / И.Э. Липкович. – Ростов-на-Дону: ООО “Терра”, 2004. – 612 с.

5. Лонцева, И.А. Пути повышения эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов / И.А. Лонцева // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. - № 4. – С. 175-181.

6. Плаксин, А.М. Использование статистических показателей при проектировании технологической линии на уборке зерновых культур / А.М. Плаксин, С.Д. Шепелев // Вестник КрасГАУ. - 2008. - № 3. – С. 253-257.

7. Поляков, Г.Н. Технологический процесс работы полевой уборочной машины МПУ-150 / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов // Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. – 2020. – №35. – С. 14-19.

8. Редреев, Г.В. К вопросу обеспечения работоспособности машинно-тракторных агрегатов / Г.В. Редреев // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – №3(6). – С. 89 – 95.

9. Терских, И.П. Человек в технологической системе и его влияние на надежность ее функционирования / И.П. Терских, Н.И. Овчинникова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс-6-2000) // Доклады (краткое содержание). VI международная научно-практ. конф. 2-4 октября 2000 г. – Томск, 2000. – С. 86-87.

10. Эргономика и психофизиологические основы безопасности труда в агроинженерной сфере: монография / Н.И. Шабанов, И.Э. Липкович, Н.В. Петренко и [др.]. – Зеленоград, 2018. – 265 с.

References

1. Kondrashova, E.V. et all. Sostoyanie problemy` v oblasti uluchsheniya proizvodstvenny`x uslovij operatorov sel'skoxozyajstvenny`x mashin [The state of the problem in the field of improving the production conditions of agricultural machinery operators]. Scientific support of the agro-industrial complex by young scientists, 2015, pp. 205-209.

2. Kuz`min, A.V., Belomestny`h, V.A. Rezul'taty` ispy`taniy kartofeleuborochnogo kombajna [Test results of the potato harvester]. Actual issues of agricultural science, 2021, no. 41, pp. 25-32.

3. Levshin, A.G. Sel'skoxozyajstvennaya texnika i rabotosposobnost` mexanizatora [Agricultural machinery and machine operator efficiency]. Mechanization and electrification of agriculture, 2000, no. 1, pp. 22-24.

4. Lipkovich, I.E`. Cheloveko-mashinny`e sistemy` v agroinzhenernoj sfere rastenievodstva: mexaniko-èrgonomicheskie osnovy` sozdaniya i funkcionirovaniya [Human-machine systems in the agroengineering field of crop production: mechanical and ergonomic foundations of creation and functioning]. Rostov-na-Donu: "Terra", 2004, 612 p.

5. Lonceva, I.A. Puti pov`sheniya èksplyuatsionnoj proizvoditel`nosti zernoborochny`x kombajnov [Ways to increase the operational productivity of combine harvesters]. Far Eastern Agrarian Bulletin, 2017, no. 4, pp. 175-181.

6. Plaksin, A.M., Shepelev, S.D. Ispol`zovanie statisticheskix pokazatelej pri proektirovanii texnologicheskoy linii na uborke zernovy`x kul`tur [The use of statistical indicators in the design of a technological line for harvesting grain crops]. Bulletin of KrasGAU, 2008, no. 3, pp. 253-257.

7. Polyakov, G.N., Shuxanov, S.N. Texnologicheskij process raboty` polevoj uborochnoj mashiny` MPU-150 [The technological process of the field harvesting machine MPU-150]. Actual issues of agricultural science, 2020, no. 35, pp. 14-19.

8. Redreev, G.V. K voprosu obespecheniya rabotosposobnosti mashinno-traktorny`x agregatov [On the issue of ensuring the operability of machine-tractor units]. Electronic scientific and Methodological journal of Omsk State Agrarian University, 2016, no. 3(6), pp. 89 – 95.

9. Terskix I.P., Ovchinnikova, N.I. Chelovek v texnologicheskoy sisteme i ego vliyanie na nadezhnost` ee funkcionirovaniya [A person in a technological system and his influence on the reliability of its functioning]. Tomsk, 2000, pp. 86-87.

10. Shabanov, N.I. et all. Èrgonomika i psixofiziologicheskie osnovy` bezopasnosti truda v agroinzhenernoj sfere [Ergonomics and psychophysiological bases of labor safety in the agroengineering sphere]. Zelenograd, 2018, 265 p.

Дата поступления в редакцию 14.06.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Овчинникова Наталья Ивановна – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой математики инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89500840458, e-mail: nata54@bk.ru).

Быкова Мария Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики

инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89041533625, e-mail: krivcova_mar@mail.ru).

Information about authors

Ovchinnikova Natalia I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Mathematics, Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500840458, e-mail: nata54@bk.ru).

Bykova Maria A. – Candidate of Economic Sciences, Ass. Prof. of the Department of Mathematics, Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041533625, e-mail: krivcova_mar@mail.ru).

УДК628.9.041.9:628.978.723

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СВЕТОДИОДНАЯ ОБЛУЧАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

С.В. Трепуз, П.П. Долгих

ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ
г. Красноярск, Россия

Для решения продовольственных задач необходимо повышать эффективность альтернативной сельскохозяйственной среды, позволяющей выращивать продовольственные культуры в контролируемых условиях с одновременным снижением экологических рисков. Авторами разработана автоматизированная светодиодная облучательная система, представляющая собой комплект современного оборудования, предназначенный для управляемого растениеводства в условиях светокультуры и включающего в себя светодиодный семиканальный фитоизлучатель и контроллер управления режимами его работы. Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность использования фотосинтезного потока фотонов облучателя, снизить затраты энергии на облучение и расширить функциональные возможности облучательной установки. Технический результат достигается тем, что светодиодный модуль содержит светодиоды фиолетового, синего, красного, темно-красного и дальнего красного излучения, разделенные при помощи линзы-рассеивателя на сектора, по четыре светодиода в каждом секторе, а также светодиоды теплого белого света и холодного белого света, которые поделены на группы, расположенные по краю светодиодного модуля фитоизлучателя в шахматном порядке. При этом все светодиоды разделены на отдельные каналы по принципу цветности и света излучения с возможностью независимого управления каждым каналом. Они имеют связь посредством многоканального блока управления с человеко-машинным интерфейсом через беспроводной Wi-Fi модуль и (или) проводной интерфейс связи. Программа управления контроллером реализована платформе Android через приложение KaScada. Разработанная автоматизированная система управления режимами работы светодиодного семиканального фитоизлучателя позволяет работать в четырех режимах: ручной режим, режим по таймеру, режим по расписанию, импульсный режим.

Ключевые слова: светокультура, управляемое растениеводство, светодиодный семиканальный фитоизлучатель, человеко-машинный интерфейс.

AUTOMATED LED ILLUMINATION SYSTEM FOR MANAGED CROP PRODUCTION

Trepuz S.V., Dolgikh P.P.

FSBEI HE Krasnoyarsk SAU
Krasnoyarsk, Russia

To solve food problems, it is necessary to improve the efficiency of alternative agricultural environments that allow growing food crops under controlled conditions while reducing environmental risks. The authors have developed an automated LED irradiation system, which is a set of modern equipment designed for controlled crop production in conditions of light culture and includes a seven-channel LED phyto-emitter and a controller for controlling its operating modes. The proposed technical solution makes it possible to increase the efficiency of using the photosynthetic photon flux of the irradiator, reduce the energy costs for irradiation and expand the functionality of the irradiation unit. The technical result is achieved by the fact that the LED module contains LEDs of violet, blue, red, dark-red and far-red radiation, divided by a diffuser lens into sectors, four LEDs in each sector, as well as warm white light and cold white light LEDs, which are divided into groups located along the edge of the phytoemitter LED module in a checkerboard pattern. At the same time, all LEDs are divided into separate channels according to the principle of color and light emission with the possibility of independent control of each channel. They are connected via a multi-channel control unit with a human-machine interface via a wireless Wi-Fi module and (or) a wired communication interface. The controller control program is implemented on the Android platform through the KaScada application. The developed automated control system for operating modes of the LED seven-channel phyto-emitter allows you to work in four modes: manual mode, timer mode, scheduled mode, pulse mode.

Key words: light culture, controlled crop production, seven-channel LED phyto-emitter, human-machine interface.

По мере того, как облучение растений в светокультуре становится все более популярным, светодиодные технологии быстро эволюционируют, чтобы отвечать потребностям специалистов. Облучатели стали более мощными, эффективными и универсальными. При этом значительно изменились способы и технологии выращивания. Высокие растениеводческие результаты достигаются благодаря динамическим вариантам облучения, учитывающим определенную реакцию выращиваемых растений.

При проектировании конструкции многоканального светодиодного фитоизлучателя важно иметь представление о предполагаемых технических возможностях опытной модели [4].

В таблице 1 приведены смоделированные характеристики фитоизлучателя. Управление уровнями электромагнитного излучения оптического диапазона с выраженными энергетическими пиками: 380 нм, 440-460 нм, 630 нм, 660 нм, 740 нм, ССТ [К] 6500, ССТ [К] 2700 происходит путем распределения силы тока между каналами объединенных в группы светоизлучающих диодов.

Спектр излучения фитоизлучателя будет изменяться в соответствии с распределенным током между каналами. Корректировка интенсивности

каждого из семи каналов происходит путем установки значения параметра интенсивности от 100 до 0, что будет соответствовать линейному изменению от полной мощности канала и полного отключения канала.

Таблица 1 – Смоделированные характеристики фитоизлучателя

Марка светодиода	Цвет	Количество светодиодов, шт.	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи	Электрическая мощность, Вт	Оптическая мощность, Вт	PPF, (мкмоль/с)
LM281b		84	2700	80	27.74	14.29	67.84
LH351H (380 нм)		6	-	-	12.12	8.59	32.37
LH281b		52	6500	80	17.34	10.30	45.94
LH351H (450 нм)		6	-	-	12.12	8.59	32.37
LH351H (630 нм)		6	-	-	13.99	5.28	27.75
LH351H (660 нм)		27	-	-	42.97	22.55	123.25
LH351H (730 нм)		9	-	-	13.84	5.68	4.27
Итого		129			140.12	75.28	333.80

Были смоделированы спектры и уровни излучения семиканального светодиодного фитоизлучателя (рис. 1).

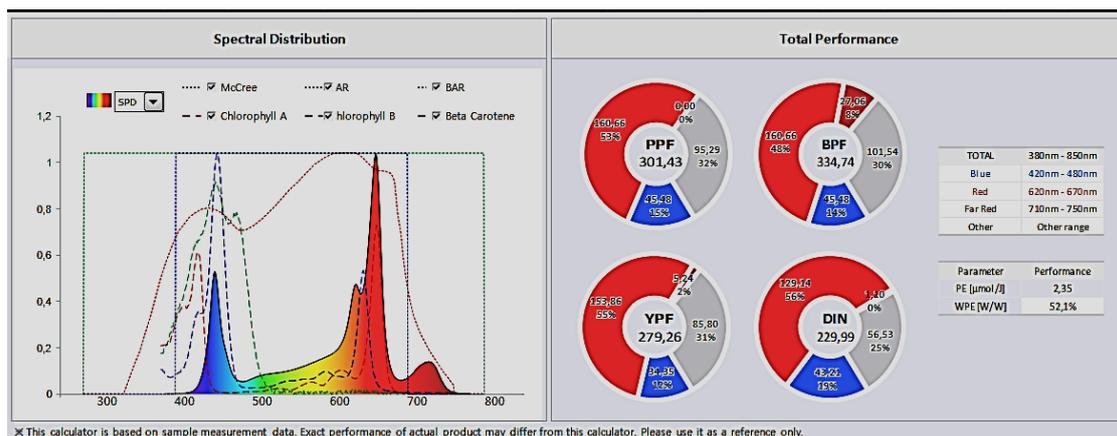


Рисунок 1 – Спектры и уровни излучения семиканального светодиодного фитоизлучателя

Из рисунка 1 видно, что при плавном регулировании тока каналов по отдельности возможно осуществлять привязку излучения к стандартным функциям: спектру поглощения хлорофиллов А и В, функции спектральной чувствительности растений по К.Д. McCree, функции спектрального распределения интенсивности рассеянного солнечного излучения.

На рисунке 2 показаны элементы семиканального светодиодного фитоизлучателя, сконструированного по разработанной технической

документации.

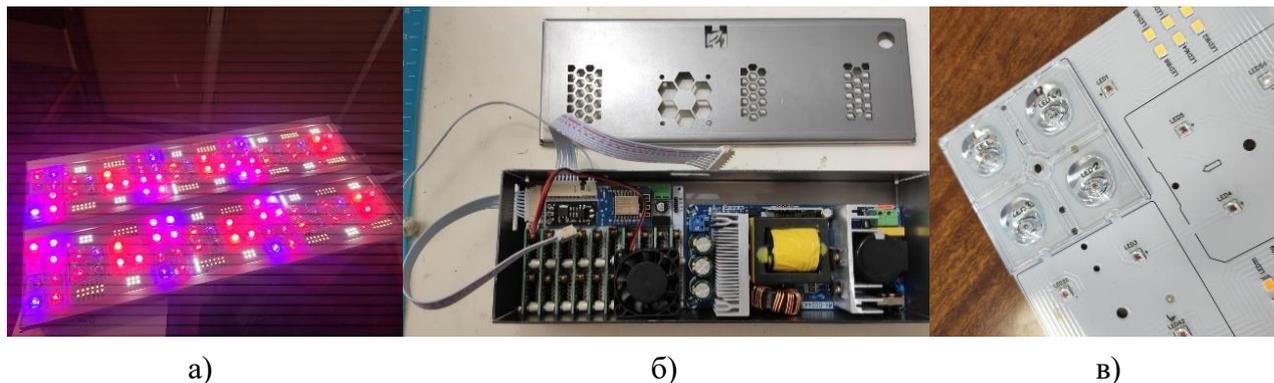


Рисунок 2 – Элементы семиканального светодиодного фитоизлучателя:
а) светодиодные модули; б) блок питания и управления; в) LED-оптика (линза)

На рисунке 3 представлено разработанное изделие – семиканальный светодиодный фитоизлучатель, позволяющий реализовать режимы облучения, изложенные в работах ряда авторов [2, 3, 5, 6].

Технические характеристики семиканального светодиодного фитоизлучателя представлены в таблице 2. Из таблицы 2 следует, что по характеристикам разработанное техническое устройство соответствует требованиям, предъявляемым в ГОСТ Р 57671-2017 [1] к приборам облучательным со светодиодными источниками света для теплиц.



Рисунок 3 – Семиканальный светодиодный фитоизлучатель:
а) вид сверху; б) вид сбоку; в) вид снизу

На рисунке 4 показаны режимы, реализованные в семиканальном светодиодном фитоизлучателе. Излучение показано в 30%-м режиме мощности.

Для управления режимами семиканального светодиодного фитоизлучателя разработана автоматизированная система, включающая в себя контроллер с аналоговым входным сигналом 0...10 В и коммутируемой нагрузкой до 2 кВт с подключаемыми драйверами фитоизлучателей. При этом драйвер снабжается входом 0...10 В в виде двухжильного провода, по которому передается сигнал от контроллера к драйверу о необходимом режиме работы.

Интерфейс автоматизированного устройства управления режимами работы фитоизлучателя представлен на рисунке 4.

Таблица 2 – Технические характеристики фитоизлучателя

Параметры	Характеристики
Номинальная потребляемая мощность, Вт	300 Ватт
Фотосинтетический поток PPF, $\mu\text{mol}/\text{с}$	667
Угол раскрытия луча, °	asymmetric
Эффективность облучателя PPF/W, $\mu\text{mol}/\text{с}/\text{Вт}$	2.2 средняя
Тип крепления	Подвесное
Ток питания светодиодов, А	0.6
Стабильность светового потока (по стандарту LM90), ч	90000
Устойчивость к перепадам напряжения, В	176-264
Частота питающей сети, Гц	50, 60
Коэффициент мощности светильника, $\cos \varphi$	0.98
КПД источника питания	88%
Тип блока питания	Импульсный
Диапазон рабочих температур, С°	от -40 до +50
Степень защиты от внешних воздействий, IP	54
Вид климатического исполнения	УХЛ1
Материал корпуса	Алюминиевый анодированный профиль
Материал защитного стекла	Прозрачный светостабилизированный ударопрочный поликарбонат (линзы darkoo 5050)
Расположение источника питания (драйвера)	Снаружи корпуса светильника
Срок службы, час	100 000
Габаритные размеры, мм	560×50×270
Применение	Лабораторные исследования, промышленное использование

Режимы работы, которые обеспечивает контроллер:

– по таймеру с плавным нарастание и убыванием мощности (продолжительность от 1 до 3600 сек.);

– по расписанию (для работы данного режима необходимо задать интенсивность облучения для каждого из 48 возможных часов работы таймера);

– импульсный режим создает мерцание различной частоты 1-20 Гц (данный режим является дополнительным для двух предыдущих режимов);

– ручной режим управления предназначен для непосредственного управления выходами контроллера (для сохранения всех параметров необходимо все настройки режимов производить в ручном режиме).

Программа управления реализована на платформе Android через приложение KaScada. Для начала работы, необходимо задать параметры, при которых будет работать логика. Это осуществляется путем входа в приложение KaScada, загрузки проекта и нажатия кнопки 1 (рис. 5а). Происходит

подключение по протоколу Bluetooth. Далее в ручном режиме 2 мы можем непосредственно управлять двумя выходами контроллера (аналоговый – 0...10 В и дискретный – нагрузка до 30 А) при помощи ползунка 3, например, от значения “0”, до уровня “100%”. При этом включается фитоизлучатель и плавно возрастает мощность, значение которой отображается в окне 4.



Рисунок 4 – Режимы излучения: а) $\lambda=380$ нм; б) $\lambda=440, 465$ нм; в) $\lambda=630$ нм; г) $\lambda=660$ нм; д) $\lambda=730$ нм; ж) $T_c=2700$ К; з) $T_c=6500$ К; и) полный спектр

С помощью стрелки 5 можно осуществить переход на другую страницу, где описываются функциональные возможности автоматизированной системы управления контроллером. Все настройки осуществляются в ручном режиме, при выходе из которого все установленные параметры записываются в энергонезависимую память, и система работает в одном из трех автоматических режимов. Задание параметров осуществляется во всплывающих вкладках.

При помощи таймера фотопериода можно задавать значение полного периода, например, 24 часа (кнопка 6) и световой период, например, 18 часов (кнопка 7). При этом в окне 8 (после выхода из ручного режима) отобразится режим работы фитоизлучателя: 18 часов работает – “день”, 6 часов выключен – “ночь”. Также с помощью кнопок 9 и 10 можно установить скорость рассвета и заката от 1 до 3600 сек. Например, при установке скорости рассвета и заката 3 сек и перемещения ползунка управления “выход” контроллера 3,

фитоизлучатель включится и выключится с задержкой времени 3 сек.

