

электронный научно-практический журнал

актуальные вопросы аграрной науки

выпуск №45
декабрь

МОЛОДЁЖНЫЙ 2022



**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 № 45
декабрь

Молодежный 2022

Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”, 2022, выпуск 45, декабрь.

Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”, 2022, 45th edition, December.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования электронной 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

Коваливнич В.Д., Кузьмин А.В.

К вопросу о параметрах движения клубня при испытаниях технического средства для селекции картофеля..... 6

Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.

Экспериментальная установка для диагностики статического эксцентриситета ротора асинхронных двигателей..... 13

Цэдашиев Ц.В., Егоров И.Б., Шистеев А.В.

Восстановление работоспособности зернометателя ЗМ-60 на базе УНПУ “Оёкское” Иркутского ГАУ..... 21

Черных А.Г., Шпак О.Н.

Исследование работы двигателя постоянного тока бесщеточного типа в устройстве распределения и дозирования семян 29

Серия ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Барсукова М.Н., Белякова А.Ю., Бузина Т.С.

Анализ математического обеспечения программных комплексов управления аграрным производством..... 38

Массель Л.В.

Цифровизация и современные тренды искусственного интеллекта..... 48

Молокова А.А., Герауф Ю.В.

Цифровизация как ключевой фактор развития сельского хозяйства 64

Петров А.В.

К вопросу составления описания моделируемой системы..... 72

CONTENTS

Series MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

Kovalivnich V.D., Kuzmin A.V.

On the issue of tuber movement parameters by testing of technical means for potato breeding..... 6

Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Bonnet Y.V.

Experimental facility for diagnostics of static eccentricity of the rotor of asynchronous motors... 13

Tsedashiev Ts.V., Egorov I.B., Shisteev A.V.

Restoration of working capability of the ZM-60 grain thrower on the basis of the ERPS
"Oyokskoye" of Irkutsk SAU..... 21

Chernykh A.G., Shpak O.N.

Investigation of the operation of brushless DC motor in seed distribution and dosing device..... 29

Series INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING

Barsukova M.N., Belyakova A.Yu., Buzina T.S.

Analysis of mathematical support of software packages of agricultural production management.. 38

Massel L.V.

Digitalization and modern trends of artificial intelligence..... 48

Molokova A.A., Gerauf Y.V.

Digitalization as a key factor in the development of agriculture 64

Petrov A.V.

To the question of drafting a description of the simulated system..... 72

УДК 631.356.4:658.562

**К ВОПРОСУ О ПАРАМЕТРАХ ДВИЖЕНИЯ КЛУБНЯ
ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ
КАРТОФЕЛЯ**

В.Д. Коваливнич, А.В. Кузьмин

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В статье представлены расчеты отдельных кинематических параметров клубней при движении в технических средствах, предлагаемых для использования в селекции картофеля. В России в настоящее время уделяется большое внимание развитию отечественного сельского хозяйства. Например, развитию селекции и семеноводства картофеля посвящен раздел в подпрограмме программы научн-технического развития сельского хозяйства. В селекции картофеля применяются современные технологии: микроклонального размножения, соматического размножения и генной модификации, но применение современных технологий имеет ряд ограничений, поэтому лучше всего сочетать современные с классическими способами, такими как отбор. Однако при отборе перспективных гибридов на выведение новых сортов требуется относительно много времени (до 10 лет). При этом можно было на ранних этапах селекции заранее отбраковать гибриды неустойчивых линий к механическим повреждениям, например, применяя испытания клубней на имитаторах повреждаемости картофеля вместо оценки клубней при обычной комбайновой уборке, применяемой при государственных сортоиспытаниях. Появилась необходимость разработки технических средств, позволяющих оценивать устойчивость картофеля к механическим повреждениям при уборке. Кроме того, требуется изучение процесса повреждаемости клубней при взаимодействии с различными рабочими органами уборочных машин. В статье использованы математические расчеты параметров технических средств. При ударе об наклонную площадку клубень отскакивает, делая прыжок, а затем скатывается по данной площадке. Рассмотрено движение клубня на прямолинейном участке. Таким образом, из приведенных расчетов можно определить рациональные размеры и режимы работы имитатора повреждаемости картофеля для соответствия их режимам работы картофелеуборочных комбайнов: $\omega = 2.93$ рад/с ($n = 0.46$ об/с). Применение разработанных математических моделей процессов, происходящих в создаваемых нами технических средствах, позволяет определить некоторые конструкционные параметры.

Ключевые слова: картофель, клубни, устойчивость, механические повреждения, селекция картофеля, кинематические параметры, технические средства.

**ON THE ISSUE OF TUBER MOVEMENT PARAMETERS BY TESTING OF
TECHNICAL MEANS FOR POTATO BREEDING**

Kovalivnich V.D., Kuzmin A.V.

FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

The article presents calculations of individual kinematic parameters of tubers when moving in technical means proposed for use in potato breeding. In Russia, much attention is currently paid to

the development of domestic agriculture. For example, a section in the subprogram of the program for the scientific and technological development of agriculture is devoted to the development of potato breeding and seed production. Modern technologies are used in potato breeding: micropropagation, somatic propagation and genetic modification, but the use of modern technologies has a number of limitations, so it is best to combine modern with classical methods such as selection. However, when selecting promising hybrids, it takes a relatively long time (up to 10 years) to breed new varieties. At the same time, it was possible to pre-select hybrids of unstable lines for mechanical damage at the early stages of breeding, for example, by using tuber tests on potato damage simulators instead of evaluating tubers during conventional combine harvesting used in state variety tests. There was a need to develop technical means to assess the resistance of potatoes to mechanical damage during harvesting. In addition, it is required to study the process of damage to tubers when interacting with various working bodies of harvesters. The article uses mathematical calculations of the parameters of technical means. When hitting an inclined platform, the tuber bounces, making a jump, and then rolls down this platform. Considered the movement of the tuber on a straight section. Thus, from the above calculations, it is possible to determine the rational dimensions and operating modes of the potato damage simulator to match their operating modes of potato harvesters: $\omega = 2.93 \text{ rad/s}$ ($n = 0.46 \text{ rev/s}$). The application of the developed mathematical models of the processes occurring in the technical means created by us allows us to determine some design parameters.

Keywords: potatoes, tubers, stability, mechanical damage, potato selection, kinematic parameters, technical means.

Введение. В принятой программе научно-технического развития сельского хозяйства Российской Федерации [1] отдельное внимание уделяется развитию селекции и семеноводства картофеля для создания новых сортов картофеля с адаптивными признаками. Это касается и Восточной Сибири [2], которая является благоприятной территорией для развития картофелеводства [7]. В современных условиях в селекции картофеля применяются разнообразные технологии: микроклонального размножения, соматического размножения и генной модификации. Однако применение современных технологий имеет ряд ограничений, поэтому лучше всего сочетать современные способы с классическими способами, такими как отбор.

Вместе с тем при отборе перспективных гибридов на выведение новых сортов требуется относительно много времени (до 10 лет). При этом можно было на ранних этапах селекции заранее отбраковать гибриды неустойчивых линий к механическим повреждениям, например, применяя испытания клубней на имитаторах повреждаемости картофеля вместо оценки клубней при обычной комбайновой уборке при государственных сортоиспытаниях.

Таким образом, появилась необходимость разработки определенных технических средств, позволяющих оценивать устойчивость картофеля к механическим повреждениям при уборке. Поэтому для этого нами предложен целый ряд технических средств [3, 6, 8, 9]. При этом требуется изучение процесса повреждаемости клубней при взаимодействии с

различными рабочими органами уборочных машин [4, 5, 10], и нужно постоянное совершенствование технических средств.

Цель данной статьи – исследование кинематических параметров технических средств для испытания клубней при селекции на устойчивость к механическим повреждениям.

Материалы и методы. В статье использованы математические расчеты параметров технических средств, а также экономико-статистический и абстрактно-логический методы.

Результаты и обсуждение. Продолжим наши некоторые расчеты, которые мы представляли в предыдущих статьях. Итак, в прошлых наших статьях мы рассматривали условия падения клубня с прутковой лопасти.

При этом нами были получены значения скорости падения клубня: 0.112 м/с и 0.286 м/с.

Затем мы рассматривали падение клубня с лопасти барабана. Нашли, что траекторией падения клубня будет парабола.

Таким образом, можно предположить, что при угле $\alpha = 35^\circ$ размер верхней половины наклонной площадки будет 0.231 м, то есть вся ширина наклонной площадки должна быть 0.462 м.

Используя полученные формулы определено, что при скорости перемещения клубня по лопасти 0.286 м/с, скорость падения клубня достигнет величины $v = 0.494$ м/с, а при относительной скорости 0.112 м/с - $v = 0.418$ м/с.

При ударе об наклонную площадку клубень отскакивает, делая прыжок, а затем скатывается по данной площадке. Рассмотрим эту фазу движения (рис. 1). Вектор скорости клубня в точке удара будет направлен по отношению к оси ОХ под углом равным выражению:

$$\Theta = \arccos\left(\left|\frac{v_x}{v}\right|\right). \quad (1)$$

Тогда угол γ будет равен выражению:

$$\gamma = (\alpha + \Theta) - 90^\circ. \quad (2)$$

Следовательно, тангенс угла отражения будет равен:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{k}, \quad (3)$$

где k – коэффициент восстановления при ударе.

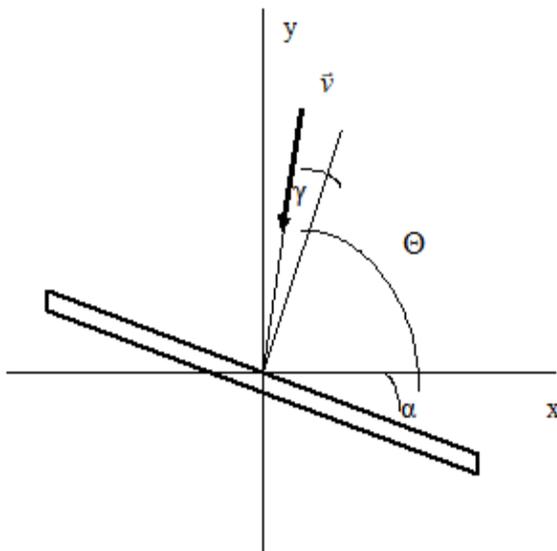


Рисунок 1 – Угол падения клубня на площадку

Для исследования отскока клубня обратимся к рисунку 2. Из рисунка видно, что проекции скоростей равны:

$$\begin{aligned} v_{x'} &= gt \sin \alpha + v' \sin \beta, \\ v_{y'} &= -gt \cos \alpha + v' \cos \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

где v' – скорость клубня после удара.

Параметрические уравнения движения клубня выражаются в виде:

$$\begin{aligned} x' &= g \frac{t^2}{2} \sin \alpha + v't \sin \beta + \frac{x_0}{\cos \alpha}, \\ y' &= -\frac{gt^2}{2} \cos \alpha + v't \cos \beta. \end{aligned} \quad (5)$$

Исключая из этих уравнений время t и делая соответствующие замены:

$$a = \frac{g}{2} \sin \alpha, \quad b = v' \sin \beta, \quad d = \frac{x_0}{\cos \alpha} - x',$$

получим уравнение траектории движения клубня:

$$x' = -\frac{g}{2} \cos \alpha \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ad}}{2a} \right) + v' \cos \beta \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ad}}{2a} \right). \quad (6)$$

Решив уравнение (6), получим:

$$x' = \frac{v'^2 \sin 2\beta}{4g \cos \alpha} + \frac{v'^2 \cos^2 \beta \sin \alpha}{8g \cos^2 \alpha} + \frac{x_0}{\cos \alpha}. \quad (7)$$

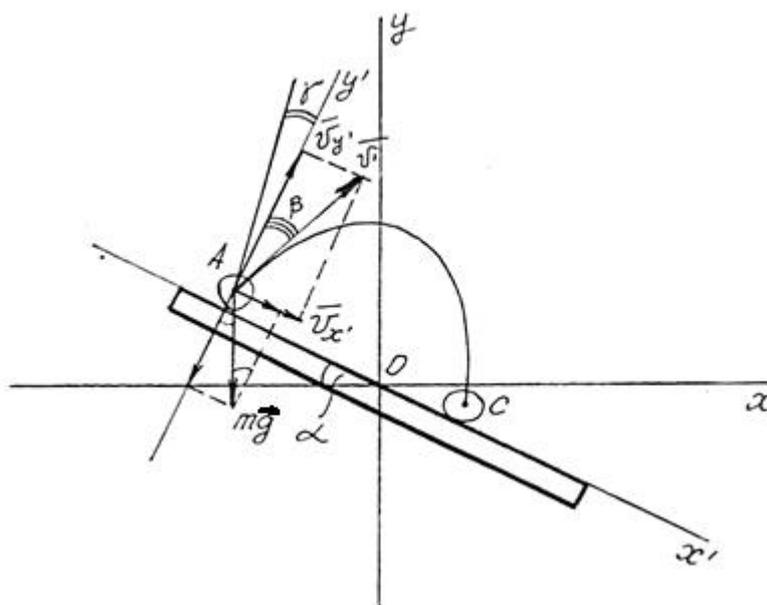


Рисунок 2 – Отскок клубня при ударе об наклонную площадку

Далее рассмотрим движение клубня на прямолинейном участке СВ (рис. 3). Здесь скорость определяется из выражения:

$$v'_x = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t + v_{x'}. \quad (8)$$

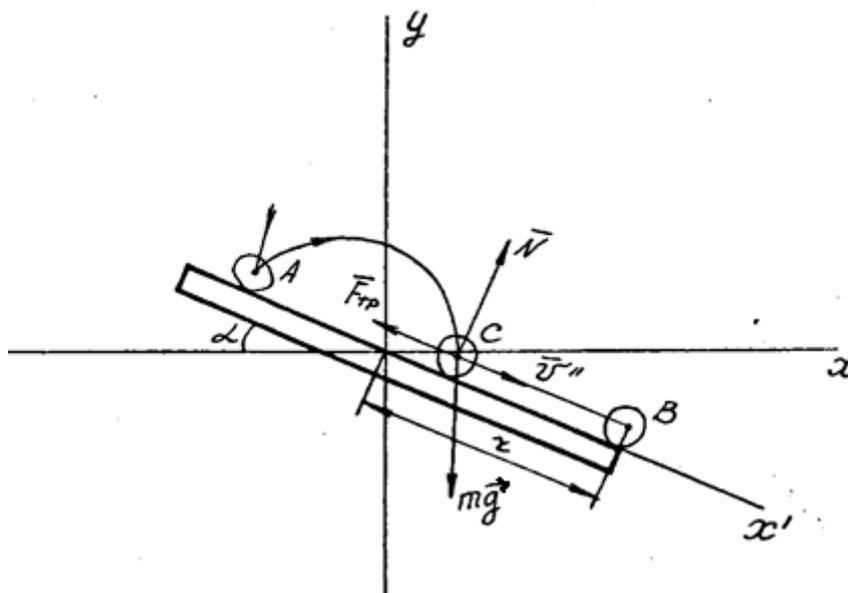


Рисунок 3 – Прямолинейный участок движения клубня

Тогда уравнение движения будет:

$$x'' = \frac{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t^2}{2} + v_x t + x'. \quad (9)$$

Таким образом, из приведенных расчетов можно определить рациональные размеры и режимы работы имитатора повреждаемости картофеля для соответствия их режимам работы картофелеуборочных комбайнов: $\omega = 2.93$ рад/с ($n = 0.46$ об/с).

Выводы. В результате проведенных исследований можно заключить, что применение разработанных математических моделей процессов, происходящих в разрабатываемых нами технических средствах, позволяет определить некоторые конструкционные параметры.

Список литературы

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/
2. Дмитриев, Н.Н. Агрэкономическая эффективность плодосменных севооборотов с сидерацией и фитомелиорацией / Н.Н. Дмитриев, А.А. Мартемьянова, Р.В. Замашиков, Е.Ш. Дмитриева // “Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”, 2020; 101:14-22. DOI: 10.51215/1999 – 3765-2020-101-14-22.
3. Имитатор повреждения клубней [Текст]: пат. 2110057 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. -№ 95121255/13; заявл. 05.12.95; опубл. 27.04.98, Бюл. №12. – 3 с.
4. Имитатор повреждаемости клубней [Текст]: пат. 2598883 Российская Федерация, МПК G01N 33/02. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского – ФГБОУ – ВПО. -№ 2014125786/15; МПК G01N 33/02, заявл.25.006.2014; опубл.27.09.2016. – Бюл. № 27. – 5 с.
5. Кузьмин, А.В. Методы снижения повреждаемости клубней картофеля и совершенствования картофелеуборочных машин: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 [Текст] / А.В. Кузьмин. – М., 2005. – 238 с.
6. Машины и оборудование для механизации работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве картофеля: Каталог / Б.О. Кузьмин, В.Н. Зернов, П.Б. Кузьмин, И.П. Вялов, Т.А. Фурина. – М.: ЦНТИПР, 1988.
7. Окладчик, С.А. Картофелеводство в хозяйствах Иркутской области / С.А. Окладчик // “Научно-практический журнал “Вестник ИрГСХА”, 2020; 101:49-58. DOI: 10.51215/1999 – 3765-2020-101-49-58.
8. Определитель повреждаемости клубней [Текст]: пат. 2321851 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/02. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. – № 2005121808/11; заявл. 11.07.2005; опубл. 10.04.2008, Бюл. №10. – 4 с.
9. Устройство для определения повреждаемости корнеплодов [Текст]: пат. 2073228 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. / А.В. Кузьмин [и др.]; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия – ФГОУ – ВПО. -№ 93038831/15; заявл. 27.07.93; опубл. 10.02.97, Бюл. №4. – 3 с.
10. Eskel potato equipment // Spudmun. July – August, 1986, Vol. 24, no. 6, 15 p.