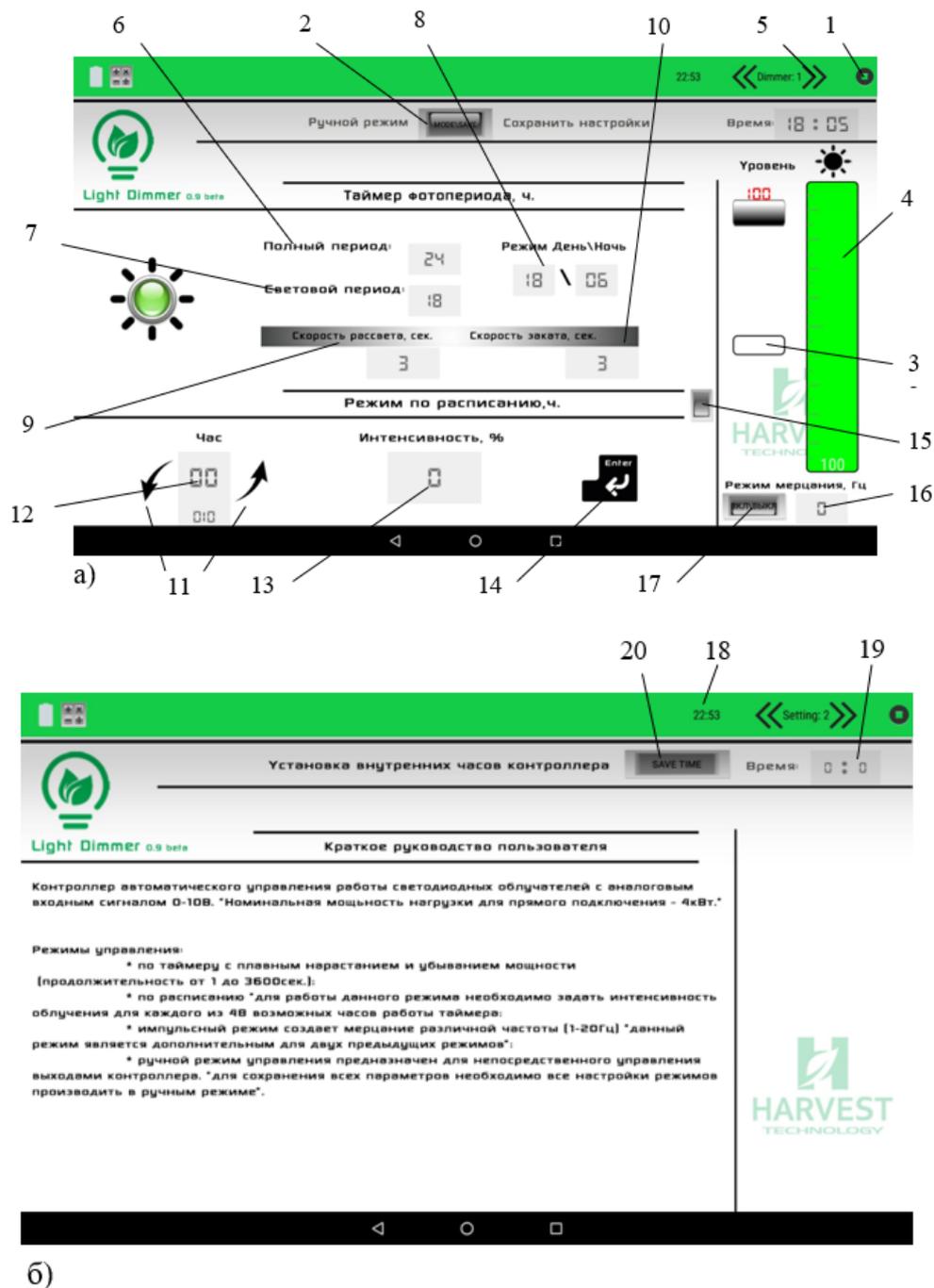


Рисунок 5 – Интерфейс автоматизированного устройства управления режимами работы фитоизлучателя: а) первая вкладка; б) вторая вкладка

- 1 – кнопка “Play”; 2 – кнопка управления “ручной режим”; 3 – ползунок управления “выход” контроллера; 4 – окно отображения мощности; 5 – стрелка перехода на другую страницу;
- 6 – кнопка “полный период”; 7 – кнопка “световой период”; 8 – окно режимов работы;
- 9 – кнопка “рассвет”; 10 – кнопка “закат”; 11 – стрелки установки времени в режиме “по расписанию”; 12 – окно времени в режиме “по расписанию”; 13 – окно “интенсивность” в режиме “по расписанию”; 14 – кнопка “Enter”; 15 – кнопка входа в режим “по расписанию”; 16 – кнопка установки значения частоты мерцания; 17 – кнопка включения/выключения режима мерцания; 18 – окно времени, установленного в операционной системе; 19 – вкладка настройки внутреннего времени; 20 – кнопка сохранения настроек времени “Save time”.

Следующий режим – режим работы по расписанию. Находясь в ручном режиме, для каждого часа светового периода с помощью стрелок 11 в окне 12 устанавливаем время (например, 13.00 часов), а в окне 13 интенсивность, с которой будет работать фитоизлучатель (например, 50%). После этого нажимаем кнопку 14 “Enter” и входим в режим “по расписанию” путем нажатия на переключатель 15, а далее выходим из ручного режима с помощью кнопки 2. Интенсивность можно задать для каждого часа из светового периода работы фитоизлучателя. Для выхода из данного режима необходимо зайти в ручной режим с помощью кнопки 2 и нажать на кнопку 15.

Режим мерцания предназначен для проведения экспериментов по определению влияния импульсного режима облучения на эффективность процесса выращивания растений. Он позволяет создавать импульсы излучения с частотой от 1 до 20 Гц. Находясь в ручном режиме, путем нажатия на кнопку 16 во всплывающем окне устанавливается частоту мерцания (например, 1 Гц), а с помощью ползунка 13 определяется уровень необходимой мощности (например, 50%). После этого с помощью кнопки 17 осуществляется вход в режим мерцания, и фитоизлучатель начинает работать в импульсном режиме. Частотой можно управлять в режиме реального времени, задавая любое значение из диапазона. При выходе из ручного режима система работает в автоматическом режиме, сохраняя функцию режима мерцания.

Для корректной работы системы необходима настройка часов.

Так как в данном контроллере нет часов реального времени необходимо задать внутреннее время вручную. Опираясь на время, установленное в операционной системе Android, позиция 18, с помощью стрелки 5 заходим во вторую вкладку (рисунок 5б) и нажимаем на вкладку настройки времени 19. Во всплывающем окне устанавливаем внутреннее время одинаковое со временем в операционной системе (например, 22.53). При этом нужно убедиться, чтобы контроллер находился в ручном режиме. Для сохранения настроек времени нажимаем кнопку 20 “Save time”. Сохранение настроенного времени в энергонезависимую память происходит каждый час. При аварийном отключении питания и повторном включении работа системы будет выполняться с учетом времени простоя. Например, при перерыве в электроснабжении длительностью 10 минут контроллер добавит это время в световой период, т.е. время работы начнется с того времени, в которое произошел перерыв.

Представленные технические решения имеют ряд преимуществ перед известными конструкциями:

– снижаются затраты энергии на облучение путем реализации различных режимов работы контроллера, а также плавной регулировки в пределах от 0 до 100% по независимым каналам интенсивности излучения фотосинтезного потока фотонов в целом и интенсивности излучения каждого пика излучения по отдельности, в зависимости от требований технологии

выращивания растений;

– расширяется функциональная возможность облучательной установки за счет управления специфичными режимами досветки, как фитоизлучателем в отдельности, так и системой облучения благодаря взаимосвязи каналов блока управления через беспроводной Wi-Fi модуль и (или) проводной интерфейс связи RS-485 с человеко-машинным интерфейсом.

Заключение. Рассмотрена задача создания технического устройства, применяемого в технологиях управляемого растениеводства, способного регулировать потоки электромагнитного излучения различных длин волн в оптическом диапазоне. В качестве решения задачи предложен семиканальный светодиодный фитоизлучатель и контроллер управления режимами его работы. Реализованная техническая система позволяет путем регулирования технологических параметров светодиодной досветки обеспечить высокую продуктивность растений и направленно влиять на качество растениеводческой продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 57671-2017. Приборы облучательные со светодиодными источниками света для теплиц. Общие технические условия. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”. – 2017. – 10 с.
2. Долгих, П.П. Влияние параметров облучения на урожайность и качественные характеристики салата Крилда и Ауфона / П.П. Долгих, Г.Н. Хусенов // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6. – С. 154-161.
3. Курьянова, И.В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И.В. Курьянова, С.И. Олонина // Вестник НГИЭИ. – 2017. №7 (74). – С. 35-44.
4. Юсупов, С. Создание эффективных светодиодных фитосветильников / С. Юсупов, М. Червинский, Е. Ильина, В. Смолянский // Полупроводниковая светотехника. – 2016. – №6. – С. 56-64.
5. Amoozgar, A. et all. Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. Grizzly // Photosynthetica. – 2017. – No. 55 (1).. – Pp. 85-95.
6. Prikupets, L.B. et all. Research into influence from different ranges of PAR radiation on efficiency and biochemical composition of green salad foliage biomass // Light & Engineering. – 2018. – No. 26(4). – Pp. 38-47.

References

1. GOST R 57671-2017. Pribory obluchatel'nye so svetodiodnymi istochnikami sveta dlya teplic. Obshchie tekhnicheskie usloviya. [Irradiation devices with LED light sources for greenhouses. General technical conditions]. Moscow: “Rosinformagrotekh”, 2017, 10 p.
2. Dolgih, P.P., Husenov, G.N. Vliyanie parametrov oblucheniya na urozhajnost' i kachestvennyye harakteristiki salata Krilda i Auvona [Influence of irradiation parameters on yield and quality characteristics of Krild and Auvon lettuce]. Vestnik KrasGAU, 2018, no. 6, pp. 154-161.
3. Kur'yanova, I.V., Olonina, S.I. Ocenka vliyaniya razlichnyh spektrov svetodiodnogo svetil'nika na rost i razvitie ovoshchnyh kul'tur [Assessment of the influence of various LED light spectra on the growth and development of vegetable crops]. Vestnik NGIEI, 2017, no.7 (74), pp. 35-44.
4. Yusupov S. et all. Sozdanie effek-tivnyh svetodiodnyh fitosvetil'nikov [Creation of effective LED phyto-luminaires]. Semiconductor lighting technology, 2016, no. 6, pp. 56-64.

Дата поступления в редакцию 12.04.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Трепуз Сергей Валерьевич – аспирант кафедры системозащиты. ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира 90, тел. +79639593434, e-mail: strepuz@mhd.center).

Долгих Павел Павлович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры системозащиты. ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира 90, тел. +79504249911, e-mail: dpp10@yandex.ru).

Information about authors

Trepuz Sergey V. – PhD-student of the Department of System Power Engineering. FSBEI HE Krasnoyarsk SAU (90, Mira ave., Krasnoyarsk, Russia, 660049, tel. +79639593434, e-mail: strepuz@mhd.center).

Dolgikh Pavel P. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., Ass. Prof. of the Department of System Power Engineering. FSBEI HE Krasnoyarsk SAU (90, Mira ave., Krasnoyarsk, Russia, 660049, tel. +79504249911, e-mail: dpp10@yandex.ru).

УДК 338.46:621.31

**ИННОВАЦИИ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

А.Н. Третьяков, Г.С. Кудряшев, В.А. Бочкарев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Актуальными вопросами являются энергоэффективность и энергосбережение, для осуществления которых введен Федеральный Закон “Об энерго-эффективности”. Проведение исследования по влиянию параметров качества электрической энергии на эффективную работу электрических приемников делает возможным применение комплекса мер по уменьшению потерь мощности, увеличению фактического срока работы электрооборудования и, тем самым, повысит энергоэффективность производства, снизит затраты на электроэнергию, уменьшит потери при производстве. Таким образом, задачи повышения энергоэффективности сводятся к снижению потерь при передаче и распределении электроэнергии [1, 6].

Для оценки погрешности измерения электроэнергии пользуются инструкцией и методикой выполнения измерений. Погрешность измерений складывается из погрешностей информационно-измерительного канала и дополнительных погрешностей, влияющих на работу систем учета электроэнергии. Дополнительная погрешность образуется как отклонение от номинальных параметров температуры воздуха, частоты тока и питающего напряжения электрической сети. Последнее вызвано, в частности, искажениями синусоидальности кривой напряжения. Основное влияние на точность показаний приборов учета электроэнергии и искажения кривой напряжения сети и тока обусловлено не только дополнительной погрешностью электрических счетчиков, но и с погрешностями измерительных трансформаторов тока и напряжения при несинусоидальных режимах работы на входе.

Одним из основных вопросов является обеспечение взаимодействия между энергосбытом и электросетевой организацией в части учета электрической энергии и расчетом за основные потери, поэтому решение задач нормативно-правового обеспечения и методик пользования электрической энергией имеет большое значение..

Основную ответственность за потери, превышающие нормативные значения электроэнергии несет электросетевая организация. Наиболее целесообразно распределить эту ответственность между собственниками приборов учета электрической энергии пропорционально доле каждого потребителя средств коммерческого учета в суммарном полезном отпуске электроэнергии, или разделять полученные затраты между потребителями [4].

Ключевые слова: электрическое потребление, потери электрической энергии, высшие гармоники тока и напряжения, активная фильтрация гармоник, компенсация реактивной мощности.

INNOVATION TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

Tretyakov A.N., Kudryashev G.S., Bochkarev V.A.

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

Actual issues are energy efficiency and energy saving, for the implementation of which the Federal Law “On Energy Efficiency” was introduced. Conducting a study on the influence of electrical energy quality parameters on the efficient operation of electrical receivers will make it possible to apply a set of measures to reduce power losses, increase the actual life of electrical equipment and, thereby, increase the energy efficiency of production, reduce energy costs, and reduce production losses. Thus, the tasks of improving energy efficiency are reduced to reducing losses in the transmission and distribution of electricity [1, 6].

To assess the error in measuring electricity, use the instructions and methods for performing measurements. The measurement error consists of the errors of the information-measuring channel and additional errors that affect the operation of electricity metering systems. An additional error is formed as a deviation from the nominal parameters of air temperature, current frequency and supply voltage of the electrical network. The latter is caused, in particular, by distortions in the sinusoidality of the voltage curve. The main influence on the accuracy of readings of electricity metering devices and the distortion of the mains voltage and current curve is due not only to the additional error of electric meters, but also to the errors of measuring current and voltage transformers in non-sinusoidal modes of operation at the input.

One of the main issues is to ensure the interaction between the power supply and the power grid organization in terms of accounting for electrical energy and the calculation for the main losses, therefore, solving the problems of legal support and methods for using electrical energy is of great importance.

The main responsibility for losses exceeding the normative values of electricity is borne by the electric grid organization. It is most expedient to distribute this responsibility among the owners of electric energy meters in proportion to the share of each consumer of commercial metering in the total useful supply of electricity, or to divide the resulting costs between consumers [4].

Keywords: electrical consumption, electrical energy losses, current and voltage higher harmonics, active harmonic filtering, reactive power compensation.

Введение. В последнее десятилетие в электроэнергетике возрастает

дефицит мощностей питающих подстанций напряжения 10-35кВ, который проявляется локально в некоторых регионах Российской Федерации на уровне ряда областных энергетических систем. Такая ситуация обусловлена следствием неравномерных уровней развития экономики в различных регионах страны, малым количеством вводов генерирующих мощностей и недостаточной пропускной способностью электрических распределительных сетей для передачи и распределения мощности из избыточных регионов в регионы, где ее нехватка. Исследования показали, что выходом из данной ситуации является применение новых подходов к решению задачи по уменьшению потерь электроэнергии в электроэнергетических системах. В целом, только комплексные решения позволят оценить все критерии и режимы работы электрической сети при проектировании средств компенсации, для уменьшения электрических потерь и улучшению качества электрической энергии в распределительных сетях.

Главными отрицательными критериями в распределительных электрических сетях являются несинусоидальность напряжения, тока и реактивная мощность.

Присутствие реактивной мощности, а также токов высших гармоник в электрооборудовании системы электроснабжения потребителей приводит к большим потерям активной мощности и электроэнергии в целом. По статистике самыми большими потерями являются потери активной мощности в трансформаторах, электродвигателях и генераторах. В частности, такие потери электроэнергии могут привести к недопустимому перегреву обмоток электрических машин на предприятии и, кроме того, являются причиной дополнительных потерь электрической энергии [2, 7, 8, 9].

Целью работы является определение основных причин уменьшения энергоэффективности при работе сельскохозяйственных предприятий и эффективного потребления энергоресурсов.

Основные результаты. Измерения, представленные в работе, проведены в электрических сетях Иркутской области. Было проведено порядка 250 измерений по 80-и центрам питания. В результате анализа проведенных измерений было установлено несоответствие требованию ГОСТ 32144 по показателю несинусоидальности напряжения в 72.3% случаев.

На рисунке 1 показан суточный график измерения гармонических составляющих напряжения. Измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) проводились в п. Оса в центре питания электрической подстанции (ЦП ПС 35/10кВ, трансформатор ТН 1). В целом представленный спектр гармоник можно рассматривать как типичный для Иркутской области. В результате несимметрии напряжений и разнохарактерной нагрузки по фазам в ЦП спектр гармонических составляющих существенно отличается. По фазе А в среднем значения превышают на 40% аналогичные значения по фазе В и на 80% в фазе С по всему спектру гармоник.

На рисунке 2 отображены результаты измерения суммарного

коэффициента несинусоидальности фазных напряжений. Значения изменяются от 0.6 до 2.1 в течение суток. График суточных измерений коэффициента несинусоидальности междуфазных напряжений представленный на рисунке 3 аналогичен по своему спектру фазным измерениям [3, 10].

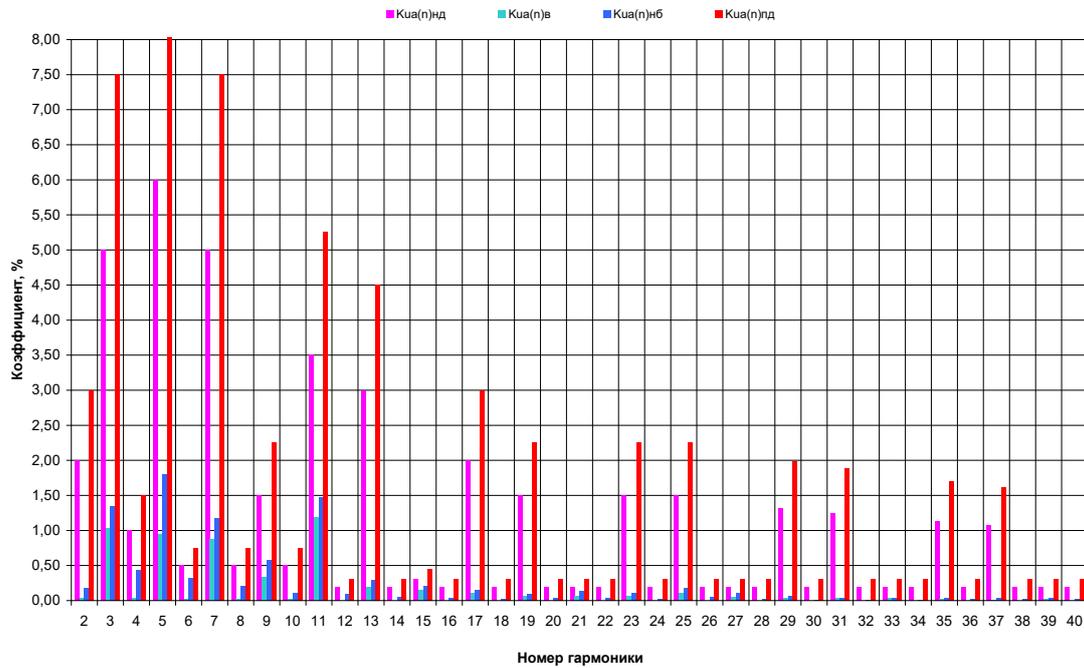


Рисунок 1 – Суточный график спектра гармонических составляющих напряжения по фазе А

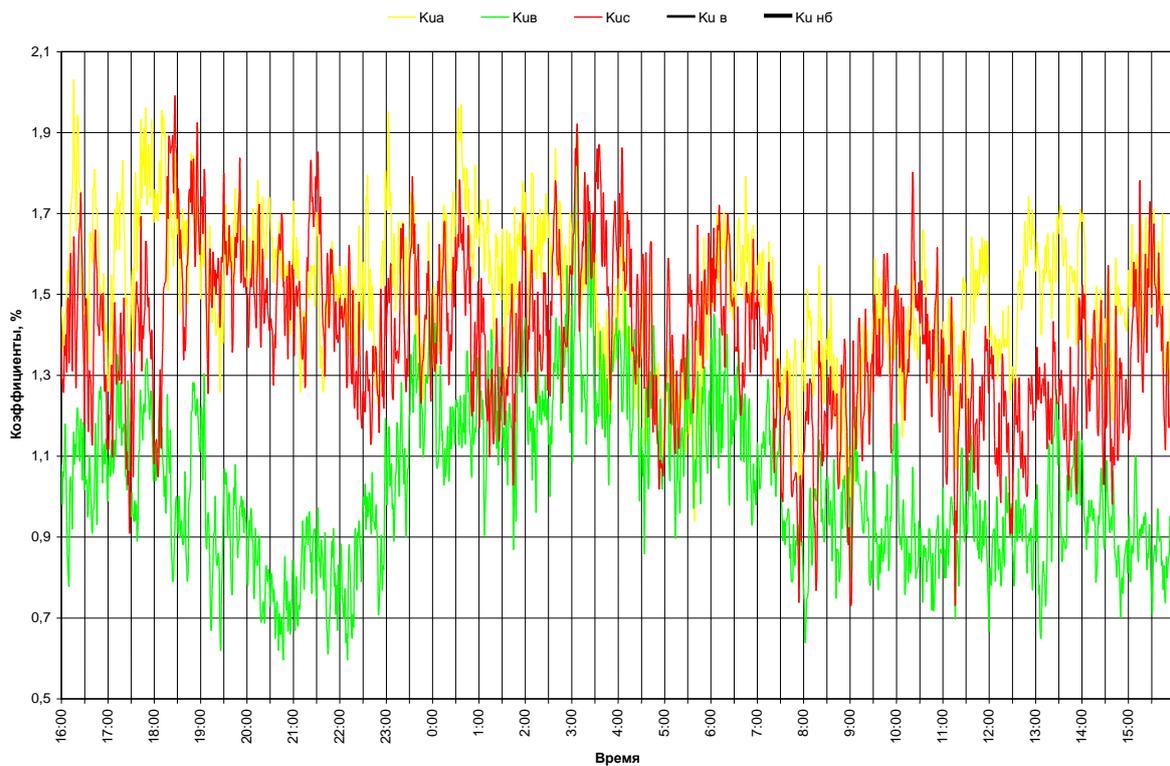


Рисунок 2 – График суточных измерений коэффициента несинусоидальности фазных напряжений