References

1. Federal'naya nauchno-texnicheskaya programma razvitiya sel'skogo khozyajstva na 2017-2025 gody` [Federal Scientific and Technical Program for the Development of agriculture for 2017-2025]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/
2. Dmitriev, N.N. et all. Stanovlenie i razvitie nauchnoj shkoly` agroekologii Predbajkal'ya. [Formation and development of the scientific school of agroecology of the Baikal region]. Scientific and practical journal "Bulletin of the IrGSHA". 2021; 5(106): 29-41. DOI: 10.51215/1999-3765-2021-106-29-41.
3. Imitator povrezhdeniya klubnej [Tuber damage simulator]. Pat. 2110057 Russian Federation, IPC G 01 N 3/32. / V.A. Kuzmin, D.B. Labarov; applicant and patentee of the Buryat-Skye state agricultural Academy – FGBOU – VPO, no. 95121255/13; IPC G 01 N 3/32, Appl.05.12.95; publ.27.04.98. – Bull., no. 12, 3 p.
4. Imitator povrezhdaemosti klubnej [Tuber damage simulator]. Pat. 2598883 Russian Federation, IPC G01N 33/02. / A.V. Kuzmin et all.; applicant and patent holder Irkutsk state agrarian University named after A.A. Ezhevsky – FGBOU – VPO, no. 2014125786/15; IPC G01N 33/02, Appl. 25.006.2014; publ.27.09.2016. – Bull., no. 27. – 5 p.
5. Kuzmin, A.V. Metody snizheniya povrezhdayemosti klubney kartofelya i sovershenstvovaniya kartofeleuborochnykh mashin [Methods of reducing damage to potato tubers and potato upgrading of machines]. Dis. ... d-ra tekhn. sciences: 05.20.01. Moscow, 2005, 238 p.
6. Mashiny` i oborudovanie dlya mexanizacii rabot v selekcii, sortoispy`ta-nii i pervichnom semenovodstve kartofelya [Machinery and equipment for mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of potatoes]. Moscow, TSNTIPR, 1988.
7. Okladchik, S.A. Kartofelevodstvo v hozyajstvah Irkutskoj oblasti [Potato farms in the Irkutsk region]. "Scientific and practical journal "Bulletin of ISAA", 2020, 101:49-58. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-49-58.
8. Opredelitel povrezhdaemosti klubnej [Determinant of tuber damage]. Pat. 2321851 Russian Federation, G01N 33/02. / A.V. Kuzmin et all.; applicant and patent holder Buryat state agricultural Academy – FGBOU – VPO, no. 2005121808/11; IPC G01N 33/02, Appl. 11.07.2005, publ.20.01.2007. – Bull., no. 10, 4 p.
9. Ustrojstvo dlya opredeleniya povrezhdaemosti korneplodov [Device for determining the damage of root crops]. Pat. 2073228 Russian Federation, IPC G 01 N 3/32. / V.A. Kuzmin, D.B. Labarov; declare-tel and patentee of the Buryat agricultural Institute – FGBOU – VPO, no. 93038831/15; IPC G 01 N 3/32, Appl.27.07.93; published.10.02.97. – Bull. no. 4, 3 p.

Дата поступления в редакцию 12.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022.

Сведения об авторах

Коваливнич Виктория Дмитриевна – аспирант заочного обучения. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89500902261, e-mail: Kovaliv07@mail.ru).

Кузьмин Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89503835361, e-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

Information about the authors

Kovalivnich Victoria D. – PhD-student of Correspondence Studies. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500902261, e-mail: Kovaliv07@mail.ru).

Kuzmin Alexander V. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of

Technical Services and General Engineering Disciplines Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89503835361, e-mail: kuzmin_burgsha@mail.ru).

УДК 62-13

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТАТИЧЕСКОГО ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

¹А.Ю. Прудников, ¹В.В. Боннет, ¹А.Ю. Логинов, ²Я.В. Боннет

¹ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия

Обеспечение надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве остается актуальной проблемой, так как сложные условия эксплуатации и агрессивная среда препятствуют рациональному его использованию. Высокая аварийность асинхронных двигателей неизменно обусловлена в большинстве случаев выходом из строя межвитковой изоляции и межфазными замыканиями или замыканиями на корпус. При этом вероятность возникновения аварийной ситуации возрастает при увеличении радиального зазора в подшипниках и, как следствие, возникновении статического эксцентриситета ротора асинхронного двигателя – смещения оси ротора относительно оси статора. Эксцентриситет значительно снижает технические и экономические показатели двигателя, так как возрастает потребляемый двигателем ток, снижается КПД, машина перегревается от перегрузки, и происходит дополнительный нагрев в самих подшипниках, поэтому своевременная его диагностика является актуальной задачей. В предыдущих работах нами был описан способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя, основанный на анализе косвенного показателя – частоты вращения ротора в процессе пуска. В качестве диагностического признака использовалась амплитуда изменения частоты вращения ротора на участке пусковой характеристики сразу после достижения ротором номинальных оборотов. Полученное значение сравнивается с эталонным, и на основе анализа производится диагностика. В статье приведено описание экспериментальной установки, включающей в себя индукционный датчик, гибкий переходник и калиброванный зубчатый диск. При сравнительно простом устройстве установка позволяет быстро получить диагностическую информацию без остановки технологического процесса. При несложных изменениях в конструкции установки ее можно использовать для диагностики двигателей, используемых в приводах различных машин.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, диагностика, надёжность, испытания, процесс пуска, эксцентриситет ротора.

EXPERIMENTAL FACILITY FOR DIAGNOSTICS OF STATIC ECCENTRICITY OF THE ROTOR OF ASYNCHRONOUS MOTORS

¹Prudnikov A.Yu., ¹Bonnet V.V., ¹Loginov A.Yu., ²Bonnet Y.V.

¹FSBEI HE Irkutsk SAU

Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

²Moscow State Technical University named after N.E. Bauman,
Moscow, Russia

Ensuring the reliability of electrical equipment in agriculture remains an urgent problem, since difficult operating conditions and an aggressive environment impede its rational use. The high accident rate of asynchronous motors is invariably due, in most cases, to the failure of the interturn insulation and interphase short circuits or short circuits to the housing. In this case, the probability of an emergency situation increases with an increase in the radial clearance in the bearings and, as a result, the occurrence of a static eccentricity of the rotor of an induction motor - displacement of the rotor axis relative to the stator axis. Eccentricity significantly reduces the technical and economic performance of the motor, as the current consumed by the motor increases, efficiency decreases, the machine overheats from overload, and additional heating occurs in the bearings themselves, so its timely diagnosis is an urgent task. In previous works, we have described a method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an induction motor, based on the analysis of an indirect indicator - the rotor speed during start-up. As a diagnostic sign, the amplitude of the change in the rotor speed in the section of the starting characteristic was used immediately after the rotor reaches the nominal speed. The obtained value is compared with the reference value, and diagnostics are performed based on the analysis. The article describes the experimental setup, which includes an induction sensor, a flexible adapter and a calibrated gear disk. With a relatively simple device, the installation allows you to quickly obtain diagnostic information without stopping the process. With simple changes in the design of the installation, it can be used to diagnose engines used in the drives of various machines.

Keywords: asynchronous motor, diagnostics, reliability, testing, start-up process, rotor eccentricity.

Широкое применение асинхронных двигателей на сельскохозяйственных предприятиях обусловлено их сравнительно не высокой стоимостью, простой конструкцией и хорошими рабочими характеристиками. Несмотря на то, что двигатели, выпускаемые промышленностью, имеют разную степень защиты от воздействия окружающей среды, именно агрессивная среда и тяжелые эксплуатационные условия являются основными факторами, снижающими их срок службы в агропромышленном комплексе [9].

Основными элементами асинхронных двигателей, состояние которых влияет на его надежность, являются обмотки статора и подшипники [4]. Контроль состояния межвитковой изоляции и радиального зазора в подшипниках остаются важнейшими задачами при проведении осмотров и текущего ремонта.

Увеличение радиального зазора в подшипниках приводит к возникновению статического эксцентриситета ротора асинхронного двигателя [10]. Появление этого дефекта приводит к снижению КПД двигателя, повышенным местным нагревам, перерасходу электроэнергии и вызывает преждевременный выход из строя межвитковой изоляции, что приводит к дорогостоящему ремонту. Современные средства для измерения радиального зазора в подшипниках подробно описаны в работе [2].

Нами поставлена задача разработать способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя, который можно

реализовать на действующих двигателях без остановки технологического процесса. При этом длительность измерений должна быть минимальной, как и время обработки результатов. Нами был предложен такой способ, основанный на анализе частоты вращения ротора в режиме пуска [3, 7]. Современная промышленность предлагает достаточно большой ассортимент средств измерения частоты вращения, но применить их для вышеуказанного способа невозможно, так как они включают в себя определенный алгоритм обработки данных и дают среднее значение оборотов.

Для того чтобы снять зависимость частоты вращения ротора от времени в лабораторных условиях нами применялась экспериментальная установка, основными элементами которой были диск с калиброванными отверстиями, закрепленный на валу двигателя, и светодиодный датчик [5, 11, 13, 14]. Однако при проведении испытаний на производственных объектах установка такого устройства не всегда удобна. В частности, это касается асинхронных двигателей, используемых в приводах вытяжных вентиляторов птичников. Поэтому нами была предложена экспериментальная установка, аналоговый сигнал в которой считывается аналого-цифровым преобразователем с индукционного датчика (рис. 1).

Установка, представленная на рисунке 1, обеспечивает возможность получения зависимости частоты вращения ротора от времени, без монтажа на двигатель датчиков и прочих устройств. Достаточно приставить наконечник преобразователя к болту, которым вентилятор крепится к валу двигателя. Для этого в преобразователе выполнена специальная выемка соответствующая геометрическим размерам головки болта. Основным материалом, из которого изготовлен переходник, является резина, что позволяет избежать влияния несоосности вала двигателя и переходника на результаты измерений, а также компенсирует биение, если вал двигателя искривлен или эксцентриситет ротора достиг значений, превышающих критические.

Преимуществом приведенной экспериментальной установки является возможность быстро получить зависимость частоты вращения ротора двигателя от времени без установки специального оборудования. Для этого нужно соединить преобразователь с болтом, которым вентилятор прикручен к валу асинхронной машины. На гибком переходнике для этого предусмотрена канавка в форме шестигранника (рис. 2). Применение гибкого переходника из резины исключает влияние его несоосности валу двигателя на результаты измерений [6].

Согласно паспортным данным индукционный первичный преобразователь ПрП-2-1 генерирует выходной аналоговый сигнал в виде напряжения с амплитудой 0.4 В. Расстояние от датчика до зубчатого диска должно выдерживаться 1.5-2.5 мм. Максимальное значение частоты вращения, которое можно измерить данным преобразователем, составляет 5000 об/мин. Этого достаточно для исследования работы асинхронных

двигателей, применяемых в вытяжных вентиляторах птичников, частота вращения ротора которых, даже при работе с частотными преобразователями, не превышает 3000 об/мин [6].

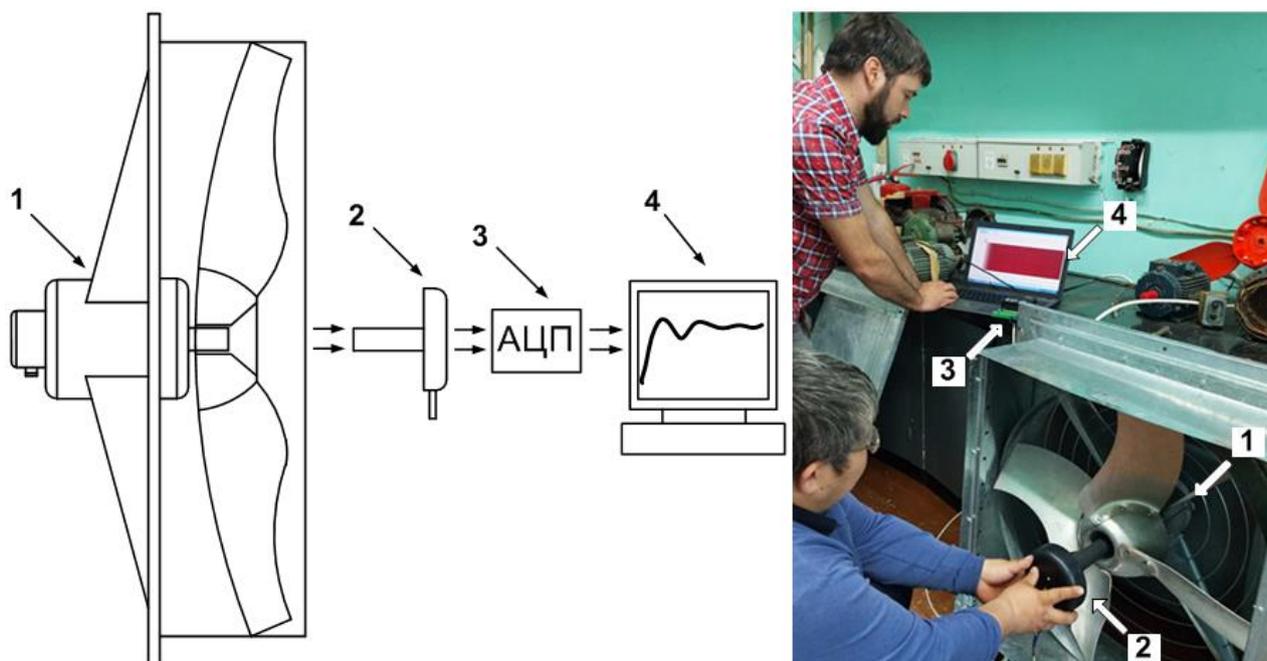


Рисунок 1 – Структурная схема и внешний вид экспериментальной установки на базе индукционного преобразователя

1 – асинхронный двигатель, 2 – преобразователь, 3- АЦП, 4 - компьютер

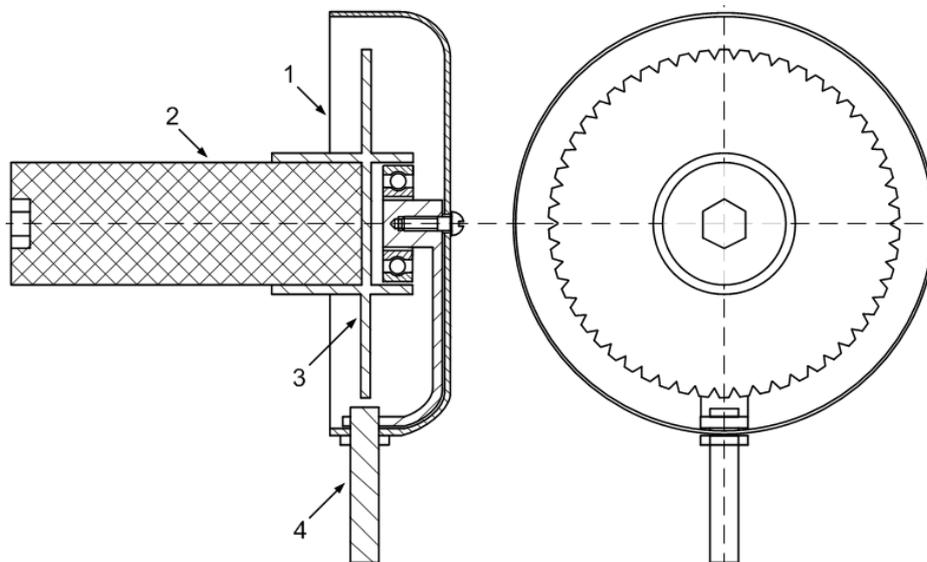


Рисунок 2 – Схема преобразователя

1 - корпус; 2 - резиновый переходник; 3 – калиброванный зубчатый диск; 4 – индукционный первичный преобразователь ПрП-2-1.

С преобразователя сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь, а далее на персональный компьютер. Для анализа полученных зависимостей рекомендуется использовать специальное программное обеспечение, описанное в работах [8, 12], позволяющее значительно ускорить процесс обработки экспериментальных данных и исключить человеческий фактор [1, 6].

При настройке сценария эксперимента в пакете прикладных программ аналого-цифрового преобразователя важно установить частоту дискретизации, которой будет достаточно, чтобы получить необходимую диагностическую информацию. При этом завышать данный показатель не стоит, так как будет получен слишком большой объем данных, а у некоторых преобразователей это повлечет и уменьшение времени эксперимента. На рисунке 3 приведена пусковая кривая двигателя мощностью 0.37 кВт с вентиляторной нагрузкой.