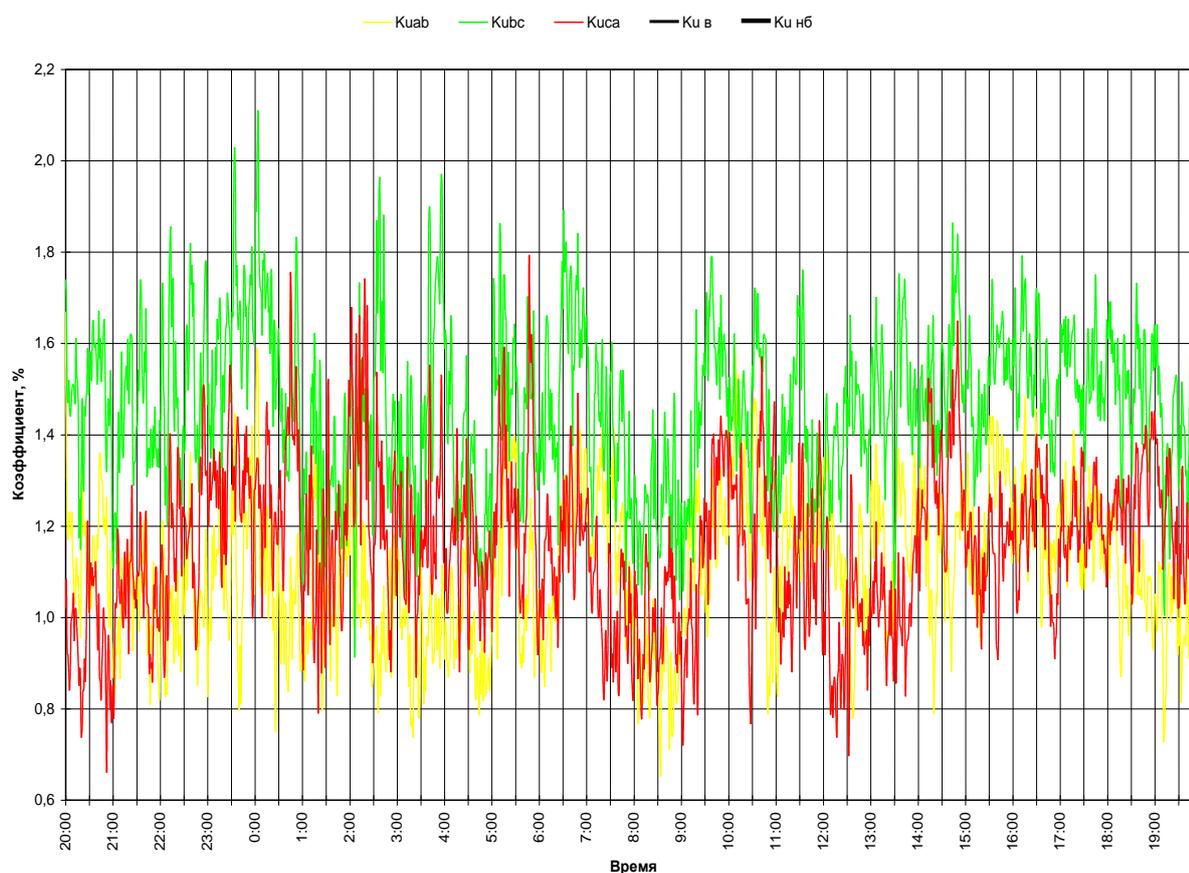


Рисунок 3 – График суточных измерений коэффициента несинусоидальности междуфазных напряжений

Выводы. В результате негативного влияния высших гармоник снижаются многие технические показатели электрооборудования, как бытового, так и производственного назначения, тем самым уменьшается производительность и коэффициент полезного действия, а также фактический срок службы электротехнических устройств. Все эти факторы в целом повышают энергоемкость на предприятиях агропромышленного комплекса [2].

Список литературы

1. Батищев, С.В. Применение инноваций в решении вопросов энергосбережения на предприятиях АПК / С.В. Батищев, Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 1 (16). – С. 66-68.
2. Кудряшев, Г.С. Инновации при снижении энергоемкости на предприятиях АПК на примере СХ ОАО “Белореченское” / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, Р. Халымийн // Mongolian Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – № 2. – С. 39-42.
3. Кудряшев, Г.С. Комплексный подход при оптимизации режимов работы электрических сетей предприятий АПК / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2 (101). – С. 63-66.
4. Кудряшев, Г.С. Комплексный подход при ресурсоэнергосбережении на предприятии АПК Иркутской области / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак // Вестник ИрГСХА. – 2016. – № 73. – С. 135-140.
5. Кудряшев, Г.С. Оценка параметров случайных отклонений напряжения в сельских электрических сетях / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, П.Н. Билдагаров // Вестник ИрГСХА. – 2009. – № 37. – С. 73-77.

6. Кудряшев, Г.С. Потери электрической энергии в сетях 0,38 кВ, питающих сельскохозяйственную нагрузку / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак, С.С. Полякова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 34. – С. 19-27.

7. Кудряшев, Г.С. Снижение энергоёмкости на предприятиях АПК на примере СХ ОАО “Белореченское” / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, С.В. Батищев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 2 (27). – С. 127-131.

8. Рахмет, Х. Энергосбережение при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции / Х. Рахмет, Г.С. Кудряшев, В.В. Федчишин, А.Н. Третьяков // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 5 (76). – С. 147-150.

9. Селезнев, А.С. Нормализация несинусоидальных режимов в электрических сетях / А.С. Селезнев, С.А. Кондрат, А.Н. Третьяков // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 8 (91). – С. 155-161.

10. Третьяков, А.Н. Влияние высших гармоник напряжения и тока на работу электрооборудования сельскохозяйственных предприятий / А.Н. Третьяков, Н.С. Логинов // Mongolian Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – № 2. – С. 43-47.

References

1. Batishchev, S.V. et all. Primenenie innovacij v reshenii voprosov energosberezheniya na predpriyatiyah APK [Application of innovations in solving energy saving issues at agribusiness enterprises]. Innovacii v sel'skom hozyajstve, 2016, no. 1 (16), pp. 66-68.

2. Kudryashev, G.S. et all. Innovacii pri snizhenii energoemkosti na predpriyatiyah APK na primere SKH ОАО “Belorechenskoe” [Innovations while reducing energy intensity at the enterprises of the agro-industrial complex on the example of agricultural enterprises of JSC “Belorechenskoye”]. Mongolian Journal of Agricultural Sciences, 2015, no. 2, pp. 39-42.

3. Kudryashev, G.S. et all. Kompleksnyj podhod pri optimizacii rezhimov raboty elektricheskij setej predpriyatij APK [An integrated approach to optimizing the operating modes of electrical networks of agribusiness enterprise]. Vestnik KrasGAU, 2015, no. 2 (101), pp. 63-66.

4. Kudryashev, G.S. et all. Kompleksnyj podhod pri resursoenergoberezhenii na predpriyatii APK Irkutskoj oblasti [An integrated approach to resource and energy saving at the enterprise of the agro-industrial complex of the Irkutsk region]. Vestnik IrGSKHA, 2016, no. 73, pp. 135-140.

5. Kudryashev, G.S. et all. Ocenka parametrov sluchajnyh otklonenij napryazheniya v sel'skij elektricheskij setyah [Estimation of parameters of random voltage deviations in rural electrical networks]. Vestnik IrGSKHA, 2009, no. 37, pp. 73-77.

6. Kudryashev, G.S. et all. Poteri ehlektricheskij energii v setyah 0,38 kV, pitayushchij sel'skohozyajstvennyju nagruzku [Losses of electrical energy in networks of 0.38 kV supplying agricultural load]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2020, no. 34, pp. 19-27.

7. Kudryashev, G.S. et all. Snizhenie energoemkosti na predpriyatiyah APK na primere SKH ОАО “Belorechenskoe” [Reduction of energy intensity at the enterprises of the agro-industrial complex on the example of agricultural enterprises of JSC “Belorechenskoye”]. Innovacii v sel'skom hozyajstve, 2018, no. 2 (27), pp. 127-131.

8. Rahmet, H. et all. Energoberezhenie pri proizvodstve i pererabotke sel'skohozyajstvennoj produkcii [Energy saving in the production and processing of agricultural products]. Vestnik IrGTU, 2013, no. 5 (76), pp. 147-150.

9. Seleznev, A.S. et all. Normalizaciya nesinusoidal'nyh rezhimov v elektricheskij setyah [Normalization of non-sinusoidal modes in electrical networks]. Vestnik IrGTU, 2014, no. 8 (91), pp. 155-161.

10. Tret'yakov, A.N., Loginov N.S. Vliyanie vysshij garmonik napryazheniya i toka na rabotu elektrooborudovaniya sel'skohozyajstvennyh predpriyatij [The influence of voltage and current higher harmonics on the operation of electrical equipment of agricultural enterprises]. Mongolian Journal of Agricultural Sciences, 2015, no. 2, pp. 43-47.

Дата поступления в редакцию 12.05.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Третьяков Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237-360, e-mail: tretyakov_alex@mail.ru).

Кудряшев Геннадий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237-360, e-mail: kudryashev@list.ru).

Бочкарев Виктор Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения и теплотехники. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237-360, e-mail: v_bochkariev@mail.ru)

Information about authors

Tretyakov Alexander N. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Power Supply and Heat Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(3952)237360, e-mail: tretyakov_alex@mail.ru).

Kudryashev Gennady S. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy Supply and Heat Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 237360, e-mail: kudryashev@list.ru).

Bochkarev Viktor A. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Power Supply and Heat Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(3952)237360, e-mail: v_bochkariev@mail.ru).

УДК 631.3.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРШЕЧНЫХ
КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ БУНКЕРА-ДОЗАТОРА**

С.Н. Шуханов, Г.Н. Поляков

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Успешное функционирование сельскохозяйственного производства страны предполагает совершенствование существующих процессов и машин агроинженерных систем как приоритетного направления развития, а также разработку и внедрение новых машин, использующих инновационные принципы работы. Этому во многом способствует реализация программы научно-технического обеспечения агропромышленного комплекса, включая механизацию, в том числе автоматизацию селекционных и семеноводческих процессов в растениеводстве. Основные задачи селекции сельскохозяйственных растений формируются потребностью производства в разнообразных высокоурожайных сортах, различающихся, как по сроку созревания, так и хозяйственному назначению. На эффективность отбора селекционного материала существенное влияние оказывает объём и интенсивность селекционной работы. Для получения новых сортов формируются селекционно-семеноводческие тепличные предприятия-комплексы. Решение интенсивных технологий селекции сдерживается главным образом отсутствием инновационных технических средств и технологий механизации, а также автоматизацией трудоёмких технологических процессов. Выделим задачу подготовки грунта (так, например, в настоящее время наибольшее распространение получил торф) и засыпки им горшков. Для ее решения выполнен обзор литературных источников, осуществлен патентный поиск. На основе проведенного анализа полученных сведений разработана технология применения грунта для выращивания сеянцев картофеля с использованием устройства для засыпки горшков торфом

на уровне патентопригодности. Решение по выполнению технической задачи, создания бункера-дозатора с равномерным дозированием сыпучего материала реализовано за счет использования сил трения о соприкасающиеся боковые перегородки кузова. Установлено, что решающее значение имеют такие параметры бункера-дозатора как длина, ширина и высота. При соотношении этих показателей 4:1:1 равномерность дозирования грунта становится оптимальной. Повышение качества засыпки горшков торфом достигается также с помощью подпружиненной пластины, которая вибрирует и тем самым способствует дополнительному измельчению и рассеиванию материала и ведет к улучшению показателей выполняемой работы.

Ключевые слова: технология применения грунта, горшечные культуры, торф, бункер-дозатор.

THE USE OF PEAT IN THE GROWING OF POT CROPS USING A HOPPER-DOSER

Shukhanov S.N., Polyakov G.N.

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

The successful functioning of the country's agricultural production involves the improvement of existing processes and machines of agro-engineering systems as a priority for development, as well as the development and implementation of new machines using innovative operating principles. This is largely facilitated by the implementation of the program of scientific and technical support for the agro-industrial complex, including mechanization, including the automation of breeding and seed production processes in crop production. The main tasks of agricultural plant breeding are formed by the need to produce a variety of high-yielding varieties that differ both in terms of ripening and economic purposes. The efficiency of the selection of breeding material is significantly affected by the volume and intensity of breeding work. To obtain new varieties, breeding and seed-growing greenhouse enterprises-complexes are being formed. The solution of intensive breeding technologies is constrained mainly by the lack of innovative technical means and mechanization technologies, as well as the automation of labor-intensive technological processes. Let us single out the task of preparing the soil (for example, peat is currently the most widespread) and filling pots with it. To solve it, a review of literary sources was carried out, a patent search was carried out. Based on the analysis of the information obtained, a technology for the use of soil for growing potato seedlings using a device for filling pots with peat was developed at the level of patentability. The decision to fulfill the technical task, the creation of a hopper with uniform dosing of bulk material, is implemented through the use of friction forces on the contacting side walls of the body. It has been established that such parameters of the batching hopper as length, width and height are of decisive importance. With a ratio of these indicators of 4:1:1, the uniformity of dosing of the soil becomes optimal. Improving the quality of filling pots with peat is also achieved with the help of a spring-loaded plate, which vibrates and thereby contributes to additional crushing and dispersion of the material and leads to an improvement in the performance of the work performed.

Keywords: soil application technology, potted crops, peat, batching hopper.

Введение. Успешное функционирование сельскохозяйственного производства страны предполагает совершенствование существующих процессов и машин агроинженерных систем как приоритетного направления развития [2, 3, 4, 6], а также разработку и внедрение новых машин, использующих инновационные принципы работы [1, 7, 8, 9, 11]. Этому во

многим способствует реализация программы научно-технического обеспечения агропромышленного комплекса, включая механизацию, в том числе автоматизацию селекционных и семеноводческих процессов в растениеводстве.

На эффективность отбора селекционного материала существенное влияние оказывает объём и интенсивность селекционной работы. Для получения новых сортов формируются селекционно-семеноводческие тепличные предприятия-комплексы

В работе выделена и решена задача подготовки грунта (так, например, в настоящее время наибольшее распространение получил торф) и засыпки им горшков. Технология применения торфа при возделывании горшечных культур с помощью бункера-дозатора была реализована при выращивании сеянцев картофеля.

Цель работы – практическое применение торфа при возделывании горшечных культур с помощью бункера-дозатора на примере сеянцев картофеля.

Методика исследования. Выполнен обзор литературных источников и осуществлен патентный поиск. На основе проведенного анализа полученных сведений, разработана технология применения грунта для выращивания сеянцев картофеля с использованием устройства для засыпки горшков торфом на уровне патентоспособности.

Результаты исследования и их обсуждение. Первые попытки механизировать засыпку горшков торфом были сделаны в ОПХ “Коренево” НИИ картофельного хозяйства [5]. Тогда засыпку горшков выполняли по следующей технологической схеме: экскаватор ЭО-2621 – бункер ПБ-2.0 – транспортёр-просеиватель ТП-5-30 – переоборудованный разбрасыватель органических удобрений I-ПТУ-4.0 в агрегате с универсально-пропашным трактором семейства МТЗ.

При просеивании торфа транспортёром-просеивателем приёмным бункером служили ПБ-2 картофелесортировального пункта КСП-15Б, что было обусловлено отсутствием бункера большой ёмкости у ТП-5-30.

Серийные сельскохозяйственные машины и тракторы не приспособлены для выполнения ряда работ в защищённом грунте. Агрегаты (универсально-пропашной трактор семейства МТЗ и I-ПТУ-4.0), применяемые для заполнения горшков торфом, не имели свободного прохода в теплице высотой менее 2.75 м. Необходимыми были съёмные торцевые стены теплицы.

Просеивали торф на ТП-5-30. При этом требовался ручной труд. В связи с конструктивными особенностями разбрасывателя органических удобрений горшки засыпались неравномерно. Из-за плохой обзорности выполняемого технологического процесса и неудовлетворительной маневренности агрегата число раздавленных горшков доходило до 0.15%.

Крайние горшки при падении в них торфа с большой высоты переворачивались (до 0.2%).

Перечисленные недостатки были устранены в разработанной нами [10] технологической линии по просеиванию и засыпке горшков торфом: экскаватор ЭО-2621 – бункер ПБ-2 – экспериментальный просеиватель торфа, созданный на базе картофелесортировального пункта КСП-15Б – бункер-дозатор для засыпки горшков, установленный на раму самоходного шасси Т-16МТ (рис. 1).

Экскаватор 4 загружает торф из бурта 5 в приёмный бункер 3. Откуда торф ленточным транспортёром перемещается к загрузочному транспортёру, а затем на сепарирующую поверхность, где мелкая сыпучая часть проваливается между роликами на выгрузной транспортёр, а затем поступает в бункер-дозатор 2 для засыпки горшков торфом. Крупные комки и посторонние примеси сходят с роликовой поверхности и поступают на транспортёр примесей. После заполнения бункера-дозатора шасси движется к теплице 1.

Горшки устанавливают в теплице рядами (лентами) шириной 1.2 метра и произвольной длины. По ширине размещается 10 горшков, расстояние между рядами 0.6 метра.

Решение по выполнению технической задачи, направлено на повышение равномерности наполнения горшков почвенной смесью.

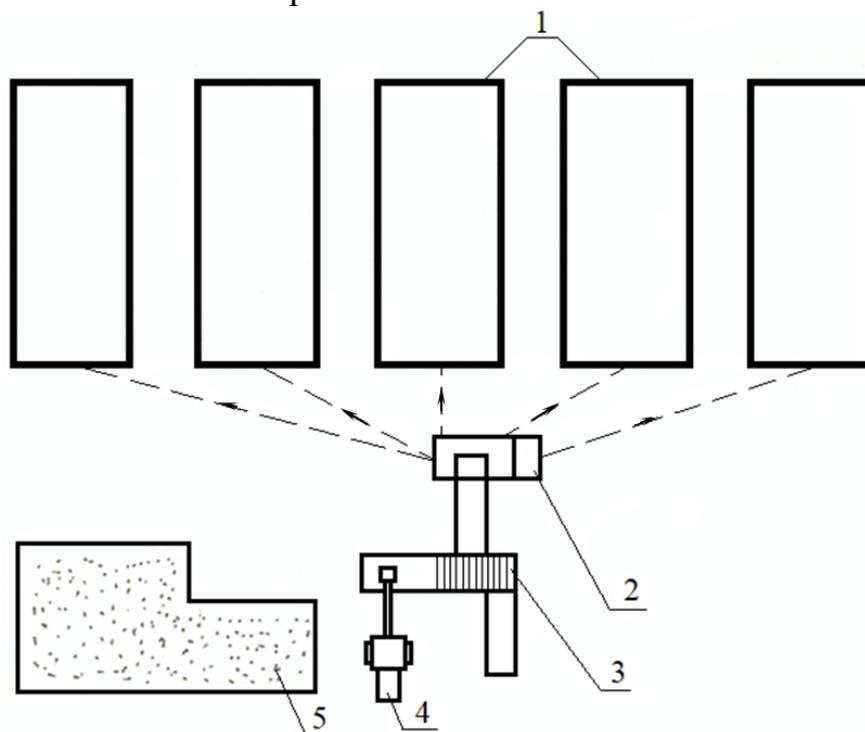


Рисунок 1 – Схема технологической линии по просеиванию и засыпке горшков торфом:
 1 – теплицы; 2 – бункер-дозатор для засыпки горшков торфом на базе самоходного шасси Т-16МТ;
 3 – экспериментальный просеиватель торфа на базе картофелесортировального пункта КСП-15Б;
 4 – экскаватор ЭО-2621; 5 – бурт торфа.

Устройство изготовлено на базе самоходного шасси (Т-16МТ) 1 [10]. На раме 2 установлен кузов с вертикальными бортами 3 с подвижным дном в виде ленточного транспортера 4, разделенный продольными вертикальными перегородками 5 на секции. В передней части кузова установлена дозирующая борт-заслонка 6 и подпружиненная пластина 7. Дозирующая щель 8 выполнена

с возможностью ее регулирования. Пластина 7 закреплена на оси 9 и двух парах пружин 10, которые расположены с противоположных сторон и установлены на болтах 11 (рис. 2, 3).

Горшки расположены рядами на земле.