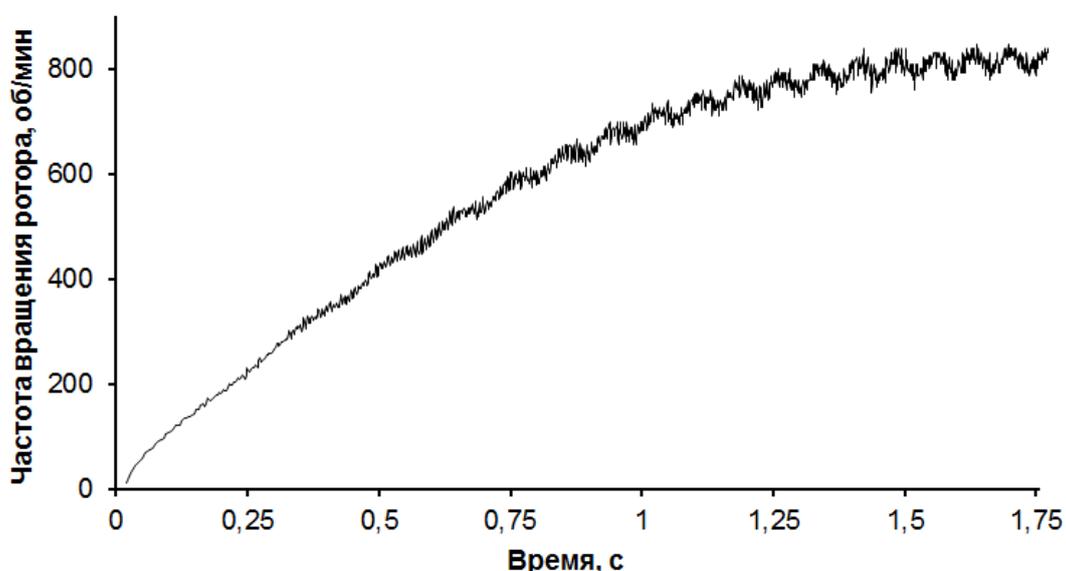


Рисунок 3 – Пусковая диаграмма асинхронного двигателя под нагрузкой

На рисунке 3 видно, что частота вращения ротора, даже после достижения номинальных оборотов, не постоянна. В целом форма кривой повторяемая, но имеются особые точки максимума и минимума оборотов, которые важны при диагностике. Достаточная частота дискретизации аналого-цифрового преобразователя была определена нами экспериментальным путем и составила 200 кГц для асинхронных двигателей с тремя парами полюсов [6].

Описанная в статье установка позволяет оперативно получить диагностическую информацию с асинхронных двигателей, используемых в приводах вентиляторов птичников и других технологических объектов, в процессе эксплуатации. Устройство установки отличается простотой, что позволит осуществлять получение диагностической информации силами сотрудников электротехнических служб сельскохозяйственных предприятий

без привлечения узкоспециализированных специалистов. Еще одним преимуществом представленной установки является ее мобильность, при ее использовании не нужно монтировать датчики в каждый двигатель. При изменении формы наконечника резинового переходника возможно использование установки для снятия характеристик с двигателей, используемых в других технологических процессах.

Список литературы

1. Боннет, В.В. Статистическая оценка параметров изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя / В.В. Боннет, А.Ю. Прудников // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 125-130.

2. Некрасов, А.А. Повышение эксплуатационной надежности электродвигателей в сельскохозяйственном производстве: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Некрасов Антон Алексеевич. – Москва, 2015. – 131 с.

3. Патент № 2589743 С2 Российская Федерация, МПК G01R 31/34, H02K 17/16. Способ определения эксцентриситета ротора асинхронного электродвигателя: № 2014125793/07: заявл. 25.06.2014: опубл. 10.07.2016 / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Иркутская государственная сельскохозяйственная академия".

4. Патент № 2708533 С1 Российская Федерация, МПК G01M 13/04. Способ эксплуатационного контроля технического состояния подшипников и обмотки статора электродвигателя: № 2019116878: заявл. 31.05.2019: опубл. 09.12.2019 / А.И. Некрасов, Я.П. Лобачевский, А.А. Некрасов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

5. Прудников, А.Ю. Диагностика эксцентриситета ротора асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Матер. XI междунар. научно-практ. конф., Иркутск, 28–29 апреля 2022 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 303-309.

6. Прудников, А.Ю. Диагностика эксцентриситета ротора асинхронных двигателей, используемых в сельском хозяйстве: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Прудников Артем Юрьевич. – Москва, 2022. – 198 с.

7. Результаты проверки адекватности математического описания асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора / А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, Я.В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Матер. X нац. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских И.П., Молодёжный, 06-08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 236-243.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016618129 Российская Федерация. Автоматизированная система диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя: № 2016615678: заявл. 01.06.2016 : опубл. 21.07.2016 / А.Ю. Прудников, Б.Ф. Кузнецов, В.В. Боннет.

9. Тонких, В.Г. Метод диагностики асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве на основе анализа параметров их внешнего магнитного поля: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тонких Василий Геннадьевич. – Барнаул, 2009. – 181 с.

10. Akar, M. Diagnosis of static eccentricity fault in permanent magnet synchronous motor by on-line monitoring of motor current and voltage [Электронный ресурс] / M. Akar, I. Çankaya // Journal of electrical & electronics engineering. – 2009. – Vol. 9, no 2. – P. 959-967. – URL: https://www.researchgate.net/publication/267552191_Diagnosis_of_static_eccentricity_fault_in_permanent_magnet_synchronous_motor_by_on-line_monitoring_of_motor_current_and_voltage(дата обращения: 9.11.2022).

11. Method for determining the power of squirrel-cage induction motors / V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13-14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52009. – DOI 10.1088/1755-1315/421/5/052009.

12. Prudnikov, A.Yu. Automated system for processing diagnostic parameters of asynchronous motors for poultry house ventilation systems / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 20–22 июня 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 32019. – DOI 10.1088/1755-1315/315/3/032019.

13. Prudnikov, A.Yu. Method of diagnostics of the rotor eccentricity of an induction motor / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52030. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052030.

14. Prudnikov, A.Yu. Virtual model of an induction motor with rotor eccentricity / A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18-20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32017. – DOI 10.1088/1755-1315/548/3/032017.

References

1. Bonnet, V.V., Prudnikov A.Yu. Statisticheskaya otsenka parametrov izmeneniya chastoty vrascheniya rotora asinhronngo dvigatelya [Statistical estimation of the parameters of the rotor speed variation asynchronous to the motor]. Vestnik IrGSHA, 2017, no. 80, pp. 125-130.

2. Nekrasov, A.A. Povyshenie ekspluatacionnoj nadezhnosti elektrodvigatelej v sel'skohozyajstvennom proizvodstve [Improving the operational reliability of electric motors in agricultural production]. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, Moscow, 2015, 131 p.

3. Patent № 2589743 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK G01R 31/34, H02K 17/16. Sposob opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo elektrodvigatelya [Method for determining the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor]. No. 2014125793/07: zayavl. 25.06.2014 : opubl. 10.07.2016 / A.Yu. et all.; zayavitel' Federal'noe

gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Irkutskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya".

4. Patent № 2708533 C1 Rossijskaya Federaciya, МПК G01M 13/04. Spособ ekspluatacionnogo kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya podshipnikov i obmotki statora elektrodvigatelya [Method of operational control of the technical condition of bearings and stator winding of an electric motor]. No. 2019116878: zayavl. 31.05.2019: opubl. 09.12.2019 / A.I. Nekrasov et all.; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie "Federal'nyj nauchnyj agroinzhenernyj centr VIM" (FGBNU FNAC VIM).

5. Prudnikov, A.Yu et all. Diagnostika ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [Diagnostics of the eccentricity of the rotor of an asynchronous motor]. Molodezhnyj, 2022, pp. 303-309.

6. Prudnikov, A.Yu. Diagnostika ekscentrisiteta rotora asinhronnyh dvigatelej, ispol'zuemyh v sel'skom hozyajstve [Diagnostics of rotor eccentricity of asynchronous motors used in agriculture]. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, Moscow, 2022, 198 p.

7. Prudnikov, A.Yu. et all. Rezul'taty proverki adekvatnosti matematicheskogo opisaniya asinhronnogo dvigatelya s ekscentrisitetom rotora [Results of verification of adequacy of mathematical description of asynchronous motor with rotor eccentricity]. Molodezhnyj, 2022, pp. 236-243.

8. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM no. 2016618129 Rossijskaya Federaciya. Avtomatizirovannaya sistema diagnostiki ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya [Automated system for diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous motor]. No. 2016615678: zayavl. 01.06.2016: opubl. 21.07.2016 / A.Yu. et all.

9. Tonkih, V.G. Metod diagnostiki asinhronnyh elektrodvigatelej v sel'skom hozyajstve na osnove analiza parametrov ih vneshnego magnitnogo polya [Method of diagnostics of asynchronous electric motors in agriculture based on the analysis of the parameters of their external magnetic field]: Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, Barnaul, 2009, 181 p.

Дата поступления в редакцию 01.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторах

Прудников Артем Юрьевич – старший преподаватель энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

Боннет Вячеслав Владимирович – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89500621904, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Логинов Александр Юрьевич – к.т.н., доцент энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Боннет Яков Вячеславович – студент факультета радиоэлектроники и лазерной техники. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (664047, Россия, г. Иркутск, Карла Либкнехта, 152, кв.8 тел. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@gmail.ru).

Information about the author

Prudnikov Artem Yu. – Senior lecturer, Energy Faculty, Department of Electrical and Physics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru).

Bonnet Vyacheslav V. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., Faculty of Energy Engineering, Department of Electrical and Physics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500621904, e-mail: bonnet74@mail.ru).

Loginov Alexandr Yu. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., Faculty of Energy Engineering, Department of Electrical and Physics. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041224153, e-mail: alexander_loginov@mail.ru).

Bonnet Yakov V. – Student of the Faculty of Radioelectronics and Laser Technology. Moscow State Technical University named after N.Uh. Bauman (152-8, Karla Libknekhta, Irkutsk, Russia, 664047, tel. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@gmail.ru).

УДК 631.362.35

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗЕРНОМЕТАТЕЛЯ ЗМ-60 НА БАЗЕ УНПУ “ОЁКСКОЕ” ИРКУТСКОГО ГАУ

Ц.В. Цэдашиев, И.Б. Егоров, А.В. Шистеев

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Основной целью деятельности учебных-научно-производственных участков при высших учебных заведениях, в том числе УНПУ “Оекское”, является организация процесса прохождения студентами и аспирантами практик различного уровня, получение ими специализированных компетенций, знаний и навыков, соответствующих профилям специальностей и направлений.

С целью общего технико-экономического развития производственной площадки на базе ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ в 2022 году, в период посевных работ было задействовано около 1000 гектар земель сельскохозяйственного назначения закрепленных за университетом, проведены посадки пшеницы (сорта “Элитная”, “Элитная Супер” и др.), рапса, картофеля, капусты, а также многолетних трав для уборки на сенаж.

Сведения об урожайности культур, использованные в работе, приведены по анализу отчетов хозяйства по проведенным типам работ. Впервые за многие годы урожай пшеницы составил порядка 2000 тонн, что обуславливает потребность производственного участка в использовании специального зерноочистительного, зерносушильного и транспортного оборудования в процессе сохранения главных пищевых качеств зерна при складировании.

В настоящей работе рассмотрено устройство и принцип работы зернометателя ЗМ-60, приведены расчеты передаточного отношения клиноременной передачи привода барабанов триммера. Вычисления выполнены с целью восстановления работоспособного состояния оборудования путем изменения рабочих диаметров его шкивов и, соответственно, изменения скоростных параметров. Исследование показывает, что внедрение таких ремонтно-восстановительных конструктивных изменений, однозначно, приводит к повышению общего ресурса данной сельскохозяйственной машины, значительному улучшению качества и плотности потока зерна по направляющей основного выводящего шнека.

Ключевые слова: ремонт, восстановление работоспособности, зерно, транспортировка, хранение.

**RESTORATION OF WORKING CAPABILITY OF THE ZM-60 GRAIN THROWER
ON THE BASIS OF ERPS "OYOKSKOYE" OF IRKUTSK SAU**

Tsedashiev Ts.V., Egorov I.B., Shisteev A.V.

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

The main purpose of the activities of educational, scientific and industrial sites at higher educational institutions, including ERPS "Oekskoye", is to organize the process of undergraduate and graduate students passing practices at various levels, obtaining specialized competencies, knowledge and skills corresponding to the profiles of specialties and directions.

For the purpose of general technical and economic development of the production site on the basis of the Irkutsk State Agrivultural University in 2022, during the sowing period, about 1000 hectares of agricultural land assigned to the university were involved, wheat was planted (varieties "Elite", "Elite Super", etc.), rapeseed, potatoes, cabbage, as well as perennial grasses for harvesting haylage.

Information about crop yields used in the work is given according to the analysis of farm reports on the types of work carried out. For the first time in many years, the wheat harvest amounted to about 2000 tons, which necessitates the production site to use special grain cleaning, grain drying and transport equipment in the process of preserving the main nutritional qualities of grain during storage.

In this paper, the device and principle of operation of the ZM-60 grain thrower are considered, the calculations of the gear ratio of the V-belt drive of the trimmer drum drive are given. Calculations were made in order to restore the working condition of the equipment by changing the working diameters of its pulleys and, accordingly, changing the speed parameters. The study shows that the introduction of such repair and restoration design changes unequivocally leads to an increase in the total resource of this agricultural machine, a significant improvement in the quality and density of the grain flow along the guide of the main output auger.

Keywords: repair, restoration of working capacity, grain, transportation, storage.

Введение. Производство зерна является основой устойчивого функционирования агропромышленной отрасли, носит системообразующий характер для других сегментов экономики страны, задаёт уровень продовольственной безопасности граждан и служит своеобразным индикатором экономического благосостояния государства.

Повышение количества производимого зерна – основная задача сельскохозяйственного комплекса. Вместе с увеличением показателя производства зерна внимание обращается и на улучшение качества зерна, уменьшение потерь во время его производства, а также на увеличения производства пшеницы, а также других важных культур. Для успешного решения поставленных задач важно улучшать как эксплуатацию, так и техническое обслуживание агротехники, в том числе зернового транспортного оборудования.

Цель – восстановление работоспособного состояния зернометателя модели ЗМ-60 на учебно-научном производственном участке "Оекское" для

обеспечения процесса погрузочно-разгрузочных работ, перелопачивания и сушки зерна.

Задачей восстановления является возвращение в строй оборудования хозяйства, которое пришло в негодность в связи с недостаточной организацией технического обслуживания и ремонта, проведение технологического подбора недостающих частей и элементов.

Методы исследования. В работе использованы самые простые и распространенные способы определения износа деталей и механизмов: визуальный, микрометрическое измерение, определение частиц металла в масле [5]. Например, визуальный метод позволяет выявить износы, видимые невооруженным глазом – это изгибы, трещины, нарушение сварочных швов, коррозия и так далее. Метод микрометрических измерений заключается в определении размеров деталей после отработки на машине и сопоставлении их с первоначальными размерами, математическая обработка данных.

Результаты и обсуждение. Самым трудоемким процессом в зерновом производстве, особенно в хозяйствах, географически расположенных на территориях с резко континентальным климатом, к которым относится Иркутская область, является уборка зерна и его последующая обработка. Для рациональной организации этого процесса требуется выбор самых эффективных из существующих технологий и технических средств, определение оптимальных размеров и географического размещения зернообрабатывающих комплексов, организация их работы в системе уборочного конвейера [9].

УНПУ “Оекское” – это учебный научно-производственный участок Иркутского ГАУ, одной из основных целей деятельности которого является организация процесса прохождения студентами, аспирантами практик различного уровня, получение ими специализированных компетенций, знаний и навыков, соответствующих профилям специальностей и направлений.

Хозяйство в период посевных работ задействовало порядка 1000 га земель сельскохозяйственного назначения, проведены посадки пшеницы, рапса, картофеля, капусты, а также многолетних трав для уборки на сенаж. Зернообрабатывающий комплекс хозяйства представляет собой зерноочистительное, зерносушильное и транспортное оборудование [6, 7, 8].

В транспортное оборудование УНПУ “Оекское” входит установка ЗМ-60 1985 года выпуска. Зернометатель является самопередвижным оборудованием, созданным для механизации процесса погрузочно-разгрузочных работ на специальных открытых площадках с твердым покрытием и зерновых складских помещениях. Его роль заключается в выполнении погрузки зерна в транспортные средства, механическое перелопачивание зерна, обеспечение метания зерна на расстояние более 10 метров при высоте складирования 4 метра, сепарацию зерна с отсеиванием легких примесей.

Конструкция ЗМ-60 состоит из рамы с ходом 1, рамы поворотной 2, загрузочного транспортера 3, триммера с трубой 4, механизма самохода 5, пульта с электрооборудованием 6. Триммер позволяет формировать бурты с одним гребнем при нескольких проходах. Зерно при погрузке, разгрузке распределяется равномерно, что позволяет обеспечивать качественную просушку. Рабочие органы установлены на сварной раме. Поворотная рама соединяет триммер и раму с ходом и позволяет осуществлять поворот триммера, в общем, на 180°.



Рисунок 1 – Внешний вид и конструкция ЗМ-60 до проведения ТО и ремонта

Рабочий процесс зернометателя ЗМ-60 организовывается следующим образом: скребковые питатели погрузчика перемещают зерновой материал в центр установки, откуда по загрузочному транспортеру зерно подается в триммер, далее в триммерах зерновая масса перемещается на бесконечные ленты, где она приобретает высокую скорость и поступает наружу для дальнейшего перемещения на склады.

В таблице приводятся основные показатели производительности, габариты установки, скорость передвижения и т.д.