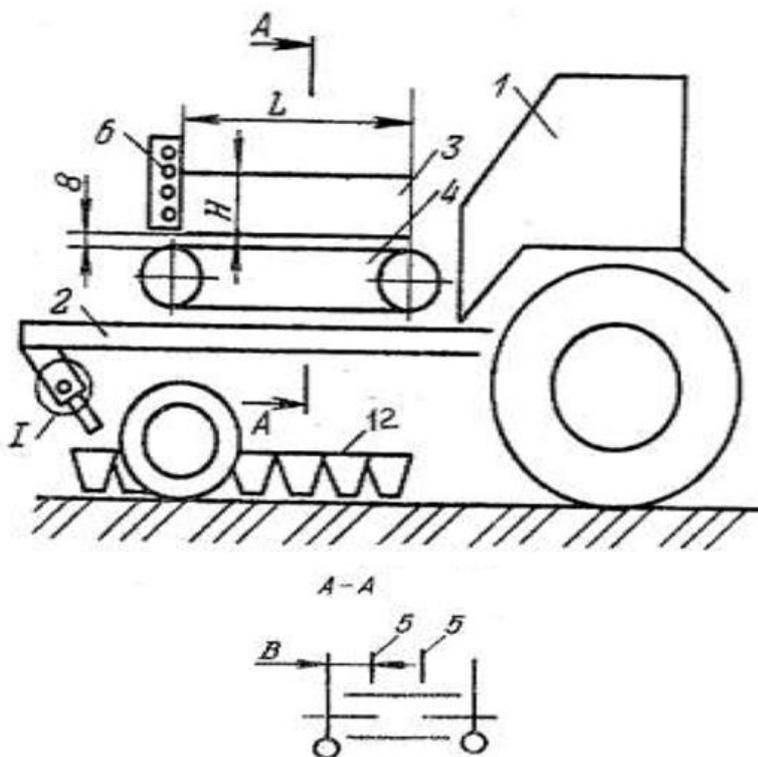


Рисунок 2 – Схема устройства, общий вид

1 – кабина; 2 – рам; 3 – вертикальные борта; 4 – ленточный транспортер; 5 – вертикальные перегородки; 6 – дозирующая борт-заслонка; 7 – подпружиненная пластина; 8 – дозирующая щель; 9 – ось; 10 – пара пружин, 11 – болты, 12 - горшки

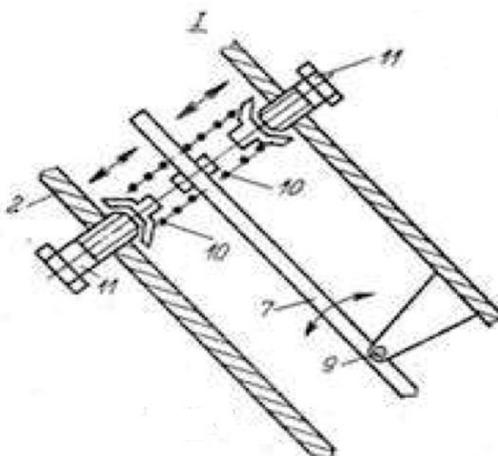


Рисунок 3 – Принципиальная схема крепления и работы подпружиненной пластины (узел I на рисунке 1)

Устройство функционирует следующим образом. При перемещении пасси 1 со смонтированным на раме 2 кузовом 3 над установленными рядами горшочков 12 почвенная смесь приводится в движение бесконечным ленточным транспортером 4. Равномерное дозирование сыпучего материала обеспечивается посредством сил трения о делящие кузовы (бункеп-дозатор) на секции перегородки 5. Это достигается тем, что при увеличении соотношения длины секции L к её ширине B при постоянной высоте H величина бокового напряжения в почвенной смеси возрастает и достигает оптимального значения для процесса дозирования сыпучего материала при соотношении этих параметров (L, B, H) 4:1:1. Почвенный грунт, перемещающийся через дозирующую щель 8, регулирующую за счет борт-заслонки 6, поступает на подпружиненную пластину 7 с варьируемым углом наклона к потоку.

При перемещении почвенного грунта на подпружиненную пластину 7, последняя, преодолевая сопротивление установленной пружины 10, выполняет колебательное движение вокруг оси 9, то есть совершает вибрацию. Это дополнительно измельчает, а также рассеивает сыпучий материал и способствует улучшению равномерного наполнения горшочков почвенным грунтом. Для варьирования длины пружин 10 и значения угла наклона пластины 7 в коррекции с физико-механическими показателями сыпучего материала болты 11 вворачиваются в раму 2. Изменения длины пружины оказывает воздействие на её усилие, что дает возможность изменять амплитуду колебаний. При избыточно слежавшейся смеси выбирается меньшее усилие пружин, что способствует большей амплитуде, а также меньшей частоте колебаний пластины.

Вывод. В работе приведено описание практического применения торфа при возделывании горшечных культур с помощью бункера-дозатора. Решена техническая задача по созданию устройства для равномерного наполнения горшков почвенной смесью, что позволяет механизировать трудоемкий процесс.

Список литературы

1. Автоматизация работы рабочих органов комбинированного орудия для предпосевной обработки почвы / Г.Е. Кокиева, И.В. Гоголева, Д.М. Ноев, В.П. Друзьянова // Научно-технический вестник Поволжья, 2019. – № 11. – С. 68-70.
2. Асалханов, П.Г. Модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции с экспертными оценками своевременности посева / П.Г. Асалханов, Я.М. Иванько, М.Н. Полковская // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12. – № 3. – С. 5-10.
3. Бутенко, А.Ф. О конструктивных особенностях и принципе работы экспериментального зернометателя с лопастным барабаном / А.Ф. Бутенко, А.В. Асатурян, Е.В. Воронов. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2019. – № 12 (182). – С. 131-136.
4. Клибанова, Ю.Ю. Проекты и разработки в области цифрового сельского хозяйства, реализуемые на энергетическом факультете Иркутского ГАУ / Ю.Ю. Клибанова, Б.Ф. Кузнецов // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 31. – С. 56-63.
5. Макаров, П.П. Механизация трудоемких процессов в селекции / П.П. Макаров, Б.О. Кузьмин, В.Н. Зернов // Картофель и овощи – 1979. – № 4 – С. 14 - 15.

6. Модель износа деталей шарнирного сочленения полурам трактора К-701 / М.К. Бураев, А.В. Шистеев, П.И. Ильин А.И. Аносова, А.Ю. Жабин // В сб.: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Юбилейный сб. научных трудов XIII междунар. научно-практ. конф., посвящ. 90-летию Донского госуд. техн. ун-та (Ростовского-на-Дону института сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки “Интерагромаш”. В 2-х томах, 2020. – С. 454-456.

7. Теоретические исследования системы теплоснабжения животноводческого комплекса / А.А. Медяков, Е.М. Онучин, А.Д. Каменских, Д.М. Ласточкин, В.Н. Свечников // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 130. – С. 934-945.

8. Хабардин, В.Н. Определение экологической безопасности применения мобильных средств технического обслуживания машин / В.Н. Хабардин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 3 (51). – С. 116-121.

9. Шуханов, С.Н. Механизация работ в селекционных теплицах / С.Н. Шуханов // Картофель и овощи. – 1984. – № 4. – С. 26-27.

10. Шуханов, С.Н. Совершенствование технических средств дозирования торфа при выращивании горшечных культур / С.Н. Шуханов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2017. – № 3 (5). – С. 75-79.

11. Ochirov, V.D. Interaction analysis of the electrotechnological system "emitter-material" in the process of heating and drying of food plant raw materials / V.D. Ochirov, I.V. Altukhov, S.M. Bykova, M.A. Blokhnin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020.

References

1. Asalkhanov, P.G. et all. Modeli optimizacii proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii s ekspertnymi ocenkami svoevremennosti poseva [Models for optimizing the production of agricultural products with expert estimates of the timeliness of sowing]. Modeling of systems and processes. 2019, vol. 12, no. 3. pp. 5-10.

2. Buraev, M.K. et all. Model' iznosa detalej sharnirnogo sochleneniya poluram traktora K-701 [Wear model of the parts of the articulation of the semi-frames of the tractor K-701]. Rostov-na-Donu, in 2 vol., 2020, pp. 454-456.

3. Butenko, A.F. et all. O konstruktivnyh osobennostyah i principe raboty eksperimental'nogo zernometatelya s lopastnym barabanom [On the design features and principle of operation of an experimental grain thrower with a paddle drum]. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019, no. 12 (182), pp. 131-136.

4. Klivanova, Yu.Yu., Kuznecov, B.F. Proekty i razrabotki v oblasti cifrovogo sel'skogo hozyajstva, realizuemye na energeticheskom fakul'tete Irkutskogo GAU [Projects and developments in the field of digital agriculture, implemented at the energy department of the Irkutsk SAU]. Topical issues of agrarian science, 2019, no. 31, pp. 56-63.

5. Kokieva, G.E. et all. Avtomatizaciya raboty rabochih organov kombinirovannogo orudiya dlya predposevnoj obrabotki pochvy [Automation of the work of the working bodies of the combined tool for pre-sowing tillage]. Scientific and technical bulletin of the Volga region, 2019, no. 11, pp. 68-70.

6. Makarov, P.P. et all. Mekhanizaciya trudoemkih processov v selekcii [Mechanization of labor-intensive processes in selection]. Potatoes and vegetables, 1979, no. 4, pp. 14 - 15.

7. Medyakov, A.A. et all. Teoreticheskie issledovaniya sistemy teplosnabzheniya zhivotnovodcheskogo kompleksa [Theoretical studies of the heat supply system of the livestock complex]. Polythematic Network electronic journal of the Kuban State Agrarian University, 2017, no. 130, pp. 934-945.

8. Khabardin, V.N. Opredelenie ekologicheskoy bezopasnosti primeneniya mobil'nyh sredstv

tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin [Determination of the environmental safety of the use of mobile technical maintenance machines]. Far Eastern Agrarian Bulletin, 2019, no. 3 (51), pp. 116-121.

9. Shukhanov, S.N. Mekhanizatsiya rabot v selektsionnykh teplicah [Mechanization of work in breeding greenhouses]. Potatoes and vegetables, 1984, no. 4, pp. 26-27.

10. Shukhanov, S.N. Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv dozirovaniya torfa pri vyrashchivani gorshechnykh kul'tur [Improvement of technical means of dosing peat when growing potted crops]. Agroindustrial technologies of Central Russia, 2017, no. 3 (5), pp. 75-79.

Дата поступления в редакцию 02.06.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Шуханов Станислав Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru).

Поляков Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025669965, e-mail: SXM1953@mail.ru).

Information about authors

Shukhanov Stanislav N. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Support of the Agroindustrial Complex of the Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89086546032, e-mail: Shuhanov56@mail.ru).

Polyakov Gennadiy N. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Technical Support of the Agroindustrial Complex of the Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025669965, e-mail: SXM1953@mail.ru).

УДК 378.1: 631/635: 004.9

О КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

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

В статье описана концепция разработки системы поддержки принятия решений для сельского хозяйства на основе базы знаний, базы данных и хранилища данных министерства сельского хозяйства Иркутской области. Архитектура системы поддержки принятия решений для сельского хозяйства основывается на объединении методов поддержки принятия решений, характерных для строго формализованных задач и методов, основанных на применении онтологической модели предметной области и знаний экспертов. В состав данной системы входят база знаний с правилами и прецедентами, онтологическая модель сельского хозяйства, математические методы и модели поддержки принятия решений и оптимизации аграрного производства, модули выработки решений, генерации рекомендаций и оценки эффективности принятых решений. Структура базы знаний сформирована исходя из множества классов понятий, выделенных согласно онтологическому анализу. Использование онтологии в системе формирует единый словарь для решения управленческих задач в области аграрного производства и задает правила обмена сообщениями. Таким образом, создается общее информационное пространство для сельскохозяйственной отрасли, в котором объединяются разные методы и модели представления знаний. Знания, полученные эмпирическим путем и необходимые для принятия решений в конкретных задачах, приведены в виде прецедентов по использованию математических методов и моделей, которые могут адаптироваться для конкретного производителя аграрной продукции. Онтологическая модель включает в себя агроландшафтные и административные районы Иркутской области, характеристики почв каждого района и другие. Кроме того, с помощью онтологии существует возможность подбора сельскохозяйственных культур и сортов к определенному виду почв и условиям окружающей среды района.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, база данных, база знаний, онтология, сельское хозяйство.

ABOUT THE CONCEPT OF DEVELOPING A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGRICULTURAL SECTORS

Asalkhanov P.G., Bendik N.V.

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article describes the concept of developing a decision support system for agriculture based on the knowledge base, database and data warehouse of the Ministry of Agriculture of the Irkutsk region. The architecture of the decision support system for agriculture is based on the

combination of decision support methods typical for strictly formalized tasks and methods based on the application of an ontological model of the subject area and expert knowledge. This system includes a knowledge base with rules and precedents, an ontological model of agriculture, mathematical methods and models for decision support and optimization of agricultural production, modules for making decisions, generating recommendations and evaluating the effectiveness of decisions made. The structure of the knowledge base is formed on the basis of a set of classes of concepts identified according to ontological analysis. The use of ontology in the system forms a single dictionary for solving management problems in the field of agricultural production and sets the rules for messaging. Thus, a common information space for the agricultural industry is being created, in which different methods and models of knowledge representation are combined. The knowledge gained empirically and necessary for making decisions in specific tasks is given in the form of precedents for the use of mathematical methods and models that can be adapted for a particular producer of agricultural products. The ontological model includes the agrolandscape and administrative regions of the Irkutsk region, soil characteristics of each region, and others. In addition, with the help of ontology, it is possible to select crops and varieties for a certain type of soil and environmental conditions of the area.

Keywords: decision support system, database, knowledge base, ontology, agriculture.

Введение. Процесс принятия решений в управлении сельскохозяйственным производством является довольно трудоёмкой и сложной задачей. При этом выработка решений и прогнозирование последствий его принятия, в подавляющем большинстве случаев, происходит в условиях воздействия многих неопределённых факторов и рисков, характерных для сельского хозяйства [1, 2, 3, 13].

Инструменты цифровых технологий, постепенно внедряющиеся в сельское хозяйство, позволяют автоматизировать ряд процедур, свойственных процессу принятия управленческих решений. Использование систем поддержки принятия решений в аграрном производстве ускоряет процесс выработки решений, увеличивает их эффективность благодаря проработанному математическому аппарату по обоснованию вариантов выбора, применению знаний экспертов в формализованном виде. Кроме того, такие системы способствуют значимому уменьшению рисков, связанных с принятием ошибочных решений по причине минимизации влияния человеческого фактора на окончательный выбор [6, 7, 9, 12]. Таким образом, целью работы является определение концепции разработки системы поддержки принятия решений для разных отраслей сельского хозяйства.

Основные результаты. В процессе проектирования системы поддержки принятия решений (СППР) самым трудоёмким является процесс создания модели СППР, которая объединяет процессы вывода, основанные на правилах и прецедентах, а также алгоритмы выработки решения на базе математических методов и моделей. Это связано с тем, что для сельского хозяйства ввиду специфики отрасли не применимы готовые методы и алгоритмы выработки решений. Для разработки системы поддержки принятия

управленческих решений для разных отраслей сельского хозяйства (животноводство, растениеводство, переработка и другие) и их сочетания предложена архитектура СППР (рис. 1).

Архитектура системы поддержки принятия решений для разных отраслей сельского хозяйства и их сочетания основывается на объединении фундаментального принципа выработки решения, характерного для строго формализованных задач, с принципом применения онтологической модели предметной области и знаний экспертов. Согласно схеме, архитектура СППР в сельском хозяйстве включает базу знаний с правилами и прецедентами, онтологическую модель сельского хозяйства, математические методы и модели поддержки принятия решений для оптимизации аграрного производства, модули выработки решений, генерацию рекомендаций и оценки эффективности принятых решений.

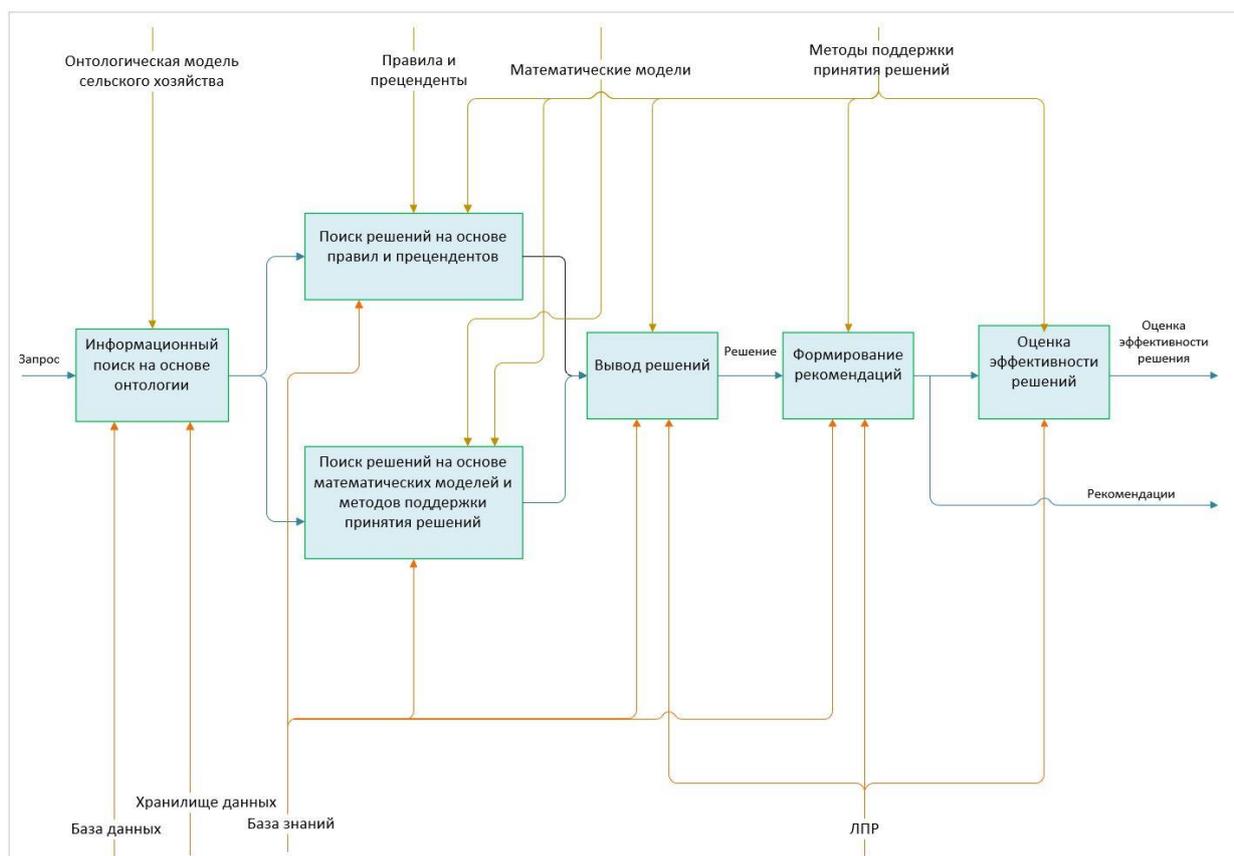


Рисунок 1 – Архитектура СППР для разных отраслей сельского хозяйства и их сочетания

Использование онтологии в системе формирует единый словарь для решения управленческих задач в области аграрного производства и задает правила обмена сообщениями. Онтология создает общее информационное пространство для сельскохозяйственной отрасли, в котором объединяются разные методы и модели представления знаний для сельского хозяйства, формализованные с помощью правил управления в нестандартных

ситуациях и прецедентов выработки решений для конкретных случаев [8, 11, 14].

Таким образом, в разрабатываемой системе принятия управленческих решений для аграрного производства, на основе использования онтологий осуществляется обработка знаний, хранящихся в соответствующей базе этой системы [4, 5].

Знания, полученные эмпирическим путем и необходимые для принятия решений в конкретных задачах, приведены в виде прецедентов по использованию математических методов и моделей, которые могут быть адаптированы для конкретного производителя аграрной продукции.

База знаний системы обладает структурой, согласованной с классом понятий, выделенных согласно онтологическому анализу. Фрагмент онтологической модели в сфере растениеводства для Иркутской области приведен на рисунке 2.

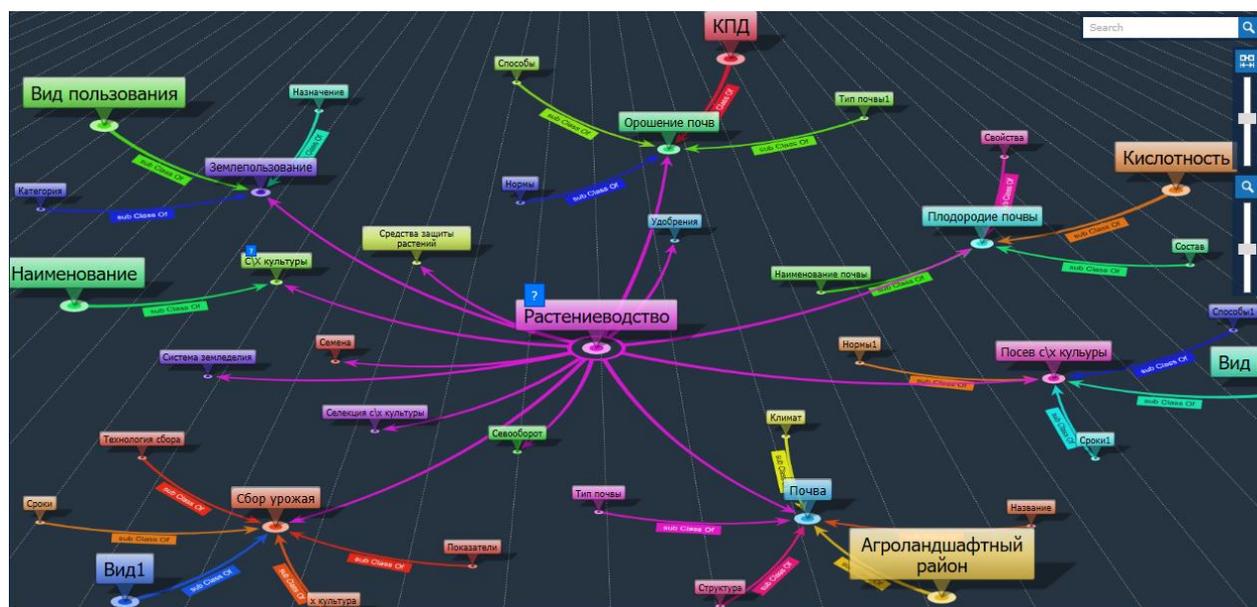


Рисунок 2 – Основные классы растениеводства и их взаимосвязи

Приведенный фрагмент онтологической модели (рис. 2) включает в себя административные и агроландшафтные районы Иркутской области, характеристики почв каждого района и другие. При выборе агроландшафтного района из восьми, выделенных в Иркутской области, можно определить, какие почвы к нему относятся. Кроме того, с помощью онтологии существует возможность подбора сельскохозяйственных культур и сортов, наиболее пригодных для выращивания на определенных видах почв в определенных природно-климатических условиях.

Согласно правилам и прецедентам выполняется поиск методов и моделей, наиболее актуальных для выполнения поставленной задачи в сельскохозяйственном производстве. Сформированное решение в форме предложенного метода (модели) применяется для выработки решения

соответствующим модулем, а результат в виде рекомендации по принятию решения отправляется лицу, принимающему решение (ЛПР). Производитель сельскохозяйственной продукции может принимать решение согласно этой рекомендации или скорректировать решение исходя из конкретной сформированной ситуации. В этом случае принятое решение после проведения оценки его качества может быть применено для обучения базы знаний системы.

На первых этапах формирования знаний в базе знаний в качестве модели представления знаний предлагается использовать прецеденты. На основе онтологии и генерации противоречий между правилами и устаревшими прецедентам происходит анализ, коррекция и пополнение прецедентов. Обучение и адаптация базы правил происходит согласно обобщению выявленных устойчивых структур прецедентов в виде новых правил и интеллектуальному анализу прецедентов.

Вывод решений, который базируется на большом количестве прецедентов, а также правил необходим для идентификации математических моделей реализации задач оперативного, тактического и стратегического уровней. К актуальным проблемам агропромышленного комплекса относятся: выбор предпочтительного сценария развития сельскохозяйственного товаропроизводителя; составление оптимального плана посевов с учетом рисков; создание наилучшего плана производства сельскохозяйственной продукции с учетом минимизации затрат или максимизации прибыли; составление оптимального рациона питания сельскохозяйственных животных; прогнозирование затрат на реализацию продовольственной продукции, прогнозирование урожая и другие.

При решении подобных задач авторами предлагается использовать математические модели, методы многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности, методы интеллектуального анализа данных и другие. Для создания достоверных и адекватных математических моделей необходимо применение актуальных и оперативных данных, что невозможно без использования баз данных конкретных сельскохозяйственных товаропроизводителей и аккумуляции необходимых показателей их деятельности, сконцентрированных в хранилище данных министерства сельского хозяйства Иркутской области [10].

Одой их проблем является выбор оптимальной модели для управления деятельностью сельскохозяйственного товаропроизводителя. В одних условиях применимы детерминированные модели, в других – модели в условиях высокой неопределенности. Между тем изучение и учет рисков для хозяйств, муниципальных районов и агроландшафтных зон имеет большое значение для Предбайкалья ввиду ежегодного влияния на производственные процессы разных гидрометеорологических событий и их сочетания. Таким образом, готовые решения, разработанные для других предметных областей, например, промышленности часто являются малоэффективными. Поэтому

необходимостью является проектирование специализированной системы, которая позволит предоставить сельхозтоваропроизводителю наилучшее решение с учетом всех особенностей деятельности хозяйства.

Разработанную архитектуру системы необходимо реализовать в виде программного комплекса, который должен состоять из отдельных подсистем. Разрабатываемая система необходима в качестве центрального звена интегрированной системы управления. Реализацию системы для эффективного информационного обеспечения и взаимодействия пространственно-распределенных пользователей необходимо осуществлять с использованием веб-технологий.

Выводы. В статье предложена концептуальная схема функционирования системы поддержки принятия решений применительно к разным отраслям сельского хозяйства, основанная на правилах и прецедентах. Приведен пример онтологической модели растениеводства, которая входит в структуру СППР.

Разрабатываемая система необходима в качестве основного звена интегрированной системы управления для выполнения функций поддержки принятия решений с использованием баз данных и знаний, а также хранилища данных министерства сельского хозяйства Иркутской области.

Список литературы

1. Асалханов, П.Г. Использование баз данных и баз знаний при планировании в растениеводстве / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, А.Ю. Белякова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 37. – С. 36-45.
2. 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.
3. 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: Матер. междунар. научно-практ. конф. – Молодежный: Иркутский ГАУ, 2019. – С. 3-10.
4. Бендик, Н.В. База знаний интеллектуальной системы поддержки производства продукции растениеводства / Н.В. Бендик, О.В. Борхошкин // Теория и практика современной аграрной науки. Сб. III Национальной (Всероссийской) научной конф. с международным участием. – Новосибирск: Изд-во Новосибирский ГАУ, 2020. – С. 26-29.
5. Бендик, Н.В. Разработка базы знаний для сельскохозяйственных товаропроизводителей Иркутской области / Н.В. Бендик, О.В. Борхошкин // Матер. междунар. научно-практ. конф. “Цифровые технологии и системы в сельском хозяйстве”. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019. – С. 30-36.
6. Боргест, Н.М. Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения / Н.М. Боргест, Д.В. Будаев, В.В. Травин // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). - С. 423-442. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.
7. Брыксин, В.М. Системы поддержки принятия решений в земледелии: применение данных ДЗЗ, ГИС-технологий и моделирования в точном земледелии / В.М. Брыксин, Л.А. Хворова // Сб. трудов всероссийской конф. по математике "МАК-2015",

Барнаул, 1-5 июля 2015: гл. ред. Н.М. Оскорбин. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2015. – С. 176-181. – <http://elibrary.asu.ru/xmlui/bitstream/handle/asu/1880/176-181.pdf?sequence=1>.

8. Гончаров, И.Ю. Основные аспекты онтологического инжиниринга различных предметных областей / И.Ю. Гончаров, А.А. Сергиенко // В сб.: International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences. Conference Proceedings. – 2019. – С. 39-44.

9. Духнич, Е.Д. Компьютерная диагностика транспортных средств / Е.Д. Духнич, С.Н. Шуханов // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Матер. всероссийской научно-практ. конф. Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2020. – С. 168-172.

10. Иваньо, Я.М. Концептуальная модель хранилища данных для эффективного ведения сельского хозяйства в регионе / Бендик Н.В., Иваньо Я.М. // “Климат, экология, сельское хозяйство Евразии”. Матер. VII междунар. научно-практ. конф. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2018. – С. 160-168.

11. Кочеткова, О.В. Создание запросов в онтологической модели архитектуры сельскохозяйственного предприятия, реализующего технологию интернета вещей / О.В. Кочеткова, П.Н. Талдыкин // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий. Матер. междунар. научно-практ. конф., проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвящ. 75-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945 гг. – Волгоград: Волгогр. гос. аграр. ун-т, 2020. – С. 228-235.

12. Орлова, Л.В. Проблемы, стоящие перед сельхозпроизводством, программные продукты, управленческие решения для экономической и экологической эффективности производства / Л.В. Орлова, П.О. Скобелев, Д.В. Будаев // Труды междунар. конфер. ПУМСС-2017. – Самара, 2017. – С. 591-596.

13. Ivanyo, Ya.M. Management of the agro-industrial enterprise: optimization uncertainty expert assessments / Ivanyo Ya.M., Asalkhanov P.G., Bendik N.V. // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019) 2019.

14. Shunkevich, D. Ontology-based Design of Knowledge Processing Machines. – Текст: непосредственный // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф., (Минск, 16-18 февраля 2017 г.). – Минск, 2017. – Вып. 1. – С. 73-94.

References

1. Asalkhanov, P.G. et all. Ispol'zovaniye baz dannykh i baz znaniy pri planirovanii v rasteniyevodstve [The use of databases and knowledge bases in planning in crop production]. Topical issues of agricultural science, 2020, no. 37, pp. 36-45.

2. Asalkhanov, P.G. et all. Oblachnyye tekhnologii v upravlenii regional'nym agropromyshlennym kompleksom [Cloud technologies in the management of the regional agro-industrial complex]. Topical issues of agricultural science, 2019, no. 29, pp. 37-44.

3. 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 crop and livestock industries in the Irkutsk region]. Molodezhny, 2019, pp. 3-10.

4. Bendik, N.V., Borkhoshkin, O.V. Baza znaniy intellektual'noy sistemy podderzhki proizvodstva produktii rasteniyevodstva [Knowledge base of the intellectual system to support the production of crop production]. Novosibirsk, 2020, pp. 26-29.

5. Bendik, N.V., Borkhoshkin, O.V. Razrabotka bazy znaniy dlya sel'skokhozyaystvennykh tovaroproizvoditeley Irkutskoy oblasti [Development of a knowledge base for agricultural producers of the Irkutsk region]. Molodezhny, 2019, pp. 30-36.

6. Borgest N.M. et all. Ontologiya proyektirovaniya tochnogo zemledeliya: sostoyaniye voprosa, puti resheniya [Ontology of designing precision agriculture: state of the art, ways of solving]. Design ontology, 2017, vol. 7, no. 4 (26), pp. 423-442.
7. Bryksin, V.M., Khvorova, L.A. Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v zemledelii: primeneniye dannykh DZZ, GIS-tekhnologiy i modelirovaniya v tochnom zemledelii [Decision support systems in agriculture: application of remote sensing data, GIS technologies and modeling in precision farming]. Barnaul, 2015, pp. 176-181.
8. Goncharov, I.Yu., Sergienko, A.A. Osnovnyye aspekty ontologicheskogo inzhiniringa razlichnykh predmetnykh oblastey [Main aspects of ontological engineering of various subject areas]. Volgograd, 2019, pp. 39-44.
9. Dukhnich, E.D., Shukhanov, S.N. Komp'yuternaya diagnostika transportnykh sredstv [Computer diagnostics of vehicles]. Molodezhny, 2020, pp. 168-172.
10. Ivanyo, Ya.M., Bendik, N.V. Kontseptual'naya model' khranilishcha dannykh dlya effektivnogo vedeniya sel'skogo khozyaystva v regione [Conceptual model of data warehouse for effective farming in the region]. Molodezhny, 2018, pp. 160-168.
11. Kochetkova, O.V., Taldykin, P.N. Sozdaniye zaprosov v ontologicheskoy modeli arkhitektury sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya, realizuyushchego tekhnologiyu interneta veshchey [Creation of queries in the ontological model of the architecture of an agricultural enterprise implementing the technology of the Internet of things]. Volgograd, 2020, pp. 228-235.
12. Orlova, L.V. et all. Problemy, stoyashchiye pered sel'khozproduktom, programmnyye produkty, upravlencheskiye resheniya dlya ekonomicheskoy i ekologicheskoy effektivnosti proizvodstva [Problems facing agricultural production, software products, management solutions for economic and environmental efficiency of production]. Samara, 2017, pp. 591-596.

Дата поступления в редакцию 12.06.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Асалханов Петр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, e-mail: asalkhanov@mail.ru).

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, e-mail starkovan@list.ru).

Information about authors

Asalkhanov Peter G. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of Informatics and Mathematical Modeling. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: asalkhanov@mail.ru).

Bendik Nadezhda V. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of Informatics and Mathematical Modeling. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: starkovan@list.ru).

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО
АГРАРНОГО СЕКТОРА**

О.Е. Иванова

ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия
п. Караваево, Россия

Цель статьи – обобщить идеологические основы и охарактеризовать современный этап цифровизации сельского хозяйства России. Автор выделяет ключевые документы и направления по разработке цифровой стратегии в аграрном секторе. С учетом практики применения и мнений исследователей сформированы представления о принципах и направлениях, которые формируют своеобразный свод правил развития цифровизации сельского хозяйства. Рассмотрено два направления. Первое из них дает представление о рисках при цифровой трансформации сельского хозяйства. Второе направление рассматривает роль цифровых технологий в реализации стратегий цифровой трансформации в отрасли экономики, социальной сфере и государственном управлении регионов. Автором выделено десять направлений наднационального регулирования цифровой трансформации сельского хозяйства. Успешные примеры реализации многих проектов свидетельствуют о его широких перспективах, когда каждое из направлений цифровой трансформации обосновывается социально значимой целью. Автором отмечено, что регулирование цифровой трансформации в российском аграрном секторе обусловлено не столько необходимостью повышения экономической эффективности бизнес-процессов, сколько намерением совершенствовать контроль их соответствия критериям климатической нейтральности и инклюзивности.

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, проекты, стратегия, направления

**THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF DIGITALIZATION OF THE RUSSIAN
AGRARIAN SECTOR**

Ivanova O.E.

FSBEI HE Kostroma SAA
Karavaevo, Russia

The purpose of the article is to summarize the ideological foundations and characterize the current stage of digitalization of Russian agriculture. The author highlights the key documents and directions for the development of a digital strategy in the agricultural sector. Taking into account the practice of application and the opinions of researchers, ideas about the principles and directions that form a kind of set of rules for the development of digitalization of agriculture have been formed. Two directions have been considered. The first of them gives an idea of the risks in the digital transformation of agriculture. The second direction considers the role of digital technologies in the implementation of digital transformation strategies in the economy, social sphere and public administration of the regions. The author has identified ten areas of supranational regulation of the digital transformation of agriculture. Successful examples of the implementation of many projects testify to its broad prospects, when each of the areas of digital transformation is justified by a socially significant goal. The author notes that the regulation of digital transformation in the Russian agricultural sector is due not so much to the need to improve the economic efficiency of business

processes as to the intention to improve control over their compliance with the criteria of climate neutrality and inclusiveness.

Keywords: digitalization, agriculture, projects, strategy, directions.

Глобальное изменение климата и развитие цифровых технологий являются ключевыми факторами, которые сегодня определяют наднациональное вмешательство в сельскохозяйственную экономику Российской Федерации. Несмотря на то, что оба они создают экзистенциальный риск для российского сельского хозяйства, они также поощряют конкуренцию на сельскохозяйственном рынке и прогресс отрасли. В отличие от изменения климата, цифровая трансформация уже управляема; последняя рассматривается наднациональными институтами как инструмент контроля над первой. Пандемия COVID-19 продемонстрировала важность цифровых навыков для работы в условиях ограничений на передвижение людей и придала импульс преобразованиям и включению цифровых приоритетов в отраслевую деятельность России. В частности, пандемия высветила риски срыва сезонных работ в сельском хозяйстве [10] и, в то же время, укрепила согласие общества с удаленным режимом работы, выявила необходимость цифровизации во многих сферах сельской жизни.

В данном исследовании рассматриваются проблемы цифровой трансформации в сельском хозяйстве. В первой части определены его идеологические основы и вызовы, во второй части прослеживается ход соответствующих реформ в рамках компетенции российской экономики. Методы исследования, используемые для достижения цели, включают анализ официальных отчетов, изучение стратегических установок и поиск практических примеров деятельности.

В исследовании этой темы выделяются два направления. Первая группа дает представление о рисках цифровой трансформации сельского хозяйства. Вторая группа – рассматривает роль цифровых технологий в реализации Стратегий в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления регионов. Оба направления имеют общий элемент – рекомендации по стимулированию цифровизации.

В рамках первого подхода можно упомянуть ряд докладов национального исследовательского университета Высшей школы экономики [1, 4]. Они предполагают относительно низкий стартовый уровень показателей сельских территорий для целей цифровой экономики, что может привести к неравномерному территориальному распределению ее преимуществ и еще большему разрыву между сельскими и городскими районами [6]. Цифровая трансформация сельского хозяйства направлена на преодоление ряда глобальных вызовов (рис. 1):

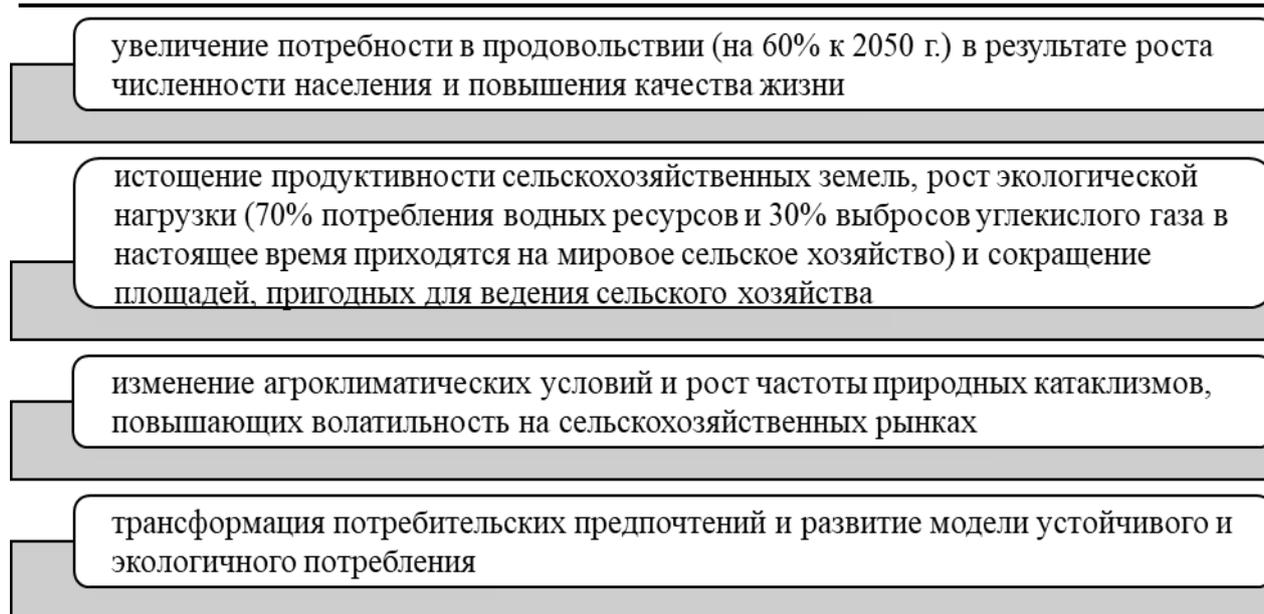


Рисунок 1 – Глобальные вызовы развития сельского хозяйства

В рамках второго подхода можно выделить, что цели и задачи развития цифровой экономики России зафиксированы в национальном проекте “Цифровая экономика”. По поручению президента России Владимира Путина до 01 сентября 2021 года на региональном уровне разработаны и утверждены стратегии цифровой трансформации ключевых отраслей экономики, социальной сферы, государственного управления в целях достижения их “цифровой зрелости”. Для решения поставленной задачи проведен анализ существующих стратегий на примере Центрального Федерального округа. Реализуемые проекты стратегического развития сельского хозяйства до 2024 года отражены на рисунке 2. Объективно существует целая группа регионов, развитие которых зависит от цифровой трансформации сельскохозяйственного производства, но реализация проектов цифровизации данной отрасли в них отсутствует – Владимирская, Калужская, Костромская, Липецкая, Орловская, Тамбовская, Тверская, Тульская, Ярославская области.