Общему повышению надежности сельскохозяйственных устройств при работе в большей степени способствует грамотная организация и своевременное проведение технического обслуживания в полном объеме, поскольку основной задачей ТО является поддержание и продление жизненного цикла сельскохозяйственных машин и механизмов [3, 4].

Превентивное проведение ремонтов и своевременное техническое обслуживание позволяют своевременно обнаруживать и устранять неисправности и отказы, возникающие в процессе эксплуатации машин, а также причины, которые могут их вызвать [10].

Таблица – Технические характеристики ЗМ-60

Технические эксплуатационные характеристики и устройства	
Марка агрегата для зерновых	ЗМ-60
Тип и вид установки	Зернометатель самопередвижной
Привод, обеспечивающий движение	электрический
Производительность зернопогрузчика за 1 час основного рабочего времени, т	До 60
Дальность метания зерновых от места сбора зерна питателями, м, до	10
Высота метания зерновых, м, до	4
Скорость движения приводной ленты триммера, м/с не менее	14,2
Рабочая скорость всей установки, км/ч	от 0 до 0,35
Транспортная скорость при буксировке, км/ч	5
Масса машины полная, кг.	630±50
Габаритные размеры зернометателя ЗМ-60 в рабочем положении, мм	
- длина	5250±100
- ширина	2000±100
- высота	3200±100
Ширина бесконечной ленты, мм	300±5
Количество скребков транспортера установки, шт.	26
Размеры скребков, мм	120x75
Скорость автоматической цепи со скрепками транспортера, м/с	не более 1,7
Шаг установки скребков в цепи, мм	152
Ширина захвата оборудования, м	2
Трудоемкость досборки машины в хозяйстве, чел/час, не более	4
Обслуживающий персонал, чел	1

Таким образом, техническое обслуживание для УНПУ “Оекское” является одним из важнейших факторов проведения профилактических мероприятий строго по графику и в срок. Некачественный уход, позднее обнаружение потребности в оборудовании, а также время, потраченное на ожидание ремонта, становится для хозяйства во главу угла по решению задачи об общей рентабельности.

Запущенность оборудования и полное отсутствие оригинальных запасных частей, как новых, так и бывших в употреблении, стало самой главной проблемой в процессе восстановления зернометателя [1, 2].

Разработка плана приведения ЗМ-60 в работоспособное состояние включала в себя обязательные позиции: обработка заявки на ремонт, дефектовка, восстановление деталей и узлов зернометателя, проведение тестовых испытаний, ввод агрегата в эксплуатацию.

В связи с отсутствием шкива с необходимым диаметром, для ремонта с целью замены потребовалось провести расчет передаточного отношения шкивов главной передачи триммера (рис. 2).

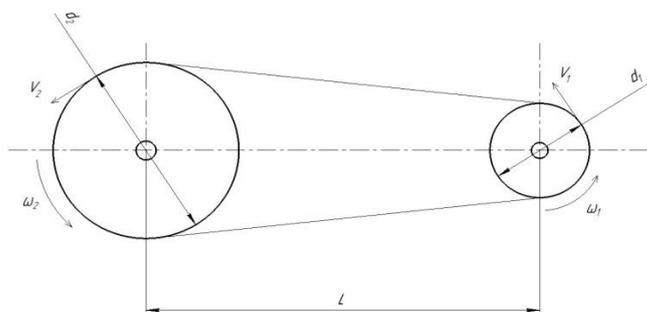


Рисунок 2 – Схема клиноременной передачи триммера ЗМ-60

Передаточное отношение при $d_2 = 250$ мм:

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{250}{150(1-0,017)} = 1,7.$$

Передаточное отношение при $d_2 = 280$ мм:

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{280}{150(1-0,017)} = 1,9.$$

Частота вращения приводного вала составляет 1500 об/мин или

$$v_1 = 1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 25 \frac{\text{об}}{\text{сек}}.$$

Значения угловых скоростей:

$$\omega_1 = 2\pi \times v_1 = 6,28 \times 25 = 157 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i} = \frac{157}{1,9} = 82,63 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

По результатам расчётов был подобран другой шкив большего диаметра, установлен двигатель номинальной частотой 1500 оборотов в минуту. Результатом работы стало восстановление ЗМ-60 (рис. 3).



Рисунок 3 – Восстановленный ЗМ-60 в процессе работы

Выводы. 1. По итогам проведенных работ показано, что для установки ЗМ-60 в случае использования шкива большего диаметра – наиболее подходящим двигателем является электродвигатель марки 4А100S4УПУЗ, мощностью 3 кВт и номинальной частотой 1500 об/мин, внедренный на базе производственного участка силами инженерного факультета.

2. Математический расчет передаточного отношения клиноременной передачи, путем наложения на производственные действия подтвердил, что снижение скорости выгрузки зерна положительно сказывается на отсеивании сорных примесей в зерновом материале.

Список литературы

1. Белоусов, И.В. К восстановлению работоспособности машины заменой отказавшего элемента / И.В. Белоусов, А.С. Тронц, М.К. Бураев // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Матер. X нац. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских И.П., Молодёжный, 06-08 октября 2022 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 98-104.

2. Бураева, Г.М. К организации агрегатного ремонта машин // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Матер. X нац. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских И.П., Молодёжный, 06-08 октября 2022 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 116-123.

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

4. Бураев, М.К. Оценка технического состояния машин с учетом уровня производственно-технической эксплуатации / М.К. Бураев, А.В. Шистеев, А.С. Тронц // В сб.: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии // Матер. VIII междунар. научно-практ. конф., 2019. – С. 17-23.

5. Жабин, А.Ю. К обоснованию методики экспериментального исследования ресурса машин в зональных условиях / А.Ю. Жабин, А.В. Шистеев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 33. – С. 18-25.

6. Ильин, П.И. Сушка семян зерновых культур в условиях мелкотоварного производства / П.И. Ильин, Ц.В. Цэдашиев, Л.Н. Цэдашиева // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2017. – № 24. – С. 48-54.

7. Цэдашиев, Ц.В. Применение и обслуживание зерносушильного оборудования КФХ / Ц.В. Цэдашиев, А.И. Аносова, П.И. Ильин, М.К. Бураев // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: матер. XI Междунар. научно-практ. конф., Иркутск, 28-29 апреля 2022 года. – п. Молодежный: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2022. – С. 372-379.

8. Цэдашиев, Ц.В. Техническое обслуживание зерносушилок / Ц.В. Цэдашиев, М.К. Бураев // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Матер. X нац. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских И.П., Молодёжный, 06-08 октября 2022 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 211-218.

9. Цэдашиев, Ц.В. Улучшение показателей качества работы машин для послеуборочной обработки зерна / Ц.В. Цэдашиев, Е.В. Елтошкина // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 3. – С. 81-84.

10. Шистеев, А.В. Восстановление работоспособности импортной сельскохозяйственной техники с использованием сменно-обменных элементов / А.А. Шистеев // Вестник КрасГАУ. – 2015, № 3 (102). – С. 35-40.

References

1. Belousov, I.V. et all. K vosstanovleniyu rabotosposobnosti mashiny zamenoj otkazavshogo elementa [To restore the machine's operability by replacing a failed element]. Molodezhnyj, 2022, pp. 98-104.

2. Buraeva, G.M. K organizacii agregatnogo remonta mashin [To the organization of aggregate repair of machines]. Molodezhny, 2022, pp. 116-123.

3. Buraev, M.K. et all. Vliyanie urovnya proizvodstvenno-tekhnicheskoj ekspluatatsii na resursnye parametry mashin [The influence of the level of production and technical operation on the resource parameters of machines]. Actual issues of agrarian science, 2019, no. 32, pp. 5-11.

4. Buraev, M.K. et all. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya mashin s uchetom urovnya proizvodstvenno-tekhnicheskoj ekspluatatsii [Assessment of the technical condition of machines taking into account the level of production and technical operation]. Molodezhny, 2019, pp. 17-23.

5. Zhabin, A.Yu., Shisteev A.V. K obosnovaniyu metodiki eksperimental'nogo issledovaniya resursa mashin v zonal'nyh usloviyah [To substantiate the methodology of experimental research of the resource of machines in zonal conditions]. Actual issues of agrarian science, 2019, no. 33, pp. 18-25.

6. Ilyin, P.I. et all. Sushka semyan zernovykh kul'tur v usloviyah melkotovarnogo proizvodstva [Drying of grain seeds in conditions of small-scale production]. Actual issues of agrarian science, 2017, no. 24, pp. 48-54.

7. Tsedashiev, Ts.V. et all. Primenenie i obsluzhivanie zernosushil'nogo oborudovaniya KFh [Application and maintenance of grain drying equipment of the farm]. Molodezhny, 2022, pp. 372-379.

8. Tsedashiev, Ts.V., Buraev. M.K. Tekhnicheskoe obsluzhivanie zernosushilok [Technical maintenance of grain dryers]. Molodezhny, 2022, pp. 211-218.

9. Tsedashiev, Ts.V., Eltoshkina E.V. Uluchshenie pokazatelej kachestva raboty mashin dlya posleuborochnoj obrabotki zerna [Improving the quality indicators of machines for post-harvest grain processing]. Tractors and agricultural machinery, 2019, no. 3, pp. 81-84.

10. Shisteev, A.V. Vosstanovlenie rabotosposobnosti importnoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki s ispol'zovaniem smenno-obmennyyh elementov [Restoration of the operability of imported agricultural machinery using replaceable-exchange elements], Bulletin of KrasGAU, 2015, no. 3 (102). pp. 35-40.

Дата поступления в редакцию 06.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторах

Цэдашиев Цырендаши Владимирович – старший преподаватель кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Егоров Игорь Борисович – магистрант 1 курса инженерного факультета. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89041209854, e-mail: Igoresha.98@mail.ru).

Шистеев Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Технический сервис и инженерные дисциплины”. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

Information about the authors

Tsedashiev Tsyrendashi V. – Senior Lecturer, Department of Operation of the Machine and Tractor Park, Life Safety and Vocational Training of Engineering Faculty. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500834583, e-mail: thedashiev@mail.ru).

Egorov Igor B. – 1-st year Master Student of the Faculty of Engineering. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041209854, e-mail: Igoresha.98@mail.ru).

Shisteev Alexey V. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department “Technical Service and General Technical Disciplines” of the Engineering Faculty. FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89025608844, e-mail: drive-er@yandex.ru).

УДК 621.313

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
БЕСЩЕТОЧНОГО ТИПА В УСТРОЙСТВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И
ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН**

А.Г. Черных, О.Н. Шпак

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Техника точного высева семян постоянно совершенствуется в процессе непрерывного развития новых сельскохозяйственных технологий, связанных с возделыванием большинства сельскохозяйственных культур. Сказанное в полной мере относится к прецизионным сеялкам, как виду сельскохозяйственной техники для точного высева. В классическом конструктивном исполнении, высевающие устройства прецизионных сеялок обычно приводятся в действие опорным колесом и цепью со звездочками. В силу указанных конструктивных особенностей при высокой скорости движения сеялки, как правило, не удается обеспечить необходимую точность высева в силу проскальзывания опорного колеса при взаимодействии с грунтом, а также наличия вибрации цепи. Один из возможных путей решения проблем, упомянутых выше, заключается в разработке альтернативного способа передачи энергии на вход системы привода дозатора семян. Альтернативой механической приводной системе высевающих устройств являются дозаторы семян с приводом от электродвигателя в осевом направлении. При такой конструкции привода валы высевающих устройств, приводятся в движение группой электродвигателей прямо или косвенно. Приведение в действие каждого высевающего агрегата индивидуально с помощью малогабаритного электродвигателя на входе дозатора позволяет точно контролировать нормы высева в каждом ряду и останавливать в динамике посев там, где нет необходимости в посадке. Применение в качестве электропривода дозатора двигателя постоянного тока с прямым приводом бесщеточного типа, позволяет получить дозирующее устройство с

пониженным значением уровня энергопотребления, минимальными массогабаритными показателями и затратами на техническое обслуживание. Учитывая, что система управления частотой вращения устройства для дозирования семян определяет рабочее состояние сеялки применительно к расстоянию между семенами и требуемой нормы высева, управляемость двигателя постоянного тока бесщеточного типа в предложенной структуре регулирования скорости была исследована методами математического моделирования в интегрально-программируемой среде MatLab-Simulink.

Ключевые слова: прецизионная сеялка, дозатор семян, точный высев, электропривод, двигатель постоянного тока, полый ротор.

INVESTIGATION OF THE OPERATION OF BRUSHLESS DC MOTOR IN SEED DISTRIBUTION AND DOSING DEVICE

Chernykh A.G., Shpak O.N.

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

The technique of precision seeding is constantly being improved in the process of continuous development of new agricultural technologies associated with the cultivation of most crops. The above fully applies to precision seeders as a type of agricultural machinery for precision seeding. In a classic design, the metering units of precision seed drills are usually driven by a support wheel and sprocket chain. Due to these design features, at a high speed of movement of the seeder, as a rule, it is not possible to provide the necessary accuracy of sowing due to slippage of the supporting wheel when interacting with the ground, as well as the presence of chain vibration. One of the possible ways to solve the problems mentioned above is to develop an alternative way to transfer energy to the input of the seed meter drive system. An alternative to a mechanical seed meter drive system is axially driven seed metering by an electric motor. With this drive design, the shafts of the sowing devices are driven by a group of electric motors directly or indirectly. Actuating each sowing unit individually with a small-sized electric motor at the metering inlet allows you to accurately control the seeding rates in each row and stop sowing in dynamics where there is no need for planting. The use of a direct-drive brushless type DC motor as an electric drive of the dispenser makes it possible to obtain a dispenser with a reduced level of energy consumption, minimum weight and size indicators and maintenance costs. Considering that the speed control system of the seed metering device determines the operating state of the seeder in relation to the distance between seeds and the required seeding rate, the controllability of the brushless DC motor in the proposed speed control structure was studied by mathematical modeling methods in the integrated programmable environment MatLab-Simulink.

Keywords: precision seed drill, seed dispenser, precise seeding, electric drive, DC motor, hollow rotor.

Введение. Использование ресурсосберегающих технологий в системе природоохранного земледелия позволяет повысить производительность труда, эффективно использовать ресурсы и улучшить качество почвы и диверсификацию посевов [6, 8]. В свою очередь, развитие указанных технологий связанное с планированием и управлением землепользованием должно проходить с учетом возможного негативного воздействия на развивающиеся сельскохозяйственные ландшафты, особенно вблизи городов

[7]. Обработка почвы используется для подготовки почвы перед посевом многих культур [4]. При этом основной целью обработки почвы является не только уничтожение сорняков и вредителей, но и улучшения текстуры почвы для высококачественной посадки семян, прорастания семян и легкого роста корней рассады [5].

Пропашные сеялки или сеялки для одиночного посева семян широко используются на протяжении десятилетий. Обычно указанные машины содержат, по меньшей мере, один вращающийся диск для удержания и подачи семян, подлежащих высеву, и средства для высвобождения и подачи семян в борозды на земле на определенной глубине и расстоянии [1]. Вращающиеся диски содержат отверстия, карманы, гнезда или зубья для удержания семян с помощью вакуума или положительного давления воздуха, которое прерывается в желаемой точке, чтобы позволить семенам упасть на землю.

Как правило, высевающие машины имеют несколько дозирующих дисков и один приводной узел для их одновременного вращения. При количестве дозирующих дисков 20 и более, приводной узел является громоздким, сложным и дорогостоящим. Конструктивные особенности узла не позволяют осуществлять индивидуальную регулировку вращения каждого дозирующего диска, необходимую в случаях, когда высевающая машина отклоняется от прямолинейной траектории в соответствии с рецептурной картой. В этом случае во внутренних рядах расстояние между семенами слишком велико, в то время как во внешних рядах семена расположены слишком далеко друг от друга. Компенсация кривизны может быть устранена за счет использования гидравлических систем для индивидуального привода каждого диска. Тем не менее, индивидуальные приводы имеют сложные электронные средства управления, требующие, как дорогостоящего, так и постоянного обслуживания.

Выше упомянутые конструкционные и эксплуатационные недостатки могут быть преодолены за счет использования устройства для распределения или дозирования семян, приводимого в действие двигателем постоянного тока с прямым приводом бесщеточного типа, с высоким крутящим моментом и полым цилиндрическим ротором соединенным соосно с дозирующим диском.

Применение двигателя с высоким крутящим моментом, непосредственно соединенного с вращающимися рабочими элементами дозатора семян, снижает потребность в редукторах, зубчатых передачах, ременной передаче и других вспомогательных компонентах передачи. Это приводит к уменьшению или полному исключению элементов механической передачи между источником питания и нагрузкой, обеспечивая существенное снижение потерь мощности, шума и вибраций, а также к повышению эффективности работы сеялки в целом за счет снижения затрат на техническое обслуживание вспомогательных элементов трансмиссии.

Кроме того, выбранная конструкция привода исполнительного механизма дозатора позволяет разместить непосредственно двигатель в его корпусе, уменьшить общий размер устройства и частично или полностью защитить двигатель от внешних воздействий.

Цели исследования. На примере разработанной структурной схемы регулирования скоростью двигателя постоянного тока с полым ротором предлагается исследовать управляемость двигателя с учетом целевого значения скорости высевающей пластины дозатора, расстояния между семенами и количеством отверстий на пластине методами математического моделирования в интегрально-программируемой среде MatLab-Simulink.