Анализ большого количества источников и научной литературы [2, 5, 8, 9] позволяет выделить десять направлений наднационального регулирования цифровизации сельского хозяйства. Успешные примеры свидетельствуют о его широких перспективах, когда каждое из этих направлений обосновывается социально значимой целью:

– адекватное телекоммуникационное соединение, цель заключается в предоставлении доступа к рынку и ресурсам для большего числа экономических субъектов;

– объединение технологий искусственного интеллекта с традиционными геологическими информационными системами, цель состоит в том, чтобы рационализировать землепользование, повысить урожайность и снизить эксплуатационные расходы;

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

Белгородская область	<ul style="list-style-type: none"> • «Моя цифровая ферма» образование • «Моя цифровая ферма» платформа для фермеров в сфере растениеводства • «Моя цифровая ферма» для государства • Внедрение подсистемы пчеловодства «Добропчёл»
Брянская область	<ul style="list-style-type: none"> • «Моя цифровая ферма» образование
Воронежская область	<ul style="list-style-type: none"> • Геоаналитический центр АПК • Личный кабинет сельхозтоваропроизводителя
Ивановская область	<ul style="list-style-type: none"> • «Моя цифровая ферма» платформа для фермеров в сфере растениеводства • «Моя цифровая ферма» для государства
Курская область	<ul style="list-style-type: none"> • «Моя цифровая ферма» образование • «Моя цифровая ферма» платформа для фермеров в сфере растениеводства • «Моя цифровая ферма» платформа для фермеров в сфере животноводства • «Моя цифровая ферма» цифровой двойник для фермеров в сфере растениеводства • «Моя цифровая ферма» для государства • «Моя цифровая ферма» цифровой двойник для фермеров в сфере животноводства
Московская область	<ul style="list-style-type: none"> • Геоинформационная база данных сельскохозяйственных угодий и паспортов плодородия • Расчет минимальных показателей урожайности основных культур • Мониторинг исполнения обязательств получателями грантов посредством специализированного мобильного приложения • Электронная база земельных участков с/х назначения, свободных и пригодных для организации сельскохозяйственного производства • Виртуальные путешествия на фермерские хозяйства • Электронная ярмарка вакансий в АПК • Производство ягод: от грядки до прилавка • Проведение ветеринарносанитарного обследования
Рязанская область	<ul style="list-style-type: none"> • Развитие ведомственной информационной системы Минсельхозпрода Рязанской области
Смоленская область	<ul style="list-style-type: none"> • «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере животноводства • «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере растениеводства

Рисунок 2 – Проекты развития сельского хозяйства по данным Стратегии цифровой трансформации регионов Центрального Федерального округа

(составлено автором по данным Стратегий в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления регионов Центрального Федерального округа)

– внедрение платформы технологий переработки отходов, цель – оптимальное распределение остатков и излишков, сокращение пищевых отходов, поддержка уязвимых слоев населения;

– запрет дискриминации в электронной торговле; включение критериев устойчивого развития и критериев полезности, основанных на фактических данных, в онлайн-рекламу сельскохозяйственной продукции, цель состоит в том, чтобы укрепить основы единого сельскохозяйственного рынка;

– использование технологий блокчейна в поставках сельскохозяйственной продукции, цель состоит в том, чтобы повысить прозрачность рынка;

– применение интерактивных моделей предоставления консультационных услуг, передача базовых навыков, укрепление основ партнерских отношений, цель – создание благоприятных условий для скорейшего внедрения НИОКР в практику; адаптация и достижение равенства возможностей для всех категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей; сбалансированное территориальное развитие;

– использование интернет вещей для сбора сельскохозяйственных данных, цель состоит в том, чтобы получить объективные данные и отслеживать проблемы;

– предоставление стимулов для накопления и распространения данных, принадлежащих сельскохозяйственным товаропроизводителям, цель состоит в том, чтобы укрепить основы экономики данных;

– ответственность за несоблюдение правил и целей, цель – эффективная конкуренция и снижение концентрации рынка;

– применение этических стандартов в управлении данными и развитии искусственного интеллекта, цель – укрепление основ устойчивого развития, соблюдение безопасности и конфиденциальности.

Сельское хозяйство рассматривается как одна из областей применения новой цифровой стратегии. Поскольку сельское хозяйство является традиционной областью развития российской экономики, оно принимается как пространство, в котором могут быть предприняты смелые действия, в частности, требующие соблюдения общемировых стандартов безопасности для упорядочения цифровых данных и искусственного интеллекта [3]. Платформенные технологии, блокчейн, интернет вещей, искусственный интеллект открывают новую страницу в развитии сельского хозяйства России. С их помощью становится возможным укрепить единство внутреннего рынка и облегчить обмен данными [7].

Таким образом, интерес российской экономики к цифровым технологиям проистекает из возможности их использования в качестве нетрадиционного инструмента ускорения в дополнение к существующим политическим, правовым и инвестиционным инструментам регулирования. Опыт внедрения цифровых технологий уже накоплен. По оценкам экспертов, прямой результат – снижение производственных затрат – будет ограничен из-за высокой стоимости цифровой трансформации. Главным ожидаемым

результатом является возможность решения таких целей развития, как рационализация природопользования, создание ферм замкнутого цикла, ограничение объемов перепроизводства и расширение деятельности в российском аграрном секторе.

Список литературы

1. Абдурахманова, Г.И. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13-30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдурахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.- М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239 с.
2. Жуплей, И.В. Организационно-экономический механизм регулирования сельского хозяйства в условиях кризиса (на примере Дальнего Востока России) / И.В. Жуплей, Ю.И. Шмидт, Л.И. Солдатова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 9 (134). – С. 366-372.
3. Жуплей, И.В. Экономико-математическое моделирование демографических процессов в предпочтениях формирования приоритетов политики на мезоуровне / И.В. Жуплей, Ю.И. Шмидт, Л.И. Солдатова, Д.В. Мухина // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 4 (129). – С. 494-499.
4. Информационное общество в Российской Федерации. 2020: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики; Нац. исслед. ун-т “Высшая школа экономики”. – М.: НИУ ВШЭ, 2020. – Дата обращения 01.02.2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://rosstat.gov.ru>
5. Иванова, О.Е. Индустрия 4.0 – итоги работы и перспективы / О.Е. Иванова // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2021. – № 3 (3). – С. 73-79.
6. Иванова, О.Е. Цифровая трансформация сельскохозяйственных организаций / О.Е. Иванова, Ю.И. Шмидт, И.В. Жуплей // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 10 (135). – С. 903-908.
7. Иванова О.Е. Цифровые технологии ведения бизнеса / О.Е. Иванова, Ю.И. Шмидт // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 10 (135). – С. 700-706.
8. Окладчик, С.А. Инновационные технологии как путь модернизации сельскохозяйственного производства / С.А. Окладчик, Т.М. Беднарская // Актуальные вопросы современной экономики. – 2021. – № 2. – С. 60-64.
9. Тяпкина, М.Ф. Тенденции и перспективы развития электронной торговли России / М.Ф. Тяпкина, С.Б. Эрдынеева // Научное обозрение: теория и практика. – 2021. – Т.11. № 2 (82). – С. 525-533.
10. Управление АПК как важной составляющей продовольственной безопасности России: монография. / Ларионов В.Г., Абашева О.В., Коротких А.А., Павленков М.Н., Шендо М.В., и др.; под общ. Ред. В.Г. Ларионова. – Москва: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К”, 2022. - Т. 1 - 285 с.

References

1. Abdurahmanova, G.I. et all. Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i prioritety [Digital transformation of industries: starting conditions and priorities]. Moscow, 2021, 239 p.
2. Zhuplej, I.V. et all. Organizacionno-ekonomicheskij mekhanizm regulirovaniya sel'skogo hozyajstva v usloviyah krizisa (na primere Dal'nego Vostoka Rossii) [Organizational and economic mechanism of regulation of agriculture in a crisis (on the example of the Russian

Far East)]. Economics and entrepreneurship, 2021, no. 9 (134), pp. 366-372.

3. Zhuplej, I.V. et all. Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie demograficheskikh processov v predpochteniyah formirovaniya prioritetov politiki na mezourovne [Economic and mathematical modeling of demographic processes in the preferences of the formation of policy priorities at the meso-level]. Economics and entrepreneurship, 2021, no. 4 (129), pp. 494-499.

4. Informacionnoe obshchestvo v Rossijskoj Federacii. 2020: statisticheskij sbornik [Information Society in the Russian Federation. 2020: statistical collection]. <https://rosstat.gov.ru>

5. Ivanova, O.E. Industriya 4.0 – itogi raboty i perspektivy [Industry 4.0 – results of work and prospects]. Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region, 2021, no. 3 (3), pp. 73-79.

6. Ivanova, O.E. et all. Cifrovaya transformaciya sel'skohozyajstvennyh organizacij [Digital transformation of agricultural organizations]. Economics and entrepreneurship, 2021, no. 10 (135), pp. 903-908.

7. Ivanova, O.E., SHmidt, Yu.I. Cifrovye tekhnologii vedeniya biznesa [Digital business technologies]. Economics and entrepreneurship, 2021, no. 10 (135), pp. 700-706.

8. Okladchik, S.A., Bednarskaya, T.M. Innovacionnye tekhnologii kak put' modernizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Innovative technologies as a way of modernization of agricultural production]. Current issues of the modern economy, 2021, no. 2, pp. 60-64.

9. Tyapkina, M.F., Erdyneeva, S.B. Tendencii i perspektivy razvitiya eletronnoj trgovli Rossii [Trends and prospects for the development of electronic commerce in Russia]. Scientific review: theory and practice, 2021, vol. T.11, no. 2 (82), pp. 525-533.

10. Larionov, V.G. et all. Upravlenie APK kak vazhnoj sostavlyayushchej prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [Agribusiness management as an important component of Russia's Food security]. Moscow, vol. 1, 2022, 285 p.

Дата поступления в редакцию 03.04.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторе

Иванова Оксана Евгеньевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и информационных систем в экономике. ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия (156530, Россия, Костромская область, Костромской район, п. Караваево, ул. Учебный городок, д. 34, тел. 89969313440, e-mail: oksivanova44@mail.ru).

Information about the author

Ivanova Oksana Evgenievna – Candidate of Economic Sciences, Ass. Prof., Ass. Prof. of Accounting and Information Systems in Economics, Kostroma State Agricultural Academy (34, Uchebnyy gorodok str., Karavaevo, Kostroma district, Kostroma region, Russia, 156530, tel. 89969313440, e-mail: oksivanova44@mail.ru).

УДК 517:519.8: 004: 63

МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АГРАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В работе проанализированы разные задачи параметрического программирования применительно к планированию сельскохозяйственного производства на уровне хозяйств, муниципальных и агроландшафтных районов. Рассмотрены модели параметрического программирования с коэффициентами, описываемыми значимыми трендами. При этом тренды, как правило, представляют собой нелинейные функции с неограниченным ростом и уровнями насыщения. Помимо параметра в виде времени часто в экстремальных задачах применяют авторегрессионные зависимости. Параметрические задачи с параметром в виде предшествующего значения использованы при оптимизации производства животноводческой продукции. Актуальными являются модели, в которых коэффициенты при неизвестных и правые ограничения характеризуются факторными зависимостями. В частности, урожайность сельскохозяйственных культур во многих районах Иркутской области зависит от суммы температур и осадков в начальный период вегетации. Задачи параметрического программирования, в которых параметрами являются осадки и температура, можно отнести к стохастическим задачам. Это связано с тем, что характеристики влагообеспеченности и тепла представляют собой вероятностные оценки. В отдельную группу можно выделить модели параметрического программирования, часть коэффициентов и правых частей которых можно описать с помощью значимых регрессионных выражений, а другую – описать интервальными или вероятностными оценками. Такие модели могут быть использованы для оптимизации получения продовольственной продукции в условиях различных рисков. Модели параметрического программирования применимы к различным отраслям: животноводству, растениеводству, заготовке пищевых дикорастущих ресурсов и их сочетанию. Модели параметрического программирования позволяют определять основные показатели развития производства для текущего и перспективного планирования. В работе приведен пример их использования для оценки потенциала производства растениеводческой продукции в некоторых муниципальных районах Иркутской области.

Ключевые слова: методы, параметрическое программирование, сельское хозяйство, риски аграрного производства.

MODELS OF PARAMETRIC PROGRAMMING USED IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Ivanyo Ya.M., Barsukova M.N., Petrova S.A., Tsyrenzhapova V.V.

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

The paper analyzes various problems of parametric programming in relation to the planning of agricultural production at the level of farms, municipal and agrolandscape areas. Parametric programming models with coefficients described by significant trends are considered. At the same

time, trends, as a rule, are non-linear functions with unlimited growth and saturation levels. In addition to the parameter in the form of time, autoregressive dependencies are often used in extremal problems. Parametric tasks with a parameter in the form of the previous value were used in the optimization of livestock production. Relevant are the models in which the coefficients of the unknowns and the right constraints are characterized by factorial dependencies. In particular, the yield of agricultural crops in many areas of the Irkutsk region depends on the sum of temperatures and precipitation in the initial growing season. Parametric programming problems, in which precipitation and temperature are parameters, can be classified as stochastic problems. This is due to the fact that the characteristics of moisture supply and heat are probabilistic estimates. In a separate group, parametric programming models can be distinguished, some of the coefficients and right parts of which can be described using significant regression expressions, and the other can be described by interval or probabilistic estimates. Such models can be used to optimize food production under various risks. Parametric programming models are applicable to various industries: animal husbandry, crop production, harvesting of wild food resources and their combination. Parametric programming models make it possible to determine the main indicators of production development for current and long-term planning. The paper gives an example of their use to assess the potential of crop production in some municipal districts of the Irkutsk region.

Keywords: methods, parametric programming, agriculture, risks of agricultural production.

Введение. Задачи математического программирования используются в различных отраслях экономики для улучшения управления производственными процессами [3, 6, 9, 10, 11, 12, 16, 22, 25]. В регионах с развитым сельскохозяйственным производством актуально решение задач оптимизации деятельности аграрных предприятий, муниципальных образований, однородных природно-климатических районов по получению продовольственной продукции для разных отраслей сельского хозяйства, заготовки пищевых дикорастущих ресурсов и их сочетания [2, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23].

Из всего разнообразия моделей, адекватно отражающих реальные ситуации, выделим задачи параметрического программирования, использованные для планирования производства продовольственной продукции. Они различаются по видам параметров [2, 4, 6, 7, 8, 14, 19, 20, 23], по учету влияния экстремальных событий на получение продукции [19, 20, 23], степени неопределенности коэффициентов, входящих в модели [6, 9, 13, 17, 18, 20, 21, 22, 23].

Исходя из анализа литературных источников по использованию методов параметрического программирования для решения различных задач производства сельскохозяйственной продукции и заготовки дикоросов, они имеют хорошую перспективу для прикладного использования.

Целью работы является описание различных групп моделей параметрического программирования, применяемых для решения задач оптимизации производства аграрной продукции и заготовки дикоросов на разных уровнях агрегирования. Приведен пример их использования с учетом прогнозов для оптимизации получения растениеводческой продукции в двух муниципальных районах.

Материалы и методы. В качестве материалов в работе использованы сведения различных авторов, посвященные параметрическому программированию, оптимизации производства сельскохозяйственной продукции в условиях рисков [2, 5, 9, 13, 18, 19, 21, 22, 23].

При апробации модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции использованы производственно-экономические показатели Эхирит-Булагатского и Черемховского районов.

Основные результаты и обсуждение. В работе [1] описана задача параметрического программирования с одним параметром в целевой функции и ограничениях. В качестве параметра использовано время. Во многих случаях коэффициенты при неизвестных критерия оптимальности и левых частях ограничений, а также правые части могут зависеть от многих параметров [6, 7, 14]. В этом случае задача параметрического программирования при условии достижения максимума целевой функции можно записать следующим образом:

$$\sum_{j \in J} c_j(t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K) x_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij}(t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K) x_j \leq b_i(t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K) \quad (k \in K, i \in I), \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j \in J), \quad (3)$$

где x_j – неизвестные задачи, $c_j(t_1, \dots, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K)$ – коэффициенты, характеризующие стоимость единицы продукции, $a_{ij}(t_1, \dots, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K)$ – коэффициенты, представляющие собой удельные ресурсы, $b_i(t_1, \dots, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K)$ – ресурсы, которыми располагает предприятие (группа предприятий), $t_1, \dots, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K$ – параметры, число которых равно K . При этом $t_k [a_k, \beta_k]$.

Очень часто в задачах параметрического программирования в качестве параметра используют время. В этом случае $K=1$, многопараметрическая задача становится однопараметрической [7, 17, 18]. Для описания трендов часто используют полиномы первой и второй степени, а также степенную функцию. В работах [5, 17, 18, 24] отмечено, что в случае наличия временного ряда больше 20 значений для описания, прежде всего, урожайности сельскохозяйственных культур можно использовать многоуровневые тренды с насыщением – асимптотические и логистические. Это позволяет при их использовании в параметрических задачах получать прогностические оптимальные решения с учетом благоприятных, неблагоприятных и усредненных условий.

В работах [4, 6, 7] приведены детерминированные модели параметрического программирования для решения задачи оптимизации производства растениеводства, скотоводства и их сочетания. Построенная модель с учетом линейных трендов в правых частях ограничений была использована в условиях ограниченности производственных ресурсов, производства конечной продукции растениеводства, скотоводства, по количеству вносимых удобрений и средств защиты.

Наличие автокорреляционных связей в рядах поголовья крупного

рогатого скота, объемов производства молока и мяса позволили для оптимизации структуры отрасли скотоводства применять модели параметрического программирования с авторегрессионными зависимостями [7, 20, 23].

При описании показателей оптимизационной модели иногда применима парабола. Поскольку она характеризуется неадекватно быстрым ростом значений, в этих случаях вместо одной зависимости имеет смысл использовать совокупность линейных трендов [7]. В частности, парабола как функция, описывающая переломный процесс, может быть заменена двумя линейными трендами, характеризующими подъем и спад.

В качестве параметров функционально зависимых коэффициентов и правых частей модели оптимизации аграрного производства могут выступать природные и технологические факторы.

При этом необходимо понимать, что задачи параметрического программирования, используемые для планирования производства сельскохозяйственной продукции, позволяют лишь частично снять неопределенность, поскольку не все параметры могут быть описаны функционально. Причем даже при аппроксимации всех параметров модели в виде аналитических выражений статистическая неопределенность остается, поскольку при моделировании реальной ситуации всегда существует расхождение между эмпирическими и аналитическими значениями.

Поэтому в работах [4, 7, 20] предложена модель параметрического программирования с интервальными параметрами. Сравнение результатов моделирования производства продукции растениеводства и скотоводства и их сочетания с помощью задачи линейного программирования в условиях неопределенности и задачи параметрического программирования с интервальными параметрами показало преимущество последних.

Продолжая обзор применения задач параметрического программирования, следует обратить внимание на наличие связей между урожайностью сельскохозяйственных культур и факторами, характеризующие месячные температуры, осадки и число дней периода без дождей. В работе [14] рассмотрены зависимости биопродуктивности различных видов сельскохозяйственных культур от разных гидрометеорологических факторов, из которых наиболее влиятельными оказались месячные температуры и осадки. Согласно [2] сроки посевов связаны с суммами суточных температур и осадков. При этом показано, что для юга Иркутской области решающее влияние на урожайность зерновых культур оказывают температуры в теплый период года, а севернее – совместно с этим параметром на результативный признак воздействуют осадки.

Подобные факторные зависимости имеют теоретическое и практическое значение в задачах планирования аграрного производства. Например, одна из моделей параметрического программирования реализована для Иркутского района, по данным которого построены нелинейные регрессионные

зависимости урожайности пшеницы, ячменя, овса и моркови от температуры и осадков по месяцам за вегетационный период.

В дополнение к сказанному отметим, что для регионов со значительной лесистостью, к которой относится Иркутская область, теоретическое и практическое значение имеют оптимизационные модели заготовки пищевой дикорастущей продукции и мяса промысловых диких животных, что обусловлено значительным спросом подобной продукции на внешнем рынке и ее высоким качеством [9, 16, 21, 22]. В работе [8] описаны модели параметрического программирования для максимизации выручки от получения пищевой лесной продукции.

Воспользуемся моделью параметрического программирования, приведенной в работе [5]. Рассмотрим задачу, в которой целевая функция характеризует максимум дохода сельскохозяйственного предприятия:

$$\sum_{s \in S} c_s x_s \rightarrow \max \quad (4)$$

при условиях:

- ограниченности производственных ресурсов

$$\sum_{s \in S} a_{ls} x_s \leq A_l, \quad l \in L; \quad (5)$$

- ограниченности размера растениеводческой отрасли

$$\underline{n}_r \leq \sum_{s \in S} (1 + \beta_s) x_s \leq \bar{n}_r, \quad r \in R; \quad (6)$$

- производства конечной продукции заданного объема

$$\sum_{s \in S} v_{qs}(t) x_s \geq V_q, \quad q \in Q; \quad (7)$$

- определенного количества вносимых удобрений и средств защиты растений

$$\sum_{s \in S} b_{ms} x_s \leq B_m, \quad m \in M; \quad (8)$$

- неотрицательности переменных

$$x_s \geq 0; \quad (9)$$

где x_s – искомая переменная, площадь культуры s или вида кормовых угодий; c_s – доход от производства единицы s -культуры или вида кормовых угодий; a_{ls} – расход ресурса l на единицу площади культуры s или вида кормовых угодий; A_l – наличие ресурса l -вида; V_q – гарантированный (обязательный объем) производства продукции вида q ; $\bar{n}_r, \underline{n}_r$ – максимальная и минимальная возможная площадь культур группы r ; $v_{qs}(t)$ – соответственно выход товарной продукции q -вида с единицы площади культуры s ; β_s – коэффициент, учитывающий площадь семенных посевов для культуры s ; b_{ms} – расход удобрений видов m и средств защиты на единицу площади культуры s или вида кормовых угодий; B_m – необходимый объем удобрений вида m .

В неравенстве (7) коэффициент, характеризующий выход товарной

продукции с единицы площади культуры $v_{qs}(t)$, может быть описан трендами [5, 7, 17, 18, 24]:

$$v_{qs}(t) = \mu_{0qs} + \mu_{1qs}t, \quad (10)$$

$$v_{qs}(t) = v_{qs}^{\max} - (v_{qs}^{\max} - v_{qs}^{\min})e^{-\mu_{qs}t}, \quad (11)$$

$$v_{qs}(t) = v_{qs}^{\max} - (v_{qs}^{\max} - v_{qs}^{\min})e^{-\mu t}, \quad (12)$$

где v_{qs}^{\max} , v_{qs}^{\min} - верхняя и нижняя оценки выхода продукции вида с единицы площади культуры s ; μ_{0qs} , μ_{1qs} , μ_{qs} , μ - коэффициенты выражений.

Используя модель (4)–(9) и результаты прогнозирования сельскохозяйственных культур с помощью трендов (10)–(12), реализована модель параметрического программирования для двух районов Иркутской области. В таблице приведены оптимальные решения задачи оптимизации производства зерновых культур, картофеля и овощей.

Таблица – Оптимальные решения получения растениеводческой продукции для трех муниципальных районов, расположенных в разных агроландшафтных районах Иркутской области

Год	Пшеница (x_1), т	Ячмень (x_2), т	Овес (x_3), т	Картофель (x_4), т	Капуста (x_5), т	Свекла (x_6), т	Целевая функция, тыс. руб.
Эхирит-Булагатский район							
2021	11418	5400	5148	1500	2950	870	477323.7
2024	11670	5568	5265	1600	3000	900	491021.7
Черемховский район							
2021	72714	39931	19900	2130	6080	900	2036731.6
2024	74229	40191	20300	2160	6200	927	2071429.9

Модель является имитационной, поскольку помимо реальных данных по зерновым культурам, использованы сведения о потенциальных возможностях района по выращиванию картофеля, капусты и свеклы.

Результаты моделирования показывают высокую эффективность деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей Черемховского района, которые могут получить продукцию на сумму, превышающую 2 млрд. руб. Около 0.5 млрд. руб. растениеводческой продукции способны получить аграрии Эхирит-Булагатского района.

Если рассматривать количество произведенной продукции на 1000 га, то производство аграрной продукции в Эхирит-Булагатском районе развивается более быстрыми темпами по сравнению с аналогом Черемховского района. По прогностическим данным доход от производства растениеводческой продукции на 1000 га в Эхирит-Булагатском около 50 и Черемховском районе

свыше 44 млн руб. Очевидно, что такой результат связан с таким фактором, как уровень развития производства продукции. В Черемховском районе производство зерновых культур охватывает значительные площади. Причем наметилось замедление роста урожайности.

Выводы. В статье обобщены и проанализированы параметрические модели оптимизации получения продовольственной продукции. Выделены группы моделей, позволяющие оптимизировать производство сельскохозяйственной продукции и заготовку пищевых дикорастущих ресурсов.

Каждая группа моделей может быть классифицирована по следующим признакам: агрегированию, степени неопределенности, динамике изменения параметров, учету рисков и числу критериев оптимальности.

Приведены результаты моделирования, позволяющие улучшить управление получением продовольственной продукции на территориях с сельскохозяйственным производством и заготовкой дикоросов.

Список литературы

1. Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: учеб. пособие / И.Л. Акулич. – 2-е изд., испр. и доп. - М. :Высш. шк. - 1993. – 336 с.
2. Асалханов, П.Г. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в задачах параметрического программирования / П.Г. Асалханов, Я.М. Иванько, М.Н. Полковская // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 2(121). – С. 57-66.
3. Банина, Н.В. Решение одной задачи оптимизации перевозки грузов железнодорожным транспортом как задачи о назначениях / Банина Н.В., Ерофеева А.И. // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 2. – С. 8-12.
4. Барсукова, М.Н. О возможностях приложения задач параметрического программирования с авторегрессионными моделями / М.Н. Барсукова, С.А. Петрова // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: Матер. междунар. научно-практ. конф. молодых ученых (5 апреля 2017 года) – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. 2017. – С. 14-23.
5. Барсукова, М.Н. Об одной модели оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных внешних условиях / М.Н. Барсукова, Я.М. Иванько, С.А. Петрова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2020. – № 3 (19). – С. 73-85.
6. Барсукова, М.Н. Об оптимизационных моделях сельскохозяйственного производства: классификация и применение / М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Я.М. Иванько // В сб.: Информационные и математические технологии в научных исследованиях. Труды XI Междунар. конф., отв. редактор Л.В. Массель. – Иркутск. - 2006. – С. 49-57.
7. Барсукова, М.Н. Оптимизационные модели планирования производства стабильных сельскохозяйственных предприятий / М.Н. Барсукова, Я.М. Иванько. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА. - 2011. – 159 с.
8. Барсукова, М.Н. Развитие моделей планирования получения продовольственной продукции / М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Н.В. Бендик, Т.С. Бузина, Е.В. Вашукевич, Я.М. Иванько // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2018. - № 3(11). - С. 96-107.
9. Болтвина, Е.К. Модели оптимизации заготовки дикорастущей продукции с интервальными параметрами / Е.К. Болтвина, Я.М. Иванько // Вестник Иркутского

государственного технического университета. – 2016. – № 6 (113). – С. 73-81.

10. Гатаулин, А.М. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А.М. Гатаулин, Г.В. Гаврилов, Т.М. Сорокина. – М.: Агропромиздат. - 1990. – 432 с.

11. Еромасова, А.С. Масштабирование в задачах оптимизации управления на примере оптимизации управления продажами отельного бизнеса / А.С. Еромасова, Ф.М. Тезадова, А.В. Прохоров, С.Е. Вечерская // Вестник РосНОУ. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2019. – № 1. – С. 100-109.

12. Ефремова, Н.А. Обобщенная задача математического программирования при моделировании сложных экологических систем / Н.А. Ефремова, Е.В. Гришина // Научный аспект. – 2014. – № 1 - 2. – С. 177-180.

13. Иваньо, Я.М. Вероятностные модели оценки заготовки дикорастущей продукции в Иркутской области / Я.М. Иваньо, А.А. Лузан, С.А. Петрова, М.Н. Полковская // Научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. – 2017. – № 25. – С. 62-68. Режим доступа: http://agronauka.igsha.ru/vypuski_zhurnala/v25.php.

14. Иваньо, Я.М. Задача параметрического программирования с моделями прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, Ю.В. Столопова, С.А. Петрова // Прикладная информатика. - 2021. - Т. 16. - № 6(96). - С. 131-143.

15. Иваньо, Я.М. Математическое моделирование производства аграрной продукции с учетом неоднородности сельскохозяйственных угодий / Я.М. Иваньо, И.А. Ковадло // В сб.: Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса. Матер. II Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2020. – С. 68-74.

16. Иваньо, Я.М. Модели оптимизации заготовки мяса диких животных на примере Жигаловского района / Я.М. Иваньо, А.О. Одинокова, С.А. Петрова // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса: Матер. междунар. научно-практ. конф. (14 сентября 2017 года). - Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. - 2017. – С. 242-249.

17. Иваньо, Я.М. О некоторых методах математического моделирования в решении задач прогнозирования и планирования производства аграрной продукции / Я.М. Иваньо // Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. – 2021. – № 38. – С. 49-57.

18. Иваньо, Я.М. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков // Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // Научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. – 2022. – № 42. – С. 48-57.

19. Иваньо, Я.М. Оптимизационные модели аграрного производства в решении задач оценки природных и техногенных рисков: монография / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. - 2015. – 180 с.

20. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции: монография / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. – 2021. – 219 с.

21. Потенциальные запасы дикорастущих ресурсов Иркутской области: монография / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2017. – 156 с.

22. Региональные модели кластеров заготовки, переработки и реализации пищевой дикорастущей продукции: монография / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019. – 132 с.

23. Решение задач управления аграрным производством в условиях неполной информации: монография / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2012. – 199 с.

24. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография /под

редакцией Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Изд-во ООО “Мегапринт”, 2019. – Ч. 1. – 319 с.

25. Соловей Д.Е. Задачи математического программирования в управлении жизненным циклом продукции лесного комплекса / Д.Е. Соловей, Е.С Хухрянская // В сб.: Актуальные вопросы современной информатики. Матер. VII всерос. (с междунар. участием) научно-практ. конф. – Коломна. 2017. – С. 86-90.

References

1. Akulich, I.L. Matematicheskoe programmirovaniye v primerah zadachah: ucheb. Posobie [Mathematical programming in examples and tasks]: Moscow, 1993, 336 p.

2. Asalhanov, P.G. et al. Modeli prognozirovaniya urozhajnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur v zadachah parametricheskogo programmirovaniya [Models for predicting crop yields in parametric programming problems]. Vestnik IrGTU, 2017, vol. 21, no. 2(121), pp. 57-66.

3. Banina, N.V., Erofeeva, A.I. Reshenie odnoy zadachi optimizatsii perevozki gruzov zheleznodorozhnym transportom kak zadachi o naznacheniyah [Solving one problem of optimizing the transportation of goods by rail as an assignment problem]. Science and education for transport, 2016, no.2, pp. 8-12.

4. Barsukova, M.N., Petrova, S.A. O vozmozhnyakh prilozheniyah zadach parametricheskogo programmirovaniya s avtoregressionnymi modelyami [About the possibilities of applying parametric programming problems with autoregressive models]. Irkutsk, 2017, pp. 14-23.

5. Barsukova M.N. et al. Ob odnoy modeli optimizatsii proizvodstva agrarnoy produkcii v blagopriyatnykh i neblagopriyatnykh vneshnih usloviyakh [On one model of optimizing the production of agricultural products in favorable and unfavorable external conditions]. Information and mathematical technologies in science and management, 2020, no. 3 (19), pp. 73-85.

6. Barsukova, M.N. et al. Ob optimizacionnykh modelyakh sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: klassifikatsiya i primeneniye [About optimization models of agricultural production: classification and application]. Irkutsk, 2006, pp. 49-57.

7. Barsukova, M.N., Ivanyo, Ya.M. Optimizacionnyye modeliplanirovaniya proizvodstva stabil'nykh sel'skohozyajstvennykh predpriyatij [Optimization models for planning the production of stable agricultural enterprises]. Irkutsk, 2011, 159 p.

8. Barsukova M.N. et. all. Razvitiye modelej planirovaniya polucheniya prodovol'stvennoy produkcii [Development of food production planning models]. Information and mathematical technologies in science and management, 2018, no. 3 (11), pp. 96-107.

9. Boltvina, Ye.K., Ivanyo, Ya.M. Modeli optimizatsii zagotovki dikorastushchey produktsii s interval'nymi parametrami [Models for optimizing the harvesting of wild products with interval parameters]. Vestnik IrGTU, 2016, no. 6(113), pp. 73-81.

10. Gataulin, A.M. et al. Matematicheskoe modelirovaniye ekonomicheskikh processov v sel'skom hozyajstve [Mathematical modeling of economic processes in agriculture]. Moscow, Agropromizdat, 1990, 432 p.

11. Eromasova, A.S. et al. Masshtabirovaniye v zadachah optimizatsii upravleniya na primere optimizatsii upravleniya prodazhami otel'nogo biznesa [Scaling in Management Optimization Problems on the Example of Hotel Business Sales Management Optimization]. Vestnik RosNOU. Series: Complex Systems: Models, analysis and Management, 2019, no. 1, pp. 100-109.

12. Efremova, N.A., Grishina, E.V. Obobshchennaya zadacha matematicheskogo programmirovaniya pri modelirovanii slozhnykh ekologicheskikh sistem [Generalized problem of mathematical programming in modeling complex ecological systems]. Scientific aspect, 2014, no. 1-2, pp. 177-180.

13. Ivanyo, Ya.M. et al. Veroyatnostnyye modeli otsenki zagotovki dikorastushchey produktsii v Irkutskoy oblasti [Probabilistic models of evaluating the processing of wildy growing

production in the Irkutsk region]. Actual issues of agricultural science, 2017, no. 25, pp. 62-68.

14. Ivanyo, Ya.M. et all. Zadacha parametriceskogo programmirovaniya s modelyami prognozirovaniya urozhajnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Parametric programming problem with crop yield forecasting models]. Applied Computer Science. 2021, vol. 16, no. 6 (96), pp. 131-143.

15. Ivanyo, Ya.M. et all. Matematicheskiye i tsifrovyye tekhnologii optimizatsii proizvodstva prodovol'stvennoy produktsii [Mathematical and digital technologies of optimizing food production]. Irkutsk, 2021, 219 p.

16. Ivanyo, Ya.M., Kovadlo, I.A. Matematicheskoe modelirovanie proizvodstva agrarnoy produktsii s uchetom neodnorodnosti sel'skohozyajstvennyh ugodij [Mathematical modeling of the production of agricultural products, taking into account the heterogeneity of agricultural land]. Molodezhnyj, 2020, pp. 68-74.

17. Ivanyo, Ya.M. et all. Modeli optimizatsii zagotovki myasa dikikh zhivotnykh na primere Zhigalovskogo rayona [Models for optimizing the procurement of wild animal meat on the example of the Zhigalovsky district]. Irkutsk, 2017, pp. 242-249.

18. Ivanyo, Ya.M. O nekotoryh metodah matematicheskogo modelirovaniya v reshenii zadach prognozirovaniya i planirovaniya proizvodstva agrarnoy produktsii [On some methods of mathematical modeling in solving problems of forecasting and planning the production of agricultural products]. Actual issues of agricultural science, 2021, no. 38, pp. 49-57.

19. Ivanyo, Ya.M., Petrova, S.A. Ob odnom algoritme vydeleniya anomal'nyh urovnej vremennogo ryada dlya ocenki riskov [About one algorithm for selecting anomalous levels of the time series for risk assessment]. Actual issues of agricultural science, 2022, no. 42, pp. 48-57.

20. Ivanyo, Ya.M., Petrova, S.A. Optimizatsionnyye modeli agrarnogo proizvodstva v reshenii zadach otsenki prirodnykh i tekhnogenykh riskov [Optimization models of agricultural production in solving problems of assessing natural and technogenic risks]. Irkutsk, 2015, 180 p.

21. Ivanyo, Ya.M. et all. Potentsial'nyye zapasy dikorastushchikh resursov Irkutskoy oblasti [Potential reserves of wild resources of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2017, 156 p.

22. Ivanyo, Ya.M. et all. Regional'nyye modeli klasterov zagotovki, pererabotki i realizatsii pishchevoy dikorastushchey produktsii [Regional models of clusters of harvesting, processing and sale of the wild food products]. Irkutsk, 2019, 132 p.

23. Ivanyo, Ya.M. et all. Reshenie zadach upravleniya agrarnym proizvodstvom v usloviyah nepolnoj informatsii. [Solving the problems of managing agricultural production in conditions of incomplete information]. Irkutsk, 2012, 199 p.

24. Ivanyo, Ya.M., Dmitriyev, N.N. et all. Sistema vedeniya sel'skogo khozyaystva Irkutskoy oblasti [The system of agriculture in the Irkutsk region]. Irkutsk, 2019, part 1, 319 p.

25. Solovej, D.E., Huhryanskaya, E.S. Zadachi matematicheskogo programmirovaniya v upravlenii zhiznennym ciklom produktsii lesnogo kompleksa [Problems of mathematical programming in the management of the life cycle of products of the forestry complex]. Kolomna, 2017, pp. 86-90.

Дата поступления в редакцию 24.04.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Иваньо Ярослав Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Барсукова Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский р-он, пос. Молодежный, Иркутский ГАУ тел +7

(3952) 237 330, e-mail: margarita1982@bk.ru).

Петрова Софья Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел.: 89149325573, e-mail: sofia.registration@mail.ru).

Цыренжапова Валентина Вячеславовна – аспирант кафедры информатики и математического моделирования, институт экономики, управления и прикладной информатики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 8(950)1411589, e-mail: tsyrenzhapova_v@mail.ru).

Information about authors

Ivanyo Yaroslav M. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Informatics and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(3952)237491, e-mail: iasa_econ@rambler.ru).

Barsukova Margarita N. – Candidate of Technical Sciences, the Ass. Prof. of Department of Informatics and Mathematical Modeling. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. +7 (3952) 237330, e-mail: bmn1982@rambler.ru).

Petrova Sofia A. - Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of informatics and mathematical modeling. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89149325573, e-mail: sofia.registration@mail.ru).

Tsyrenzhapova Valentina V. – PhD-student of the Department of Informatics and Mathematical Modeling, Institute of Economics, Management and Applied Informatics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 8(950)1411589, e-mail: tsyrenzhapova_v@mail.ru).

УДК 631.173

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ НА РАБОЧИХ ЛОПАТКАХ ТУРБОМАШИН

О.В. Репецкий, Нгуен Ван Мань

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Работа посвящена созданию методики моделирования аэродинамических сил, действующих на лопатки рабочих колёс газотурбинных двигателей (ГТД). Известно, что течение на рабочие лопатки не однородное при движении потока газа через межлопаточные каналы лопаток направляющего аппарата [4]. Это вызывает переменную аэродинамическую силу, которая периодически повторяется с высокой частотой во время всей эксплуатации. Эта сила вносит существенный вклад в накопление усталостных повреждений рабочих лопаток, особенно в случае, когда на лопатках существуют дефекты. Определение амплитуд и использование закона изменения аэродинамических сил на этапе проектирования позволяют оценить влияние этих сил на долговечность рабочих лопаток и на развитие дефектов на поверхности лопатки. Следовательно, можно предложить варианты изменений аэродинамических и прочностных характеристик лопаток, соответственно. Конечно элементная модель ступени состоит из лопаток входного направляющего аппарата, рабочих

лопаток и опоры со стойками. Газодинамическая нагрузка определяется в узлах рабочих лопаток с использованием возможности ANSYS CFX. В статье предложены некоторые варианты моделей аэродинамических сил, действующих на лопатку. При этом применен метод взаимодействия системы поток-структура (Fluid-Structure Interaction (FSI) для проверки точности модели аэродинамических сил.

Ключевые слова: рабочая лопатка, аэродинамическая сила, ANSYS CFX, турбомашина, метод моделирования.

APPLICATION OF METHODS FOR SIMULATION OF AERODYNAMIC FORCES ON THE WORKING BLADES OF TURBOMACHINES

Repetckii O. V., Nguyen Van Manh

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

The work is devoted to the creation of a methodology for modeling aerodynamic forces acting on the blades of impellers of gas turbine engines (GTE). It is known that the flow onto the working blades is not uniform when the gas flow moves through the interblade channels of the guide vanes [4]. This causes a variable aerodynamic force, which is repeated periodically at a high frequency during the entire operation. This force makes a significant contribution to the accumulation of fatigue damage to the working blades, especially in the case when there are defects on the blades. Determining the amplitudes and using the law of change in aerodynamic forces at the design stage makes it possible to evaluate the effect of these forces on the durability of rotor blades and on the development of defects on the blade surface. Therefore, it is possible to propose options for changing the aerodynamic and strength characteristics of the blades, respectively. The finite element model of the stage consists of inlet guide vanes, working blades and support with uprights. The gas-dynamic load is determined in the rotor blade assemblies using the ANSYS CFX capability. The article proposes some variants of models of aerodynamic forces acting on the blade. In this case, the Fluid-Structure Interaction (FSI) method was used to check the accuracy of the aerodynamic force model.

Keywords: rotor blade, aerodynamic force, ANSYS CFX, turbomachine, simulation method.

Введение. Газовые турбины часто используются в космической промышленности, авиации и производстве электроэнергии ввиду их превосходной выходной мощности и высокому механическому крутящему моменту [2]. Благодаря широкому спектру применения газовой турбины ее аэродинамические характеристики привлекли внимание многих исследователей и были значительно улучшены для достижения реалистичных результатов. Аэродинамическая конструкция газовых турбин требует большего, чем знание элементарных физических законов преобразования энергии. При проектировании стоит задача найти взаимосвязь между фактической формой ротора, т.е. количеством лопастей ротора и (или) аэродинамическим профилем его лопастей и его аэродинамическими свойствами. С другой стороны, важной задачей является исследование связи аэродинамических и прочных характеристик газовых турбин. Требуется оценить аэродинамическую нагрузку на лопасть в типичных условиях

эксплуатации, а затем определить ее влияние на долговечность рабочих лопаток. Впоследствии оценивается ряд аэродинамических сил путем моделирования в различных условиях эксплуатации, таких как переменная скорость потока и скорость вращения на стационарных и переходных режимах работы турбомашин.