Материалы, методы и объекты исследований. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами традиционной конструкции имеют щетки для передачи мощности на обмотки якоря. Искрение щетки вызывает электронный шум и проблемы с обслуживанием из-за износа самих щеток. Для решения этих проблем был разработан бесщеточный двигатель постоянного тока, в котором коммутация щетки заменена на электронный тип. Поскольку электронная коммутация в точности повторяет коммутацию щетки в обычных двигателях постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока имеет тождественное линейное выражение, крутящий момент-скорость, характеризуется теми же константами двигателя и подчиняется тем же уравнения электромеханического равновесия. Двигатели с полым ротором сохраняют пропорции бесщеточных двигателей, имеют существенно меньшую электромеханическую постоянную времени и измененный способ намотки на ярмо якоря в форме цилиндра, соответствующий схеме Фалхабера [10].

Общий вид вакуумного высевающего аппарата Kinze True Rate с приводом бесщеточного типа показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды проекций спереди и сзади аппарата Kinze True Rate

Прорези спереди и сзади корпуса предназначены для обеспечения максимального потока разряженного воздуха камеры через высевающий аппарат. Большое число прорезей для вентиляции позволяет исключить попадание мусора в аппарат и его последующую закупорку.

Верхняя и нижняя половинки аппарата приведены на рисунке 2.

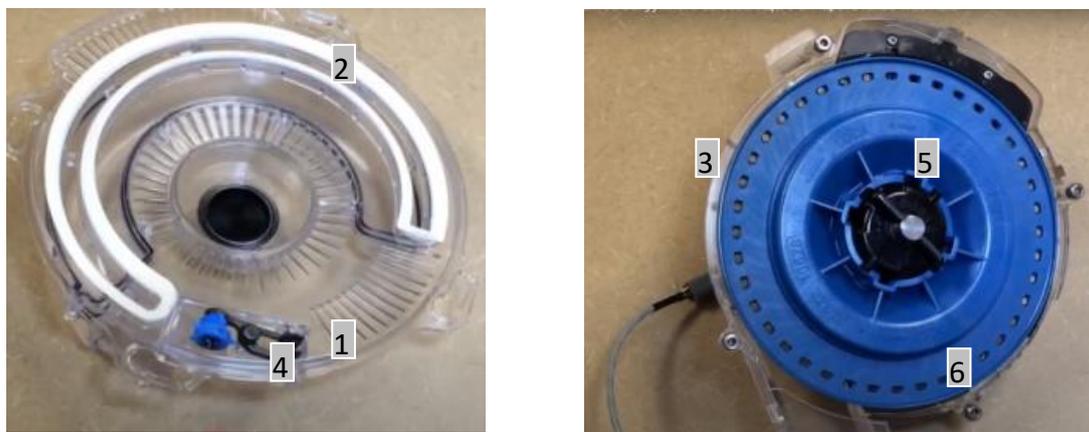


Рисунок 2 – Составные части вакуумного корпуса аппарата Kinze True Rate

Цифры на рисунке 2 соответствуют: 1 – верхняя половина корпуса; 2 – вакуумное уплотнение; 3 – нижняя половина корпуса; 4 – выталкиватель; 5 – отверстие для механического привода (заглушено); 6 – высевающий диск.

Выталкиватель предназначен для движения по обратной стороне высевающего диска с целью удаления мусора и последующего вакуумирования каждой ячейки диска.

Все изнашивающиеся компоненты в высевающем аппарате имеют ресурс минимум 240÷360 га на ряд.

Параметры двигателя с полым ротором приведены в таблице.

Таблица – Параметры модели двигателя с полым ротором

Параметры	Значение
Число пар полюсов	6
Наружный радиус внешнего ротора, мм	96
Внутренний радиус внешнего ротора, мм	86
Толщина постоянного магнита, мм	3,45
Толщина воздушного зазора с полым цилиндрическим ротором, мм	4,55
Наружный радиус внутреннего ротора, мм	78
Внутренний радиус внутреннего ротора, мм	70
Остаточная индукция постоянных магнитов, Тл	1,1
Коэрцитивная сила постоянных магнитов, А/м	782

На рисунке 3 приведена структурная схема управления бесщеточного двигателя постоянного тока с полым ротором с генерацией широтно-импульсной модуляции и дискретным PI регулятором тока. В частности, схема определяет управление переменным напряжением постоянного тока для регулирования скорости двигателя. Управление импульсами силовых ключей инвертора осуществляется фазными токами гистерезиса на несущей частоте коммутации [2, 3].

Величина скорости ω_{ref} задается с учетом эксплуатационных требований к целевому значению рабочей скорости сеялки v (км/ч) и определяется выражением

$$n_{привод} = n_{пласт} \cdot i_{ов/пл} = 1666,7 \cdot v / (Z \cdot H),$$

где $n_{привод}$ и $n_{пласт}$ – частоты вращения приводного двигателя и высевающей пластины соответственно, об/мин; Z – установленное расстояние между семенами, см; H – количество высевающих отверстий на пластине, $i_{дв/пл}$ – передаточное отношение скорости двигателя к скорости высевающей пластины.

Система управления дозирующей системой регулирует входное напряжение двигателя на основе разницы между требуемой скоростью и фактической скоростью, которая контролируется датчиком Холла с целью обеспечения необходимого качества посадки [9].

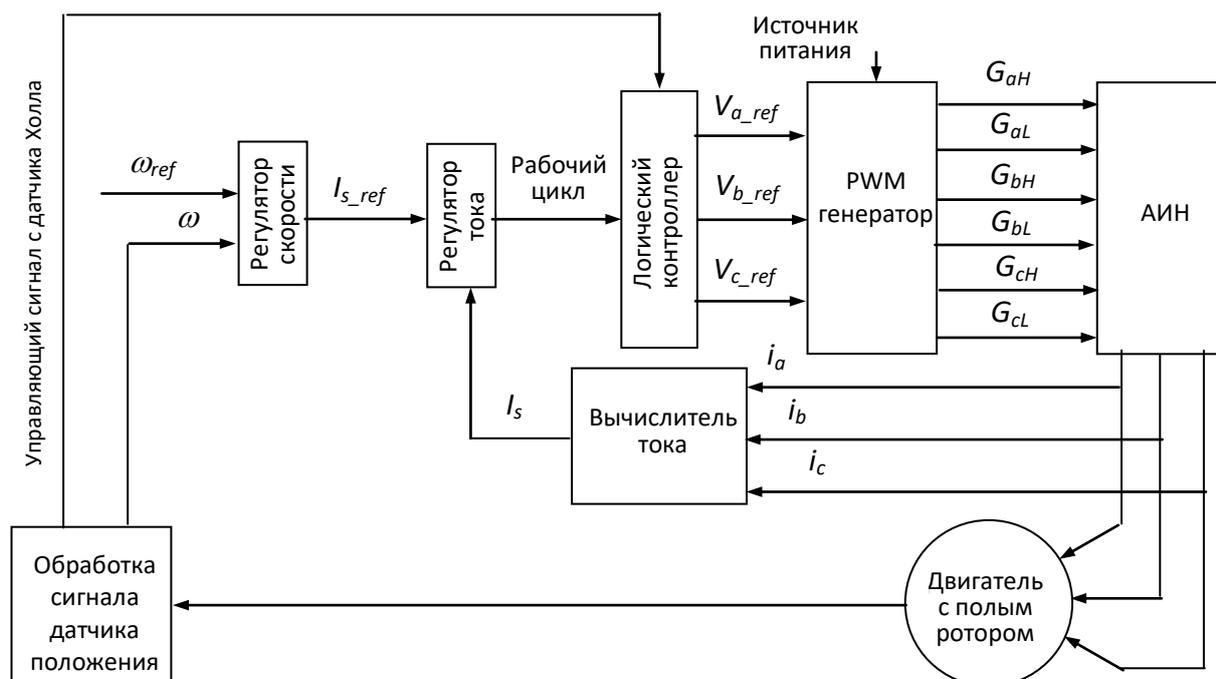


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления двигателем с полым ротором

Окно модели и результаты моделирования системы управления скоростью двигателя для структурной схемы (рисунок 3), приведены на рисунке 4 и рисунке 5.

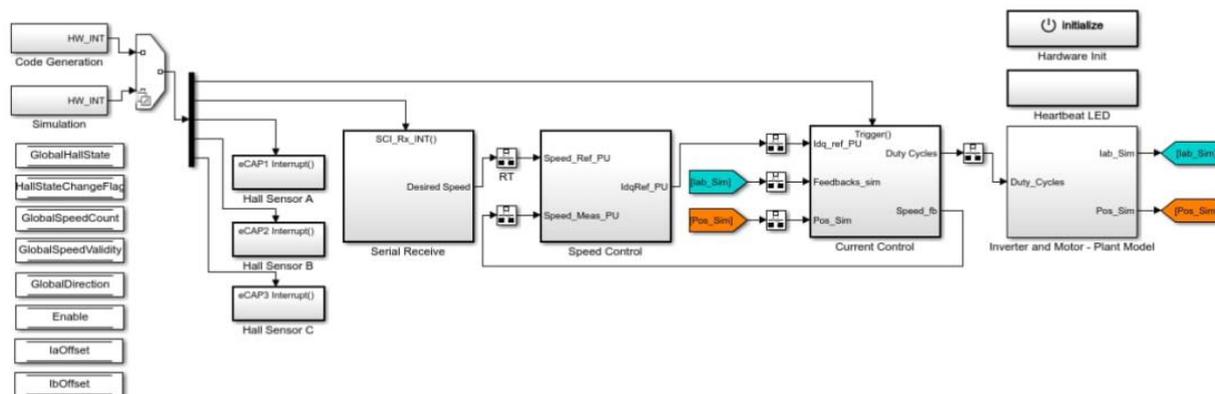


Рисунок 4 – Окно модели управления скоростью двигателя постоянного тока с полым ротором с использованием датчика Холла

Динамические кривые изменения скорости, момента и мощности двигателя получены с учетом заданных циклограмм его работы. Циклограммы на интервале времени от 0÷0.4 секунды определяют скачкообразные изменения текущих значений скорости и момента. В частности начальное значение скорости равно 20 об/мин, и по истечению времени, равного 0.2 сек, понижается до значения 10 об/мин. В свою очередь, в начальный момент времени тормозной момент двигателя принимается равным нулю и скачкообразно изменяется до значений 70 Н·м и 40 Н·м для моментов времени, равных 0.1 сек и 0.3 сек.

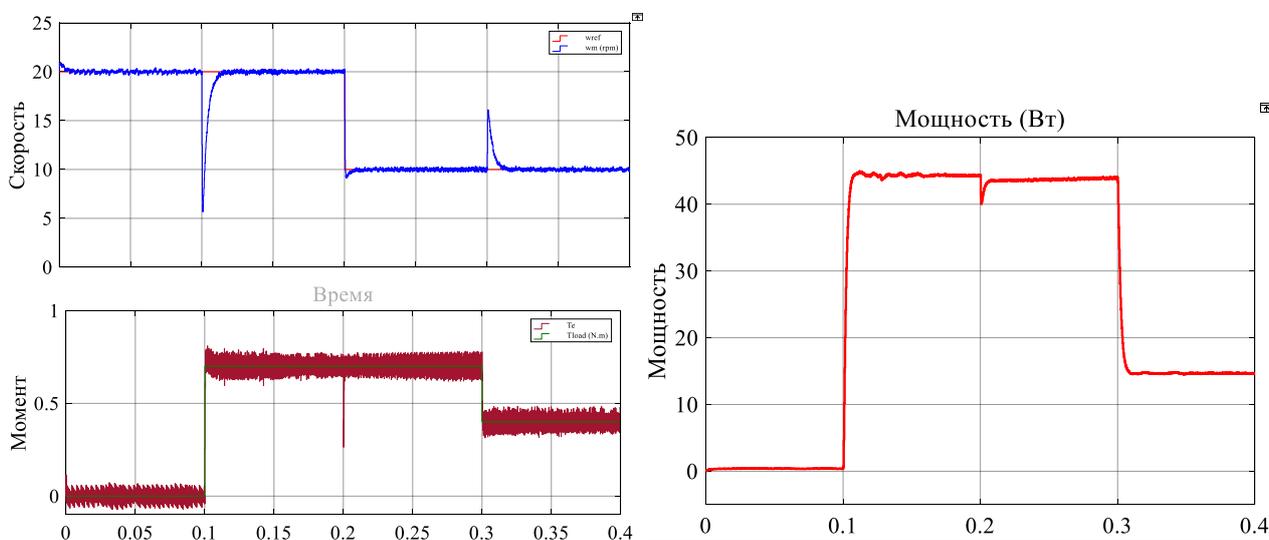


Рисунок 5 – Кривые мгновенных значений момента, скорости и мощности двигателя с полым ротором

Выводы. 1. Топология типа полых оболочек применительно к конструкции бесщеточных двигателей постоянного тока может быть использована при проектировании двигателей с более высокими энергетическими характеристиками и отношением крутящего момента к массе.

2. Динамическая ошибка регулирования скорости двигателя в соответствии с предложенной структурной схемой позволяет обеспечить эксплуатационные требования к отношению частоты вращения двигателя к частоте вращения высеивающей пластины и обеспечивает необходимое качество посадки.

3. Предложенная в интегрально-программируемой среде MatLab-Simulink модель управления скоростью двигателя позволяет опосредованно вычислить погрешность (5.5%) расстояния между парой высеиваемых семян, при изменении скорости сеялки на 20% и прохождении расстояния в 25 метров в одном ряду.

Список литературы

1. Васильковская, К.В. Влияние формы и типа ячеек высеивающего диска на качество дозирования семян / К.В. Васильковская, О.М. Васильковский // Восточно-Европейский Журнал передовых технологий: часть 6, выпуск 7 (72), 2014. – С. 33-36.

2. Гаврилов, С.В. Управление электроприводом на основе бесколлекторного двигателя с постоянными магнитами / С.В. Гаврилов, Д.Т. Занг, Н.Д. Тхань // Ежеквартальный научный журнал “Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета”, 2016, – №8, – С.112-123.

3. Заботин, А.В. Сравнительный анализ методов управления бесщеточными двигателями постоянного тока // Сб. статей междунар. научно-практ. конф. 25 января 2017 г., часть 3 – Пермь: НИЦ АЭТЕРНА, 2017, – С. 47-50.

4. Поляков, Г.Н. Анализ работы сеялки для посева зерновых культур в ряды / Г.Н. Поляков, А.В. Косарева // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Матер. X междунар. научно-практ. конф. – Молодежный, 2021. – С. 96-97.

5. Поляков, Г.Н. Распределение семян по глубине при посеве различными типами сошников / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, Д.А. Яковлев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – №31. – С. 13-22.

6. Поляков, Г.Н. Ресурсосберегающая технология возделывания зерновых культур / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, И.А. Савченко, Н.Н. Аникиенко // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Матер. IX национ. научно-практ. конф. с междунар. участием. – Молодежный, 2021. – С. 71-77.

7. Солодун, В.И. Сельскохозяйственное районирование и использование агроландшафтов в земледелии Иркутской области / В.И. Солодун. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. – 199 с.

8. Солодун, В.И. Сельскохозяйственные машины и орудия для возделывания зерновых культур по ресурсосберегающим технологиям в условиях Иркутской области / В.И. Солодун и др. – Иркутск: Изд-во Иркутская ГСХА, 2012. – 148 с.

9. Mondal S., Mitra A. A New Approach of Sensorless Control Methodology or Achieving Ideal Characteristics of Brushless DC Motor Using MATLAB Simulink / IEEE Computer, Communication, Control and Information Technology (C3IT), 2015 Third Intern. Conf. 2015, vol. 22, iss. 2, pp. 15–24.

10. Othman R. N. F. R. et al. Design of hollow-rotor brushless DC motor //International Journal of Power Electronics and Drive Systems, 2016, vol. 7, no. 2, pp. 387-396.

Referenses

1. Vasil'kovskaya, K.V., Vasilevskij, O.M. Vliyanie formy i tipa yacheek vysewayushchego diska na kachestvo dozirovki semyan [Influence of the shape and type of cells of the sowing disc on the quality of seed dosage]. Vostochno-Evropejskij ZHurnal peredovyh tekhnologij, vol. 6, no. 7 (72), 2014, pp. 33-36.

2. Gavrilov, S.V. et all. Upravlenie elektroprivodom na osnove beskollektornogo dvigatelya s postoyannymi magnitami [Electric drive control based on a brushless motor with permanent magnets]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016, no.8, pp. 112-123.

3. Zabotin, A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov upravleniya besschetochnymi dvigatelyami postoyannogo toka [Comparative analysis of control methods for brushless DC motors]. Perm': NIC AETERNA, 2017, pp. 47-50.

4. Polyakov, G.N., Kosareva, A.V. Analiz raboty seyalki dlya poseva zernovyh kul'tu v gryady [Analysis of the work of a seeder for sowing grain crops in ridges]. Molodezhnyj, 2021, pp. 96-97.

5. Polyakov, G.N. et all. Raspredelenie semyan po glubine pri poseve razlichnymi tipami soshnikov [Distribution of seeds by depth during sowing by various types of coulters]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2019, no. 31, pp. 13-22.

6. Polyakov, G.N. et all. Resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdelevaniya zernovyh kul'tur [Resource-saving technology of cultivation of grain crops]. Molodezhnyj, 2021, pp. 71-77.

7. Solodun, V.I. Sel'skohozyajstvennoe rajonirovanie i ispol'zovanie agrolandshaftov v zemledelii Irkutskoj oblasti [Agricultural zoning and use of agricultural landscapes in agriculture of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2018, 199 p.