Целью работы является определение аэродинамической нагрузки и динамических напряжений, необходимых для получения реальных ресурсных характеристик турбомашин с помощью комплекса методов программы ANSYS CFX.

Аэродинамика потока в ступени турбины (статор/ротор) довольно сложна и до сих пор является предметом многочисленных исследований. Одним из способов моделирования течений потока через ступень турбины является использование методов пространственно-временных преобразований “Transient Blade Row”, реализованных в решателе программного комплекса вычислительной газовой динамики ANSYS CFX. Зная аэродинамические характеристики поля течений газа, с помощью основных формул в газодинамике возможно моделирование аэродинамических сил, действующих на лопатки рабочих колёс турбомашин.

Метод численного моделирования. Как известно, на газовые частицы действуют две группы внешних сил [8]:

– сила от разности давления на границах частицы, т.е. подъемная сила (L);

– сила трения или сила сопротивления (D) на границах частицы, направленная вдоль поверхности и возникающая при перемещении соседних частиц относительно друг друга.

Сумма двух этих сил (P) называется полной аэродинамической силой и определяется плотностью и скоростью воздушного потока, а также коэффициентом полной аэродинамической силы C_p . Элементарная аэродинамическая сила на элементарной площади dS определяется по формуле:

$$dP = C_p \frac{\rho v^2}{2} dS, \quad (1)$$

где ρ и v – соответственно плотность и скорость воздушного потока, а коэффициент полной аэродинамической силы C_p определяется из давления потока в рассматриваемой точке на выходе:

$$C_p = \frac{P - P_\infty}{\frac{\rho v_\infty^2}{2}}. \quad (2)$$

Таким образом, полная аэродинамическая сила, действующая на площадь S , получается интегрированием dP на всей области S . Сила трения D является составляющей P на направлении относительно скорости потока к лопатке, а подъёмная сила L является составляющей, перпендикулярной к силе трения. Процесс моделирования аэродинамических сил разделяется на 4 шага

[5, 6, 9, 11]:

1) моделирование переменных течений потока газа через ступень турбины методом “Transformation Rotor-Stator” (TRS);

2) разделение поверхности рабочей лопатки на маленькие части и расчет подъёмной силы и силы трения, действующих на каждую часть;

3) моделирование аэродинамических сил, действующих на каждую часть;

4) проверка точности варианта моделирования сравнением с методом взаимодействия “Fluid-Structure Interaction” (FSI).

Для расчёта поля течения потока разработана условная модель ступени турбины академического рабочего колеса (рис. 1), состоящая из одного направляющего аппарата, рабочего колеса и стоек опоры [1, 12].

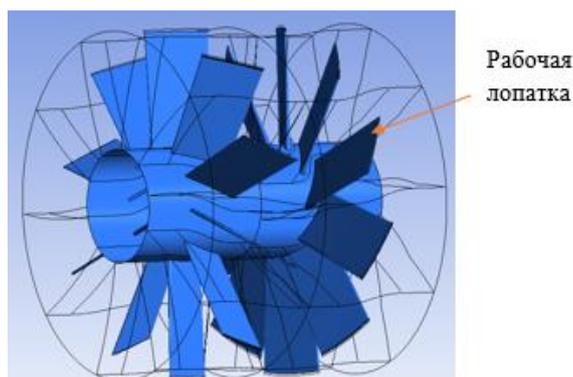


Рисунок 1 – CFD модель

Исходные данные для расчёта взяты из работы [3]: расход газа через вход статора составляет 10.8 кг/с, температура на входе – 441.6 К, давление на выходе – 53.25 кПа, модель турбулентности – SST.

Результаты расчета аэродинамических сил. Для расчета влияния аэродинамических сил разделим поверхность рабочей лопатки на 5 частей, на каждой из которых действуют подъемная сила и сила трения (рис. 2).

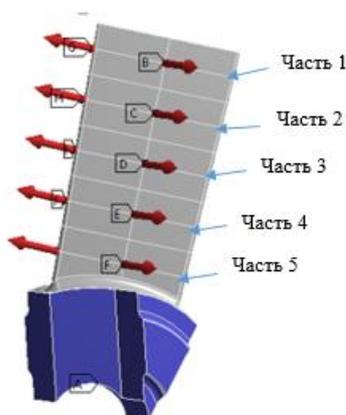


Рисунок 2 – Направление сил, действующих на каждую часть рабочей лопатки

Течение потока газа через ступень турбины было смоделировано

методом TRS [7, 10, 12]. Из результатов анализа модели течения потока газа получают величины скорости и давления газа в каждой точке в каждый момент времени. Расчеты величин аэродинамических сил на каждой части поверхности лопатки выполнены по формулам (1) и (2). В таблице показаны величины переменных аэродинамических сил, полученных расчетом.

Таблица – Результаты вычисления величины аэродинамических сил по времени на каждой части поверхности лопатки

Область положения силы	Подъёмная сила	Сила сопротивления
Часть 1		
Часть 2		
Часть 3		
Часть 4		
Часть 5		

Сила во всех частях лопатки изменяется с периодом $(9.023 \cdot 10^{-3} \text{с})$,

который равен времени прохождения рабочей лопатки через межлопаточные каналы лопаток статора. При этом величина и закон изменения сил отличаются. Получается, что величина подъемной силы и сила сопротивления минимальны в корне лопатки, так как окружная составляющая скорости потока из-за вращения ротора уменьшается к диску.

Тестирование некоторых вариантов моделей аэродинамических сил, действующих на лопатку. В этой работе, было проведено тестирование 3-х вариантов моделей аэродинамических сил. Для варианта А поверхность лопатки разделяется на 3 части, для варианта Б – на 5 частей, а для варианта В – на 10 частей. Модель расположения сил для каждого варианта показана на рис. 3.

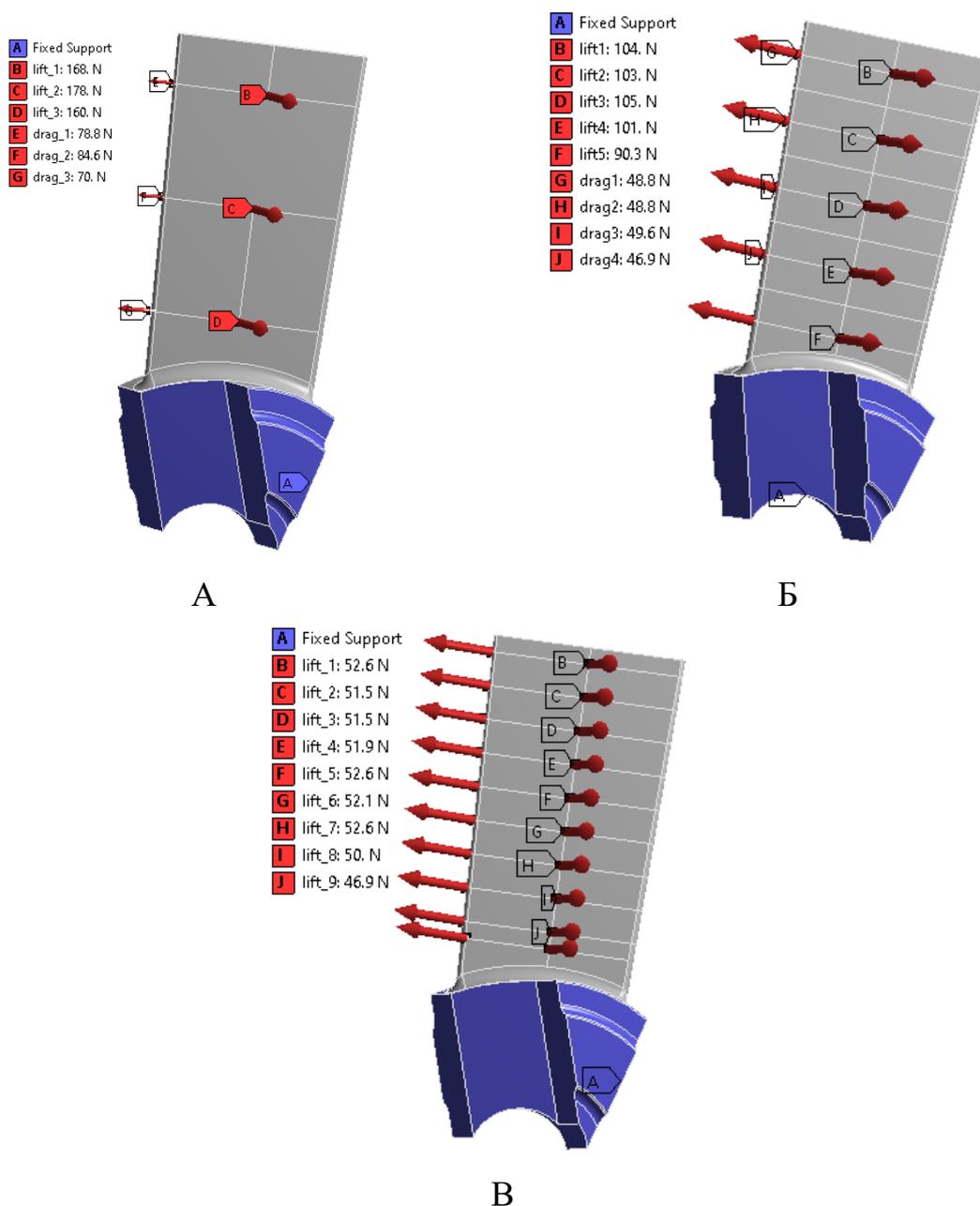


Рисунок 3 – Варианты моделей аэродинамических сил, действующих на лопатку

В итоге, для варианта А среднее значение подъемной силы равно 165 Н, а силы трения – 75 Н. Для варианта Б эти значения составляют 101 Н и 46 Н, соответственно. Для варианта В среднее значение величины подъемной силы равно 51 Н, а силы трения 23 Н.

На рисунках 4 и 5 представлены расчеты максимальных деформаций лопатки и максимальных эквивалентных напряжений под действием переменных аэродинамических сил.

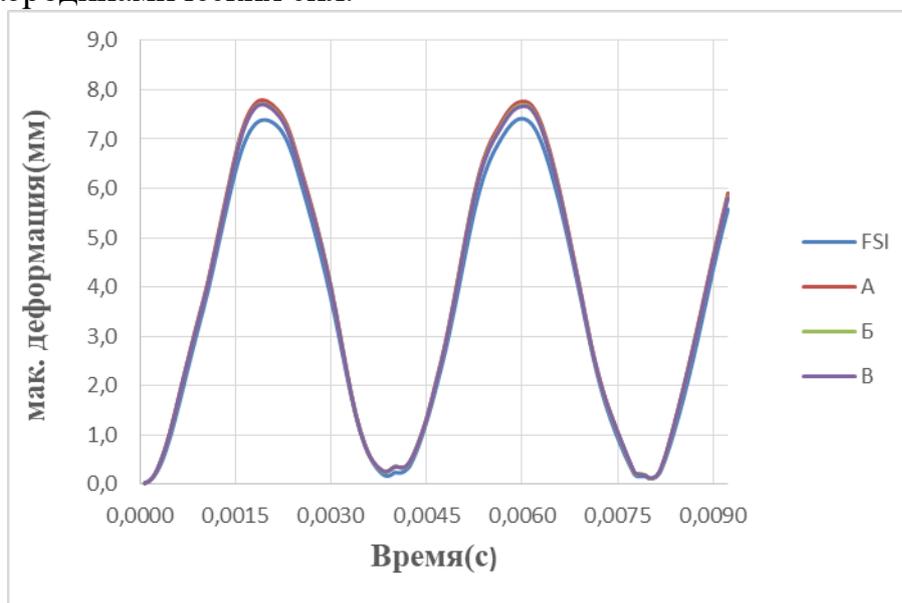


Рисунок 4 – Расчет максимальных деформаций лопатки под действием переменных аэродинамических сил

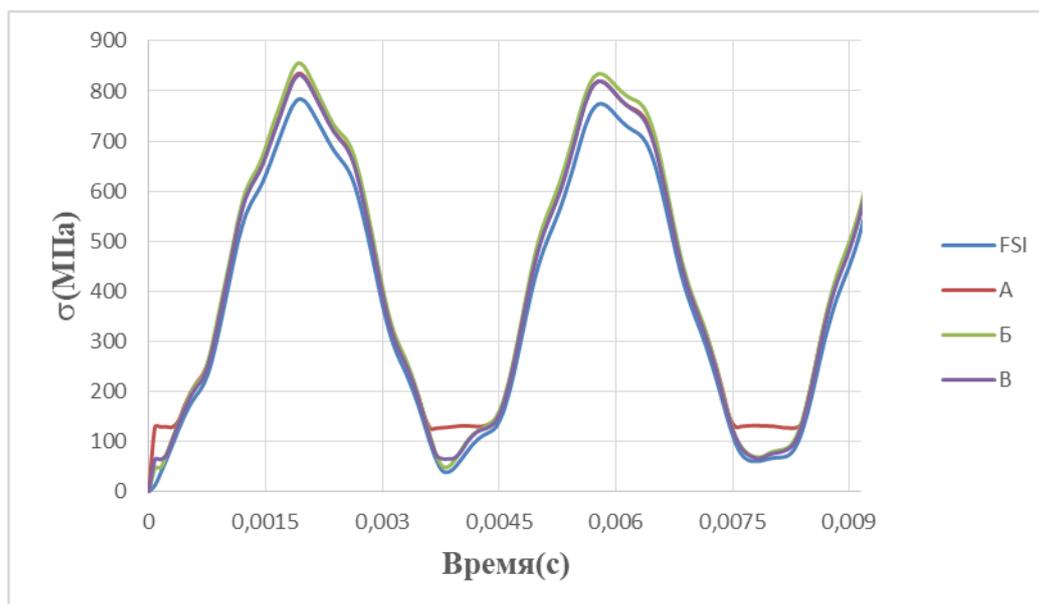


Рисунок 5 – Расчет максимальных эквивалентных напряжений на лопатки под действием переменных аэродинамических сил

Сравнение результатов каждого варианта с результатом, полученным

методом взаимодействия “поток-структура” (FSI) показывает, что чем больше разделять поверхности лопатки на участки, тем точнее результаты расчета. С другой стороны это усложняет задачу и требуется больше времени для вычисления. Графики результатов для варианта А имеют большее отклонение по сравнению с остальными вариантами, особенно в точках минимума. Результаты варианта Б почти совпадают с результатом варианта В и дают достаточную точность. Поэтому можно использовать вариант Б в дальнейшем исследовании, так как он менее трудоемок и достаточно точен для инженерных расчетов.

Заключение. В этой статье исследована методика моделирования аэродинамических сил на рабочие лопатки. С помощью метода TBR выполнено моделирование течения потока газа через академическую ступень турбины и получены результаты вычисления величин аэродинамических сил по времени. Также было проведено тестирование разных вариантов моделей аэродинамических сил и выполнено сравнение с расчетом методом взаимодействия “поток-структура” FSI. Результаты показывают, что использование варианта Б дает достаточно точные результаты и требует намного меньше времени.

На следующем этапе исследований будет рассматриваться влияние аэродинамических сил на долговечность рабочих лопаток с учетом развития дефектов на поверхности лопатки с использованием результатов, полученных в данной работе.

Список литературы

1. Еловенко, Д.А. Анализ напряженного состояния упругой полуплоскости, нагруженной постоянным давлением на ограниченных промежуточных участках с заданным периодом, методом конечных элементов на базе программного комплекса MSC.MARC / Д.А. Еловенко, О.В. Репецкий // Известия ИГЭА. – 2011. – №5. – С. 171-175.
2. Пятунин, К.Р. Тестирование и адаптация новых подходов к моделированию течения в нестационарной постановке для задач аэродинамики / К.Р. Пятунин, Н.С. Лугинина, Р.А. Диденко // Электронный журнал “Труды МАИ”, 2013. – № 65.
3. Репецкий, О.В. Численное исследование влияния размерности сетки на расчёт аэродинамических параметров осевой лопатки в вычислительной гидродинамике: матер. конф. / О.В. Репецкий, В.М. Нгуен. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2021. – С. 227-234.
4. Репецкий, О.В. Компьютерный анализ динамики и прочности турбомашин / О.В. Репецкий. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 301 с.
5. Рыжиков, И.Н. Динамика элементов роторов турбомашин на переходных режимах работы с учетом нелинейных эффектов / И.Н. Рыжиков, О.В. Репецкий, Т.К. Нгуен // Вестник ИрГТУ, 2016. – Т. 20, №11(118). – С. 61-68.
6. Aravin, D. A comparative study of transient blade row and blade count scaling approaches for numerical forced response analysis in a transonic turbine / D. Aravin, K. Naidu, M. F. Vogel // Proceedings of 12th European Conference on Turbomachinery Fluid dynamics & Thermodynamics, 2017.
7. Blumenthal, R. et all. Investigation of Transient CFD Methods Applied to a Transonic Compressor Stage / ASME Paper No. GT2011-46635, 2011.
8. Cornelius C. et all. Experimental and Computational Analysis of a Multistage Axial

Compressor Including Stall Prediction by Steady and Transient CFD Methods. ASME Paper No. GT2013-94639, 2013.

9. Dirk, W. et al. Comparison of transient blade row methods for the CDF analysis of a high-pressure turbine / ASME Paper No. GT2014-26043, 2014.

10. Jannumohanty S.R. et al. Life Calculation of First Stage Compressor Blade of a Trainer Aircraft / ASME Paper No. GT2012-68070, 2012.

11. Stuart, C., Mark, B. A comparison of advanced numerical techniques to model transient flow in turbomachinery blade rows / ASME Paper No. GT2011-45820, 2011.

12. Winhart, B. et al. Application of the time transformation method for a detailed analysis of multistage blade row interactions in a shrouded turbine / Proceedings of 12th European Conference on Turbomachinery Fluid dynamics & Thermodynamics, 2017.

References

1. Yelovenko, D.A., Repetskiy, O.V. Analiz napryazhennogo sostoyaniya uprugoy poluploskosti, nagruzhennoy postoyannym davleniyem na ogranichennykh promezhutochnykh uchastkakh s zadannym periodom, metodom konechnykh elementov na baze programmnoy kompleksa MSC.MARC [Analysis of the stress state of an elastic half-plane loaded with constant pressure on limited intermediate sections with a given period, by the finite element method based on the MSC.MARC software package]. Izvestiya IGEA, 2011, no. 5, pp. 171-175.

2. Pyatunin, K.R. et al. Testirovaniye i adaptatsiya novykh podkhodov k modelirovaniyu techeniya v nestatsionarnoy postanovke dlya zadach aerodinamiki [Testing and adaptation of new approaches to flow modeling in non-stationary formulation for problems of aerodynamics]. Elektronnyy zhurnal "Trudy MAI", 2013, no. 65.

3. Repetskiy, O. V, Nguyen, V.M. Chislennoye issledovaniye vliyaniya razmernosti setki na raschot aerodinamicheskikh parametrov osevoy lopatki v vychislitel'noy gidrodinamike: materialy konferentsii [Numerical study of the influence of the mesh dimension on the calculation of the aerodynamic parameters of the axial blade in computational fluid dynamics: materials of the conference]. Irkutsk, 2021, pp. 227-234

4. Repetskiy, O.V. Komp'yuternyy analiz dinamiki i prochnosti turbomashin [Computer analysis of the dynamics and strength of turbomachines]. Irkutsk, 1999, 301 p.

5. Ryzhikov, I.N. et al. Dinamika elementov rotorov turbomashin na perekhodnykh rezhimakh raboty s uchetom nelineynykh effektov [Dynamics of elements of rotors of turbomachines in transient modes of operation, taking into account non-linear effects]. Vestnik IrGTU, 2016, vol. 20, no. 11 (118), pp. 61-68.

Дата поступления в редакцию 02.06.2022, дата принятия в печать 27.06.2022.

Сведения об авторах

Репецкий Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, проректор по международным связям. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, пос. Молодежный, тел. +7 3952 237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Нгуен Ван Мань – Аспирант. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, пос. Молодежный, e-mail: manhzhuov@gmail.com).

Information about the authors

Repetckii O.V. – Doctor of Technical Sciences, Vice-rector, Professor. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. +73952237438, e-mail: repetckii@igsha.ru).

Nguyen Van Manh – PhD-student. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, e-mail: manhzhuov@gmail.com).

**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 ГАУ, 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”, внутренняя и внешняя 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 редколлекцией 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(ры) 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.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ НАУКИ”

Выпуск 43

июнь

Литературный редактор – В.И. Тесля
Технический редактор – Н.В. Спиридонова
Перевод – П.Г. Асалханов

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Дата выхода: 30.06.2022 г.
Почтовый адрес редакции:
664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный.
Тел. (3952) 237-491