8. Solodun, V.I. et all. Sel'skohozyajstvennye mashiny i orudiya dlya vozdelevaniya zernovyh kul'tur po resursosberegayushchim tekhnologiyam v usloviyah Irkutskoj oblasti [Agricultural machines and implements for cultivating grain crops using resource-saving technologies in the conditions of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2012, 148 p.

Дата поступления в редакцию 01.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Информация об авторах

Черных Алексей Георгиевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра "Электроснабжения и электротехники". ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89500633102, e-mail: kandida2006@yandex.ru).

Шпак Оксана Николаевна – старший преподаватель, кафедра "Электроснабжения и электротехники". ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru)

Information about authors

Chernykh Aleksey G. – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of "Power Supply and Electrical Engineering". FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89500633102, e-mail: kandida2006@yandex.ru).

Shpak Oksana N. – Senior Lecturer, Department of "Power Supply and Electrical Engineering". FSBEI HE Irkutsk SAU (Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89027625641, e-mail: ok.shpak2015@yandex.ru).

УДК 004.415.2: 519.216.3:63

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Т.С. Бузина

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

В работе рассмотрено математическое обеспечение программных комплексов управления аграрным производством. В описанных программных комплексах предложено математическое обеспечение, позволяющее прогнозировать производственно-экономические показатели, решать задачи оптимизации получения продовольственной продукции с учетом параметров, обладающих различными информационными свойствами, и оценками ущербов окружающей среде. Математическое обеспечение программного комплекса «Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства» представляет собой линейные и нелинейные модели, описывающие временные ряды производственно-экономических показателей. В качестве нелинейных зависимостей использованы параболические, гиперболические, степенные и экспоненциальные функции. Дополнение к ним составляют асимптотические и логистические выражения роста с верхними и нижними оценками.

Основой программного комплекса многоуровневого прогнозирования показателей аграрного производства являются многоуровневые трендовые модели для прогнозирования с использованием линейных и нелинейных функций. Для расширения функций программного комплекса предлагается помимо оценки динамики показателей рассчитывать вероятностные характеристики аномальных уровней или событий. Предложенный метод градаций временных рядов можно использовать для планирования производства сельскохозяйственной продукции на различную перспективу: краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную. Поэтому рассмотрена возможность создания модуля для планирования производства аграрной продукции с использованием задач параметрического программирования и вероятностных значений аномальных уровней или событий.

Описано математическое обеспечение проблемно-ориентированного программного комплекса по решению задач математического программирования для оптимизации производства аграрной продукции с критерием минимизации ущерба окружающей среде. Математическое обеспечение включает в себя методы статистической обработки данных, оценки эрозионных процессов, загрязнения почвы и водных ресурсов, а также прикладные модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых и неорошаемых землях в условиях неопределенности.

Ключевые слова: программный комплекс, математические модели, прогнозирование, оптимизация, аграрное производство.

ANALYSIS OF MATHEMATICAL SUPPORT OF SOFTWARE PACKAGES OF
AGRICULTURAL PRODUCTION MANAGEMENT

Barsukova M.N., Belyakova A.Yu., Buzina T.S.

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

The paper considers the mathematical support of software systems for managing agricultural production. In the described software packages, mathematical software is proposed that allows predicting production and economic indicators, solving problems of optimizing the production of food products, taking into account parameters that have different information properties, and assessing environmental damage. Mathematical support of the software package "Forecasting the production and economic indicators of agricultural production" is a linear and non-linear model that describes the time series of production and economic indicators. Parabolic, hyperbolic, power and exponential functions are used as nonlinear dependencies. They are complemented by asymptotic and logistic growth expressions with upper and lower bounds.

The basis of the software package for multilevel forecasting of agricultural production indicators are multilevel trend models for forecasting using linear and non-linear functions. To expand the functions of the software package, it is proposed, in addition to assessing the dynamics of indicators, to calculate the probabilistic characteristics of anomalous levels or events. The proposed method of time series gradations can be used for planning agricultural production for various perspectives: short-term, medium-term and long-term. Therefore, the possibility of creating a module for planning the production of agricultural products using parametric programming problems and probabilistic values of anomalous levels or events is considered.

The mathematical support of a problem-oriented software package for solving problems of mathematical programming for optimizing the production of agricultural products with the criterion of minimizing environmental damage is described. Mathematical software includes methods of statistical data processing, evaluation of erosion processes, soil and water pollution, as well as applied models for optimizing agricultural production on irrigated and non-irrigated lands under conditions of uncertainty.

Keywords: software package, mathematical models, forecasting, optimization, agricultural production.

Введение. Решение задач планирования и прогнозирования на среднесрочную и долгосрочную перспективу [4, 5, 8, 10, 11, 13, 14] актуально для разработки планов и программ развития сельскохозяйственного товаропроизводителя, муниципальных образований, региона и страны.

В работе [1] описаны программные комплексы для решения разных задач сельскохозяйственного производства. Продолжением работы по разработке систем прогнозирования для повышения эффективности управления производственными процессами [12] является программный комплекс многоуровневого прогнозирования показателей аграрного производства, в котором структуру ряда можно представить в виде последовательностей, характеризующих верхние и нижние значения ряда

[7]. Оптимизация структуры производства, учитывая ущербы окружающей среде, реализуется в программном комплексе эколого-математического моделирования [9].

Целью работы является анализ математического обеспечения программных комплексов управления аграрным производством для расширения и улучшения возможностей использования математических моделей в решении прикладных задач.

Материалы и методы исследования. В качестве исходных данных при разработке математического обеспечения рассматриваемых программных комплексов использованы материалы Иркутскстата, министерства сельского хозяйства Иркутской области и товаропроизводителей региона.

При оценке закономерностей изменчивости многолетних рядов производственно-экономических показателей применены методы теории вероятностей и математической статистики, в частности, способы построения законов распределения вероятностей, корреляционно-регрессионный, автокорреляционный анализ, метод статистических испытаний, а также методы оценки уровня насыщения.

Для создания программного комплекса использованы методы проектирования информационных систем. В работе рассмотрены труды исследователей по прогнозированию производственно-экономических показателей получения аграрной продукции, оптимизации производства аграрной продукции, созданию и использованию программных комплексов для управленческих процессов.

Основные результаты. Одним из примеров разработки в области управления аграрным производством является программный комплекс “Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства”, позволяющий получать прогностические значения на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу [3].

Математическое обеспечение разработанного программного комплекса представляет собой линейные и нелинейные модели, описывающие временные ряды производственно-экономических показателей.

В качестве нелинейных зависимостей использованы параболические, гиперболические, степенные и экспоненциальные функции. Дополнение к ним составляют асимптотические и логистические аналитические выражения с верхними и нижними оценками основанные на моделях роста. Программный комплекс позволяет выбирать наилучшие трендовые модели с учетом и без учета свободного члена выражения, с использованием или неиспользованием прогностической оценки при построении уравнения регрессии, применением разных методов определения уровня насыщения и начального значения тренда [3, 12].

Рассмотренная разработка способствует получению прогностических значений на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу.

При этом не учитывается многоуровневая структура ряда, который можно представить в виде последовательностей, характеризующих верхние и нижние значения ряда [2, 7].

Особенность временного ряда, позволяющая формировать по пикам и ложбинам последовательности, учтена в программном комплексе многоуровневого прогнозирования показателей аграрного производства, в основе которого использованы многоуровневые модели для прогнозирования с использованием линейных и нелинейных функций [2].

В работе [7] использован подход, когда ряд значений производственно-экономического показателя разделяется на низкие, высокие и средние уровни. Последовательность нижнего и верхнего уровня характеризует некоторые пиковые ситуации негативного и позитивного характера, связанные с производством.

Низкие значения ряда отображают работу сельскохозяйственного товаропроизводителя в неблагоприятных условиях. При высоких значениях показателя деятельность хозяйства осуществляется в благоприятных условиях. Эти два случая можно использовать для моделирования выделенных последовательностей, характеризующих хорошие и плохие условия производства.

Таким образом, определяется диапазон изменчивости показателей деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей с учетом непредсказуемой вариации внешних условий в эпоху изменения климата. Предложенный метод градаций временных рядов можно использовать для планирования производства сельскохозяйственной продукции на различную перспективу: краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную.

На основании метода многоуровневой оценки тенденций построены линейные и нелинейные аналитические функции урожайности сельскохозяйственных культур для многих муниципальных районов Иркутской области. На рис. 1 приведен пример многоуровневой трендовой модели для урожайности ячменя в Заларинском районе. При этом исходные данные содержат сведения за период 1996-2021 гг. а аналитические функции - дополнительно прогнозные значения до 2025 г.

В отличие от линейной зависимости, значения которой не ограничены по оси ординат, при построении нелинейной функции использована формула, учитывающая ограничение роста.

По аналогии с результатами моделирования по данным региона имеют место сильные колебания производственно-экономических показателей, в частности, затрат труда и урожайности сельскохозяйственных культур [6, 7]. В приведенном примере уровень насыщения урожайности ячменя и начальное значение получены по эмпирическим данным с учетом точности показателя 0.1 ц/га. Другими словами, верхняя оценка определена как наибольшее эмпирическое значение, увеличенное на точность вычисления урожайности

культуры, а начальный уровень представлен в виде суммы наименьшего эмпирического значения и точности оценки биопродуктивности культуры.

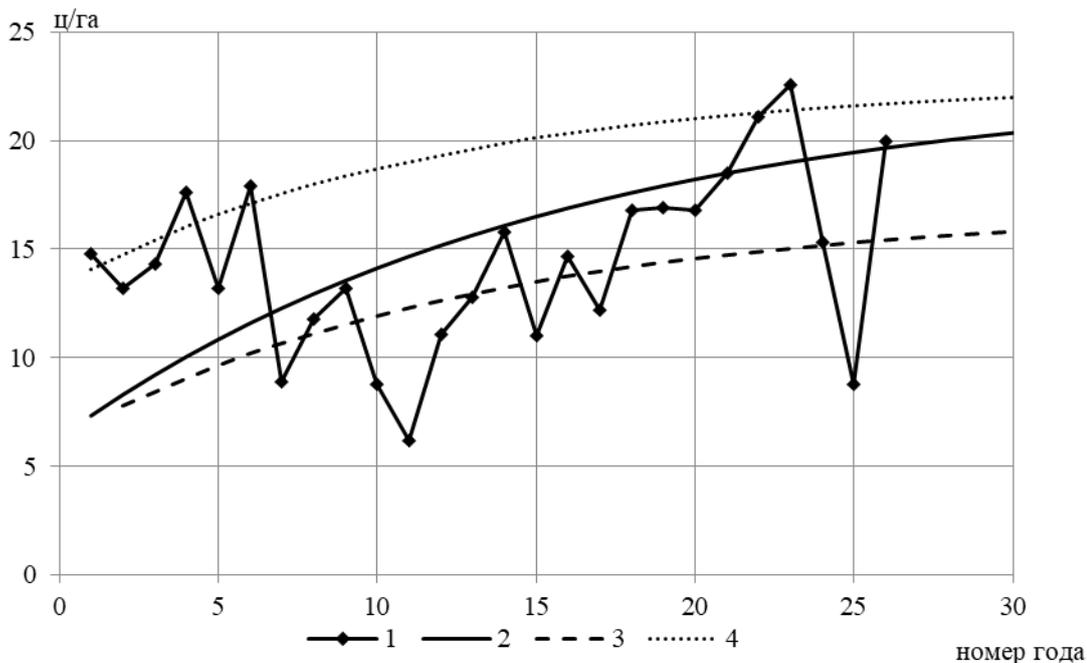


Рисунок 1- Асимптотические модели роста урожайности ячменя в Заларинском районе с прогнозными значениями по данным за 1996-2021 гг.

1 – исходный ряд урожайности ячменя за 1996-2021 гг., 2 – тренд, построенный по данным исходного ряда урожайности ячменя, 3 – тренд нижнего уровня урожайности ячменя за период 1996-2025 гг., 4 – тренд верхнего уровня урожайности ячменя

К сожалению, многоуровневая трендовая модель не позволяет оценивать уровни ряда, расположенные ниже функции роста нижних уровней и выше тренда верхних значений последовательности.

В этом случае, используя методику выделения аномальных уровней или событий [7], определены разности эмпирических уровней и значений тренда последовательности нижних уровней. На рисунке 2 для примера показан закон распределения вероятностей Пирсона III типа, построенный по разностям урожайности ячменя и значениям тренда последовательности нижних уровней по данным Заларинского района за 1996-2021 гг.

Согласно этому графику вероятность наихудшего события, связанного с потерями урожайности ячменя относительно тренда нижнего уровня, соответствующего 6.5 ц/га (относительно усредненного уровня 10.7 ц/га), составляет 0.0288.

Рассматриваемый программный комплекс моделирования временных рядов с помощью многоуровневых трендов может быть дополнен модулем по планированию производства сельскохозяйственной продукции на основе задач параметрического программирования. Данный модуль может включать в себя методы решения задач параметрического программирования. При этом результатом моделирования являются оптимальные решения задачи с

разным упреждением для усредненных, благоприятных и неблагоприятных условий деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя. В дополнение к этому можно с некоторой вероятностью определить плохие варианты оптимальных решений, связанные с формированием аномальных уровней или событий.

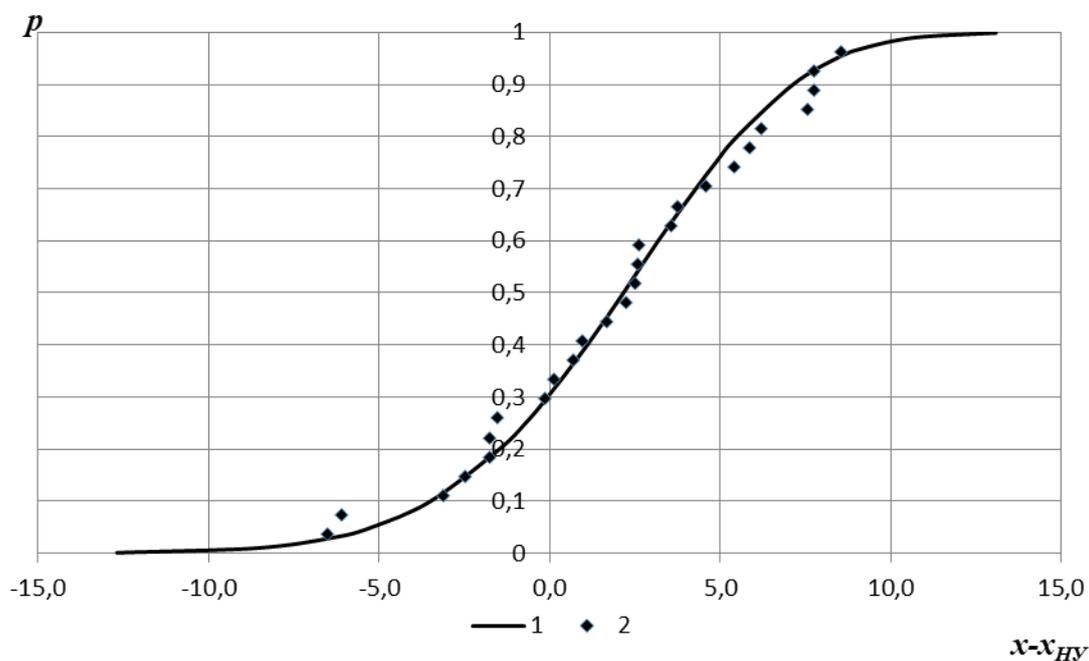


Рисунок 2 – Вероятностное распределение Пирсона III типа (1) для разностей эмпирических значений ряда (2) и тренда последовательности нижних уровней урожайности ячменя по данным Заларинского района за 1996-2021 гг.

Расширение функций программного комплекса для многоуровневого прогнозирования показателей аграрного производства позволит помимо прогностических значений производственно-экономических показателей получать оптимальные решения (планы производства с максимальной прибылью) с заданным упреждением, что способствует повышению эффективности управленческих решений в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах.

В приведенных выше программных комплексах не рассматриваются техногенные события, совмещение техногенных и климатических событий, изменчивость редких явлений с учетом рассеяния вероятностных параметров для планирования производства сельскохозяйственной продукции в крайне неблагоприятных природно-климатических условиях.

В работе [9] описан программный комплекс для эколого-математического моделирования производства сельскохозяйственной продукции, который позволяет планировать производство аграрной продукции с учетом минимума ущерба окружающей среде. Программный комплекс решает детерминированные и неопределенные задачи математического

программирования для орошаемого, неорошаемого и смешанного земледелия.

В программном комплексе реализовано три вида моделей. В первой модели значения коэффициентов при неизвестных в целевой функции, левых частях ограничений и правой части приняты в качестве усредненных величин (детерминированная модель). Во второй модели часть параметров, подверженных существенным колебаниям, описывалась с помощью интервальных оценок, а другая часть представляла собой усредненные значения. В третьей модели некоторые коэффициенты при неизвестных в целевой функции и ограничениях представляли собой случайные величины [9].

Программа апробирована на СХЗАО “Приморский”. Для этого хозяйства оценивались коэффициенты негативного влияния, характеризующие отношение загрязненных и эродированных земель к площади сельскохозяйственных угодий. По результатам исследований они колеблются для разных сельскохозяйственных культур от 0.2 до 0.4.

На основе детерминированной модели с интервальными параметрами в виде коэффициентов негативного влияния природных и техногенных факторов на окружающую среду решена задача оптимизации производства аграрной продукции на примере двух предприятий.

Для СХЗАО “Приморский” модель реализована для сочетания неорошаемого и орошаемого земледелия. В качестве неизвестных в эколого-математической задаче использованы площади девяти сельскохозяйственных культур и поголовье пяти групп животных, а при сочетании орошения и богарного земледелия рассматривался еще один показатель – площадь орошаемой культуры.

Для примера согласно результатам, приведенным в [9], моделирование производства с интервальными параметрами показало, что на землях с сочетанием орошаемого и богарного земледелия прибыль в эколого-математических задачах выше на 1.7-4.1%, а ущербы увеличились на 0.1-5.0% по сравнению с неорошаемым земледелием. При этом нижняя оценка прибыли для сочетания двух видов земледелия в задачах с параметрами различной степени неопределенности всегда выше минимальных значений целевой функции при решении задачи для богарного земледелия.

Выводы. В работе рассмотрено математическое обеспечение программных комплексов управления аграрным производством. Выделены особенности применяемых математических методов, приведены примеры их использования.

Математическим обеспечением программного комплекса “Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства” являются линейные и нелинейные модели, описывающие временные ряды производственно-экономических показателей. Реализация предложенных моделей способствует получению прогностических значений на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу.

В развитие этого программного комплекса предложено программное обеспечение по многоуровневому прогнозированию показателей аграрного производства, которое может быть дополнено модулем планирования аграрного производства на основе использования задач параметрического программирования, а также экстремальных задач с вероятностными оценками.

В программном комплексе для эколого-математического моделирования производства сельскохозяйственной продукции решаются задачи математического программирования для оптимизации производства аграрной продукции с оценкой минимальных ущербов окружающей среде. Функции программного комплекса могут быть расширены за счет дополнения моделями, описывающими влияние на производство продукции биологических и климатических событий.

Список литературы

1. Асалханов, П.Г. О программных комплексах моделирования разных сторон аграрного производства / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иваньо // В сб.: Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом // Матер. всерос. (национ.) научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию со дня образования экономического факультета (ныне Института экономики, управления и прикладной информатики). – Молодежный, 2020. – С. 29-36.
2. Барсукова, М.Н. Об одной модели оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных внешних условиях / М.Н. Барсукова, Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2020. – № 3 (19). – С. 73-85.
3. Барсукова, М.Н. Программный комплекс "Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства" / М.Н. Барсукова, Ж.И. Вараница-Городовская, Я.М. Иваньо, А.А. Ромме // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2021. – № 2(22). – С. 115-123.
4. Белякова, А.Ю. Задачи оптимизации сельскохозяйственного производства в условиях проявления наводнений и засух / А.Ю. Белякова, Е.В. Вашукевич, Я.М. Иваньо // Рациональное природопользование и энергосберегающие технологии в агропромышленном комплексе: Матер. междунар. научно-практ. конф., посвящ. 65-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2010. – С. 11-17.
5. Белякова, А.Ю. Модели планирования производства продовольственной продукции в условиях неопределенности / А.Ю. Белякова, Т.С. Бузина // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 4(88). – С. 152-166.
6. Вараница-Городовская, Ж.И. Программный комплекс оптимизации трудозатрат на производство аграрной продукции предприятиями с разной численностью работников / Ж.И. Вараница-Городовская, Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, М.Н. Полковская // System Analysis and Mathematical Modeling. – 2020. – Т. 2. – № 2. – С. 49-61.
7. Иваньо, Я.М. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 42. – С. 48-57.
8. Иваньо, Я.М. Региональные модели аграрного производства с учетом техногенных загрязнений // Я.М. Иваньо, Е.А. Хогоева / Труды XVIII Байкальской Всерос. конф. "Информационные и математические технологии в науке и управлении". Часть II, Иркутск: ИСЭМ СО РАН. – 2013. – С. 219-224.

9. Ковалева, Е.А. Программный комплекс для эколого-математического моделирования производства сельскохозяйственной продукции / Е.А. Ковалева, Я.М. Иванько // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2020. – № 2(18). – С. 94-106.

10. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции. Монография / Я.М. Иванько [и др.]; под редакцией Я.М. Иванько. - Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ. – 2021. – 220 с.

11. Развитие моделей планирования получения продовольственной продукции / М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Н.В. Бендик [и др.] // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2018. – № 3(11). – С. 96-107.

12. Ромме, А.А. Проектирование программного комплекса “Многоуровневое прогнозирование показателей аграрного производства” / А.А. Ромме, Я.М. Иванько // В сб.: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. // Матер. всерос. студ. научно-практ. конф. – п. Молодежный, 2022. – С. 194-199.

13. Ivano, Ya.M. Management of the agro-industrial enterprise: optimization uncertainty expert assessments / Ivano Ya.M., Asalkhanov P.G., Bendik N.V. // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, 2019., 8934788.

14. Ivanyo, Ya.M. Optimization models of food processing wild-growing products with expert assessments / Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova // Critical infrastructures: contingency management, intelligent, agent-based, cloud computing and cyber security (IWCI 2019). Proceedings of the VIth International Workshop. Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 108-113.

References

1. Asalkhanov, P.G. et all. O programmnyh kompleksah modelirovaniya raznyh storon agrarnogo proizvodstva [About software complexes for modeling different aspects of agricultural production]. Molodezhnyj, 2020, pp. 29-36.

2. Barsukova, M.N. et all. Ob odnoj modeli optimizacii proizvodstva agrarnoj produkcii v blagopriyatnyh i neblagopriyatnyh vneshnih usloviyah [About one model of optimization of agricultural production in favorable and unfavorable external conditions]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2020, no. 3 (19), pp. 73-85.

3. Barsukova, M.N. et all. Programmnyj kompleks "Prognozirovanie proizvodstvenno-ekonomicheskikh pokazatelej agrarnogo proizvodstva" [Forecasting of production and economic indicators of agricultural production]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2021, no. 2 (22), pp. 115-123.

4. Belyakova, A.Yu. et all. Zadachi optimizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v usloviyah proyavleniya navodnenij i zasuh [Tasks of optimization of agricultural production in conditions of floods and droughts]. Irkutsk, 2010, pp. 11-17.

5. Belyakova, A.Yu., Buzina, T.S. Modeli planirovaniya proizvodstva prodovol'stvennoj produkcii v usloviyah neopredelennosti [Models of food production planning in conditions of uncertainty]. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, no. (88), pp. 152-166.

6. Varanica-Gorodovskaya, Zh.I. et all. Programmnyj kompleks optimizacii trudozatrata na proizvodstvo agrarnoj produkcii predpriyatiyami s raznoj chislenost'yu rabotnikov [A software package for optimizing labor costs for the production of agricultural products by enterprises with different numbers of employees]. System Analysis and Mathematical Modeling, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 49-61.

7. Ivanyo, Ya.M. Ob odnom algoritme vydeleniya anomal'nyh urovnej vremennogo ryada dlya ocenki riskov [About an algorithm for identifying abnormal levels of a time series for risk assessment]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2022, no. 42, pp. 48-57.

8. Ivanyo, Ya.M., Hogueva, E.A. Regional'nye modeli agrarnogo proizvodstva s uchetom tekhnogennyh zagryaznenij [Regional models of agricultural production taking into account man-made pollution]. Irkutsk: ISEM SO RAN, 2013, pp. 219-224.

9. Kovaleva, E.A., Ivanyo, Ya.M. Programmnyj kompleks dlya ekologo-matematicheskogo modelirovaniya proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii [Software package for ecological and mathematical modeling of agricultural production]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2020, no. 2(18), pp. 94-106.

10. Ivan'o, Ya.M. et all. Matematicheskie i cifrovye tekhnologii optimizacii proizvodstva prodovol'stvennoj produkcii. Monografiya [Mathematical and digital technologies for optimizing food production]. Molodezhnyj, 2021, 219 p.

11. Barsukova, M.N. et all. Razvitie modelej planirovaniya polucheniya prodovol'stvennoj produkcii [Development of food production planning models]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2018, no. 3(11), pp. 96-107.

12. Romme, A.A., Ivayo Ya.M. Proektirovanie programmnoogo kompleksa "Mnogourovnevoe prognozirovanie pokazatelej agrarnogo proizvodstva" [Design of the software package "Multilevel forecasting of agricultural production indicators"]. Molodezhny, 2022, pp. 194-199.

Дата поступления в редакцию 12.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторах

Барсукова Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. +7(3952)237330, e-mail: margarita1982@bk.ru).

Белякова Анна Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Института экономики управления. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89025194188, email: belyakova_irk@mail.ru).

Бузина Татьяна Сергеевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования Института экономики управления. ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021737301, email: buzinats@mail.ru).

Information about the authors

Barsukova Margarita N. – Candidate of Technical Sciences, 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).

Belyakova Anna Yu. – Cand. of Technical Sciences, Ass. Prof. of 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. 89025194188, e-mail: belyakova_irk@mail.ru).

Buzina Tat'jana S. – Cand. of Technical Sciences, Ass. Prof. of 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. 89021737301, email: buzinats@mail.ru).

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Л.В. Массель

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

В статье анализируется ряд публикаций на эту тему, а также обобщаются результаты дискуссий на конференции “Знания, онтологии, теории” (Новосибирск, 8-12 ноября 2021 г.) и Круглом столе в ИСЭМ СО РАН “Искусственный интеллект в энергетике” (22 декабря 2021 г.). Рассматривается понятие цифровой трансформации, сравниваются определения автоматизации, информатизации и цифровизации. Выполнен анализ направлений развития искусственного интеллекта (ИИ) с акцентированием внимания на технологиях, декларируемых в концепциях Цифровой энергетики и Цифровой экономики. Анализируются причины «бума» вокруг машинного обучения, рассматриваются его недостатки и пути их преодоления. Рассмотрены современные тренды ИИ: сильный и слабый ИИ, объяснимый ИИ, встроенный ИИ, доверенный ИИ, ответственный и композитный ИИ, а также понятия граничных вычислений и цифровых двойников. Приводятся определения компьютерной модели, цифровой модели и цифрового двойника, зафиксированные в ГОСТ Р 57700.37 - 2021. Рассмотрены 12 стратегических технологических трендов развития ИИ по версии компании Gartner: Генеративный искусственный интеллект, Фабрики данных, Территориально-распределенные предприятия, Облачные платформы, Автономные системы, Интеллект принятия решений, Составные приложения, Гиперавтоматизация, Вычисления, укрепляющие конфиденциальность, Сеть кибербезопасности, Разработка (инженерия) искусственного интеллекта, Совокупный опыт. В заключение рассматриваются вопросы этики ИИ и принятие Кодекса этики ИИ на Международном форуме “Этика искусственного интеллекта: начало доверия” (2021 г.)

Ключевые слова: Искусственный интеллект (ИИ), цифровизация, сильный и слабый ИИ, основные тренды ИИ, 12 стратегических технологических трендов, этика ИИ.

DIGITALIZATION AND MODERN TRENDS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Massel L.V.

Melentiev Energy Systems Institute (MESI) of SB RAS
Irkutsk, Russia

The article analyzes a number of publications on this topic, and also summarizes the results of discussions at the conference “Knowledge, Ontologies, Theories” (Novosibirsk, November 8-12, 2021) and the Round Table at the MESI SB RAS “Artificial Intelligence in Energy” (December 22 2021). The concept of digital transformation is considered, the definitions of automation, informatization and digitalization are compared. An analysis was made of the directions of development of artificial intelligence (AI) with a focus on technologies declared in the concepts of Digital Energy and Digital Economy. The reasons for the "boom" around machine learning are analyzed, its shortcomings and ways to overcome them are considered. Modern AI trends are considered: strong and weak AI, explainable AI, embedded AI, trusted AI, responsible and composite AI, as well as the concepts of edge computing and

digital twins. The definitions of a computer model, a digital model and a digital twin, fixed in GOST R 57700.37 - 2021, are given. 12 strategic technological trends in the development of AI according to Gartner are considered: Generative artificial intelligence, Data factories, Geographically distributed enterprises, Cloud platforms, Autonomous systems, Intellect decision making, Composite applications, Hyper-automation, Privacy-enhancing computing, Cybersecurity web, AI engineering, Cumulative experience. In conclusion, the issues of AI ethics and the adoption of the Code of AI Ethics at the International Forum “The Ethics of Artificial Intelligence: The Beginning of Trust” (2021) are considered.

Keywords: Artificial intelligence (AI), digitalization, strong and weak AI, main AI trends, 12 strategic technology trends, AI ethics.

Введение. Актуальность и повышенный интерес к применению методов искусственного интеллекта в РФ обусловлены, как основными трендами развития энергетики (интеллектуальная энергетика, цифровая энергетика, “умные” цифровые двойники и др.), так и повышенным интересом к применению систем искусственного интеллекта, который в нашей стране в существенной мере был инициирован принятием “Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 г.”. В связи с тем, что на уровне СМИ и популярных изданий не проводится различия между научным направлением “Искусственный интеллект” и продуктами ИИ, область применения которых повсеместно расширяется, звучат клише “Искусственный интеллект решит”, “Искусственный интеллект обеспечит” и т.п. В статье делается попытка проанализировать сложившуюся ситуацию на основе профессионального опыта автора и результатов участия в ряде научных конференций, на которых обсуждаются вопросы развития и применения методов и систем искусственного интеллекта. При этом необходимо затронуть вопросы цифровизации и интеллектуализации энергетики, которые во многом повлияли на возросший интерес к такой теме, как “Искусственный интеллект”. В статье рассматриваются популярные в последнее время термины: сильный и слабый ИИ, объяснимый ИИ, доверенный ИИ и др., проанализированы причины “бума” вокруг машинного обучения и причины необходимости появления объяснимого ИИ. В заключение рассматриваются проблемы этики ИИ и 12 технологических трендов ИИ на 2022 г., по мнению компании Гартнер.

I. Цифровая трансформация. Одно из первых значений термина “цифровая трансформация” – это переход от аналоговых данных к цифровым, то, что сегодня принято называть цифровизацией.

Выделяют три точки зрения на цифровизацию или цифровую трансформацию:

1) со времен зарождения цифровых технологий люди пытались использовать их для автоматизации бизнеса, то есть цифровая трансформация – это процесс, который длится десятилетия, и каждая новая технология добавляет ему новые стадии;

2) цифровую трансформацию следует связывать с определенным периодом развития ИКТ, и переломным моментом является появление так называемой третьей платформы (облака, мобильность, социальные технологии, “большие данные” и др.), на основании которой стали появляться цифровые компании, предложившие новую бизнес-модель с использованием перечисленных технологий и максимальным уходом от нецифровых активов;

3) делается акцент на бизнес-аспектах явления и утверждается, что цифровая трансформация актуальна для любой компании, занятой как цифровым бизнесом, так и реальным производством [9].

Автоматизация, информатизация, цифровизация. Часто, говоря о цифровой трансформации, путают или смешивают эти термины. В [2] излагается следующий подход к цифровой трансформации, где эти термины четко разделяются.

“Цифровая трансформация” является процессом преобразований в русле цифровой экономики, включающим следующие этапы:

– **автоматизация** – применение технических и математических средств с целью передачи функций контроля и управления производственным процессом от человека к машине, как правило, характеризуется повышением скорости, точности и надежности производственных процессов, по сравнению с обычным неавтоматизированным производством;

– **информатизация** – применение кибернетических методов и средств управления процессами, а также информационных и коммуникационных технологий для обеспечения связей между разрозненными в пространстве производственными процессами и массивами данных. В соответствии с Федеральным законом от 20.02.1995 г. № 24-ФЗ (ред. от 10.01.2003 г.) “Об информации, информатизации и защите информации”, информатизация представляет собой организационный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений на основе формирования и использования информационных ресурсов. Процесс информатизации в зарубежной практике, как правило, не выделяется в отдельный этап технологических преобразований и относится к одной из составляющих цифровизации;

– **цифровизация** – замена физических (аналоговых, бумажных и др.) систем сбора, обработки, хранения и передачи данных цифровыми, а также улучшение управляемости за счет цифровых решений. В том числе подразумевает под собой применение цифровых технологий в рамках уже существующих производственных процессов, создание “цифровых двойников” и математических моделей отдельных процессов производства;

Таким образом, цифровая трансформация – комплекс преобразований организации или всей отрасли, включая изменение бизнес-моделей на основе

новых цифровых технологических возможностей и включающая, как правило, перечисленные выше этапы.

На корпоративном уровне цифровая трансформация предполагает не только цифровизацию отдельных производственных процессов внутри компании (отрасли), но и изменение организационных принципов ее работы, а также совершенствование бизнес-культуры с использованием цифровых инструментов.

На отраслевом уровне цифровая трансформация также предполагает не только изменение традиционных производственных комплексов и систем управления ими, но и эволюцию рыночной среды, конечной целью которой является реализация клиенто-ориентированной модели энергоснабжения, адаптация к индивидуальным запросам потребителя без существенного увеличения стоимости поставляемой энергетической продукции или услуг.

По мере эволюции технологий к процессам автоматизации добавились элементы информатизации и цифровизации. Фактически все эти составляющие стали неотъемлемой основой для осуществления цифровой трансформации, как на уровне отдельных компаний, так и на уровне всей отрасли. Триггером цифровой трансформации стали технологические прорывы в неэнергетической сфере – в системах связи, передачи и обработки данных, IT-индустрии, позволившие существенно ускорить и повысить эффективность автоматизации и информатизации производственных и организационных процессов, в частности, в отраслях ТЭК, начать их цифровизацию, одновременно создавая условия для более широкого освоения новых энергетических технологий в производстве/добыче, транспорте, преобразовании и потреблении энергоресурсов [2].

В [10] рассматриваются 5 основных отличий автоматизации и цифровизации.

В последнее время цифровую трансформацию понимают более широко – как переход к цифровому обществу, при этом выделяют следующие направления цифровой трансформации:

- формирование нового варианта экономических отношений (цифровая экономика),
- построение нового уровня отношений между обществом и государством (цифровое правительство),
- создание высокотехнологичной инфраструктуры (цифровое пространство).

Статья связана с применением методов ИИ в работах, выполняемых в третьем направлении.

II. Анализ направлений развития искусственного интеллекта (ИИ). С началом цифровой трансформации, в частности, энергетики, отмечалось, что на разных этапах производства, транспортировки и потребления энергии с целью уменьшения издержек и снижения штрафных

санкций за недопоставку энергии могут быть использованы такие современные информационные технологии, как:

1. Индустриальный Интернет (Интернет вещей в промышленности) для телеизмерений параметров энергосистемы.

2. Технологии анализа больших данных (BigData) с целью прогнозирования поведения энергосистемы.

3. BIM (Building Information Model) – технологии для объектов энергетики (электростанций, подстанций, объектов добычи и переработки и др.).

4. ГИС-технологии для объектов энергетики, связанных с транспортировкой топливно-энергетических ресурсов (линии электропередач, трубопроводная сеть и др.).

5. Технология дистанционного зондирования Земли для наблюдения за природными и техногенными факторами.

6. Спутниковые навигационные системы для контроля дискретного транспорта совместно с ГИС-технологиями.

Кроме того, с целью унификации и упрощения обмена данными предлагалось применение онтологической модели деятельности предприятия (Business Entity Ontological Model – БЕОМ). Применение БЕОМ в рамках отрасли в целом позволяет создать целостную динамически эволюционирующую модель, структурирующую и описывающую деятельность по задачам, организационным структурам, территориям и объектам, что позволит организовывать и транслировать накопленный в конкретных ситуациях опыт.

В программе “Цифровая экономика” основными сквозными цифровыми технологиями, которые входят в рамки настоящей Программы, были объявлены:

- большие данные;
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- системы распределенного реестра;
- квантовые технологии;
- новые производственные технологии;
- промышленный интернет;
- компоненты робототехники и сенсорики;
- технологии беспроводной связи;
- технологии виртуальной и дополненной реальностей.

В этом перечне недоумение у ИТ-специалистов вызывало выделение нейротехнологий из искусственного интеллекта. Некоторые положения “Национальной стратегии развития искусственного интеллекта в РФ на период до 2030 г.”, появившейся в 2019 г., усугубили это недоумение. В частности, в п. 6 было сказано: “Развитие информационных систем, помогающих человеку принимать решения, началось с появления в 1950-х годах **экспертных систем**, описывающих алгоритм действий по выбору решения в зависимости от конкретных условий. На смену экспертным

системам пришло **машинное обучение**, благодаря которому информационные системы самостоятельно формируют правила и находят решение на основе анализа зависимостей, используя исходные наборы данных (без предварительного составления человеком перечня возможных решений), что позволяет говорить о **появлении искусственного интеллекта**”.

Подробное описание направлений ИИ приведено в [11], краткая история ИИ хорошо представлена в эссе [3], где говорится: “Искусственный интеллект (ИИ) – это отрасль науки, официально увидевшая свет в 1956 году на летнем семинаре в Дартмут-колледже (ХанOVER, США), который организовали четверо американских ученых: Джон Мак-Карти, Марвин Мински, Натаниэль Рочестер и Клод Шеннон. С тех пор термин “искусственный интеллект”, придуманный, вероятнее всего, с целью привлечения всеобщего внимания, стал настолько популярен, что сегодня вряд ли можно встретить человека, который никогда его не слышал. С течением времени этот раздел информатики развивался все больше, а интеллектуальные технологии в последние шестьдесят лет сыграли важную роль в изменении облика мира”. Очень интересно в плане понимания современного состояния и проблем искусственного интеллекта интервью (две беседы) одного из ведущих ученых в области ИИ В.К. Финна “Чертова дюжина искусственного интеллекта” [14].

Перейдем к современному этапу развития ИИ. Действительно, с 2010 года мощность компьютеров позволяет сочетать так называемые большие данные (Big Data) с методами глубокого обучения (Deep Learning), которые основываются на использовании искусственных нейронных сетей. Весьма успешное применение во многих областях (распознавание речи и изображений, понимание естественного языка, беспилотный автомобиль и т.д.) вызвало некоторый “бум”, связанный с применением ИНС [12].

Машинное обучение (Machine Learning, ML) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач. Для построения таких методов используются средства математической статистики, численных методов, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов, различные техники работы с данными в цифровой форме.

Одна из проблем машинного обучения – как ограничить объем данных, требующихся для обучения нейросетей? Как правило, модели машинного обучения работают с огромными массивами данных, чтобы гарантировать точность работы нейросети, однако во многих отраслях крупных баз данных просто не существует.

С другой стороны, неверно отождествлять весь когнитивный компьютеринг (Cognitive Computing, CC) исключительно с ML. Собственно CC – это составляющая ИИ, целостная экосистема, частью которой служит

ML. К тому же СС включает в себя и автоматическое принятие решений, и распознавание аудио и видео данных, машинное зрение, обработку текстов на естественных языках и еще многое другое [1]. Например, в электроэнергетике уже достаточно широко используются искусственные нейронные сети (ИНС). По информации [5], ИНС используются при решении следующих задач: для прогнозирования нагрузки (25%), оценки динамической устойчивости (14%), контроля и идентификации (9%), диагностики аварий (18%), планирования (7%), оценки надежности (17%), предупреждения аварий (10%).

На конференции ЗОНТ-21 (Новосибирск) обсуждалось, что в настоящее время целесообразно выделять два направления развития ИИ: 1) связанное с обработкой данных (извлечение знаний из данных) – интеллектуальный анализ данных, машинное обучение; 2) семантическое представление знаний – семантические технологии, экспертные системы.

III. Современные тренды искусственного интеллекта

Слабый и сильный ИИ (*Artificial General Intelligence and Narrow AI*)

В вышеупомянутом указе упоминались “перспективные методы искусственного интеллекта – методы, направленные на создание принципиально новой научно-технической продукции, в том числе в целях разработки универсального (*сильного*) искусственного интеллекта (автономное решение различных задач, автоматический дизайн физических объектов, автоматическое машинное обучение, алгоритмы решения задач на основе данных с частичной разметкой и (или) незначительных объемов данных, обработка информации на основе новых типов вычислительных систем, интерпретируемая обработка данных и другие методы)”.

“Сильным” ИИ (*Artificial General Intelligence, AGI, или strong AI*) эксперты называют искусственный интеллект общего уровня, который способен мыслить и действовать. В русском языке используется также термин “общий” искусственный интеллект – синоним английского AGI – это гипотетическая разновидность ИИ, полностью аналогичная человеческому разуму и обладающая самосознанием, способным решать проблемы, учиться и планировать будущее [13].

При этом уже сегодня в различных отраслях используются системы на основе технологий “слабого” ИИ (*narrow AI, NAI*), которые за счет математических алгоритмов, к примеру, помогают повысить эффективность анализа больших объемов данных.

26 октября 2021 г. при поддержке правительства РФ в пресс-центре ТАСС в Москве проходил форум “Этика искусственного интеллекта: начало доверия”, на котором Кирилл Каем, старший вице-президент по инновациям фонда “Сколково” высказал мнение, что разработка “сильного” искусственного интеллекта, обладающего сознанием, потребует еще не менее 15 лет.

К. Каем считает, что следующие пятнадцать лет, в первую очередь, речь будет идти о “слабом” искусственном интеллекте и прикладных решениях или “узком” ИИ. Это означает, что в следующие 10-15 лет мы будем иметь в руках решения, которые еще не обладают сознанием, в отличие от общего или “сильного” ИИ.

Здесь хочется напомнить, что в 1958 году американец Герберт Саймон, позже ставший лауреатом Нобелевской премии по экономике, заявил, что если бы машины допускались к международным соревнованиям, то в ближайшие десять лет они стали бы чемпионами мира по шахматам (впервые компьютер победил гроссмейстера Гарри Каспарова только в 1997 г.).

Объяснимый искусственный интеллект (XAI - Explainable AI)

В последнее время осознается, что методы машинного обучения – по сути дела, черный ящик, они выдают результат, но не объясняют, как он был получен, что снижает доверие и к результату, и к инструменту. Это привело к появлению направления, получившего название **Объяснимый искусственный интеллект (XAI – Explainable AI)** – набор процессов и методов, позволяющих пользователям понять, почему именно алгоритмы машинного обучения пришли к тем или иным результатам или выводам. Объяснимый ИИ применяется для описания модели ИИ, ее ожидаемого влияния и потенциальной предвзятости. Он помогает охарактеризовать точность, достоверность и прозрачность модели, предназначенной для принятия решений с помощью ИИ. Объяснимый ИИ играет важнейшую роль для повышения достоверности и надежности производственных моделей ИИ. Кроме того, объяснимость ИИ помогает организациям с большей ответственностью подходить к разработке ИИ. Авторы [16] предлагают объединить технологии ИИС и экспертных систем, что можно считать одним из направлений объяснимого ИИ.

Следует отметить, что, начиная с 1970-х гг., ученые заинтересовались психологией памяти, механизмами понимания, которые они пытались имитировать на компьютере, и ролью знаний в мыслительном процессе. Это привело к появлению значительно развившихся в середине 1970-х годов методов семантического представления знаний, а также к массовой разработке экспертных систем, названных так потому, что для воспроизведения мыслительных процессов в них использовались знания квалифицированных специалистов. В начале 1980-х годов на экспертные системы возлагались большие надежды в связи с широкими возможностями их применения, например, для медицинской диагностики.

После появления в 90-х гг. прошлого века одного из направлений семантического представления знаний – онтологий, стали активно развиваться семантические технологии [15]. Автором было предложено расширить спектр семантических технологий [8], включив в их число когнитивные, событийные и вероятностные (на основе Байесовских сетей доверия) технологии; результаты их применения при построении

интеллектуальных систем поддержки принятия решений были обобщены в [7].

Встроенный ИИ (*Embedded AI*)

С появлением искусственного интеллекта и технологических новшеств, которые рождаются буквально каждый день, сложное программное обеспечение, встроенное в аппаратные устройства, автомобили и даже дома, теперь позволяет взаимодействовать с объектами не только людям, но и другим объектам.

Встроенный ИИ реализует интеллектуальные функции, обрабатывая алгоритмы на самом устройстве, без обязательного подключения к облаку, что безопасно с точки зрения конфиденциальности и защиты личной информации

Одной из ключевых областей применения встроенного ИИ является сфера здравоохранения и фитнеса – например, трекинг упражнений, питания и психофизических параметров человека. Для того чтобы интегрировать в эту систему общение и воспоминания (в частности, фото и видео), нужно выйти за пределы академического мира прототипов, работающих на мощных компьютерных системах, и научить ИИ работать на бытовых устройствах, которые используют люди.

Доверенный ИИ (*Trustworthy AI*)

Необходимо отметить появление “*доверенного искусственного интеллекта*” – одной из ведущих концепций в области этичного ИИ. Термин “доверенный” используется в ряде международных и российских документов.

Понятие доверенного (англ. *trustworthy*, буквально “заслуживающий доверия, достойный доверия”) искусственного интеллекта зафиксировано в “Руководстве по этике для надежного ИИ” Группы экспертов высокого уровня по искусственному интеллекту Еврокомиссии (*Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, 2019).

Согласно этому документу, доверенный ИИ должен обладать следующими базовыми характеристиками: законный – соответствующий применимому законодательству; этичный – соответствующий этическим принципам и ценностям; робастный – надёжный с технической точки зрения и разработанный с учетом актуального социального контекста.

В России понятие доверенного ИИ с марта 2021 года отражено в стандарте ГОСТ Р 59 276-2020 “Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения”.

Ответственный и композитный ИИ (*Responsible AI and Composite AI*)

Считается, что повышение доверия, прозрачности, справедливости и проверяемости ИИ имеет все большее значение для заинтересованных сторон, и ответственный ИИ (*Responsible AI*) помогает достичь этого.

Ответственный ИИ помогает добиться справедливости, даже если в данные заложены предубеждения, завоевать доверие, и обеспечить соответствие нормативным требованиям, преодолевая вероятностную природу ИИ.

Композитный ИИ (Composite AI) – речь идет об использовании синергии различных типов ИИ – машинного обучения, традиционных систем на основе правил, методов оптимизации, обработки естественного языка и графовых методов – с целью повышения эффективности обучения систем ИИ, уровня “здорового смысла” и способности решать широкий спектр бизнес-задач. При интеграции машинного обучения и традиционных экспертных систем на основе правил пересекается с объяснимым ИИ.

Граничные вычисления (*Edge computing*)

Считается, что *граничные вычисления “Edge computing”* – одна из важных технологических тенденций, которая, по мнению института Gartner, будет доминировать на рынке Интернета вещей (IoT) в этом году. С ростом популярности интеллектуальных устройств, подключенных к сети, а также развитием IoT, различные отрасли, включая: производство, торговлю и автотранспорт, начинают генерировать огромные объемы данных, целевым местом хранения которых являются серверы в “Облаке” [5]. Вопросы применения облачных вычислений в энергетике рассматривались с участием автора в [6].

Концепция граничной аналитики “Edge Analytics” основана на сборе, обработке и анализе данных на периферийных устройствах сети, рядом с датчиками, сетевым коммутаторами или другими подключенным устройствами, т.е. рядом с источником информации и исполняемыми элементами, например, на производстве. Сам термин “Edge Computing” означает, что часть обработки данных происходит на конечных элементах сети, в том месте, где в системах IoT физические объекты связываются с Интернетом. Граничные вычисления дают возможность анализировать ключевые данные в режиме реального времени “на месте”, не отправляя их на центральный сервер. Однако граничные вычисления Edge Computing – это гораздо больше, чем просто расчет и обработка данных на местах. Предполагается, что эта технология обеспечит плавную интеграцию периферийных устройств и облачных вычислений, а также двусторонний обмен информацией.

Цифровые двойники (*Digital Twin*). В заключение обзора рассмотрим такой тренд, как цифровые двойники, который вошел в десятку главных стратегических технологических трендов 2019 года, а в 2021 г. объявлен одной из прорывных технологий в энергетике на 10 лет (доклад ассоциации “Глобальная энергия”). Не вдаваясь в дискуссию о сравнении терминов “компьютерная модель”, “цифровая модель” и “цифровой двойник”, приведем цитату из ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения:

– **Компьютерная модель** (электронная модель): Модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде и представляющая собой совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными.

○ *Примечание – В основе компьютерной модели лежит математическая модель, реализованная в виде программного кода, и данные, определяющие конкретный объект моделирования. Для применения компьютерной модели в процессе моделирования необходимо использовать программное обеспечение компьютерного моделирования и вычислительной техники.*

– **Цифровая модель изделия:** Система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

– **Цифровой двойник изделия; ЦД:** Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.

IV. 12 стратегических технологических трендов на 2022 г. по версии компании Гартнер

Компания Гартнер ежегодно представляет список стратегических технологических трендов на следующий год. Рассмотрим 12 таких трендов на 2022 г. (от 21 октября 2021 г.) [17].

1. Генеративный искусственный интеллект (*Generative AI*)

Генеративный ИИ – это метод машинного обучения, при котором нейросеть изучает массив данных, например, фотографии, видео или текст, на определенную тему, после чего использует полученную информацию для создания аналогичного, но собственного контента.

Возможности инструмента практически не имеют границ, генеративный ИИ используют для создания программного кода, при разработке лекарств или в рамках целевого маркетинга.

Аналитики Gartner прогнозируют, что к 2025 году около 10% всех производимых на планете данных будут приходиться на генеративный ИИ.

2. Фабрики данных (*Data Fabric*)

Количество разрозненных дата-центров и приложений за последние годы существенно выросло, в это же время число сотрудников в командах по обработке либо осталось прежним, либо и вовсе уменьшилось.

В связи с этим в мире вырос спрос на фабрики данных – b2b-сервисы, осуществляющие посредничество между платформами и бизнес-пользователями.

С их помощью можно повысить точность обработки информации за счет встроенной аналитики, при этом сократив время окупаемости.

3. Территориально-распределенные предприятия (*Distributed Enterprises*)

Речь идет о компаниях, чьи сотрудники работают удаленно или в гибридном формате.

По прогнозам Gartner, в 2023 году доходы 75% работающих по такой модели предприятий будут расти на 25% быстрее, чем у их конкурентов.

Удаленные или гибридные модели все более популярны, а традиционный формат работы в офисе становится менее актуальным.

4. Облачные платформы (*Cloud-native Platforms*)

Чтобы сделать цифровые возможности доступными повсеместно, компаниям придется отказаться от привычных представлений об экспансии и использовать облачные платформы.

Они предоставляют масштабируемые ИТ-возможности для создания и развития сервисов, что сокращает время на окупаемость и снижает затраты.

По прогнозам Gartner, облачные платформы к 2025 году будут использоваться более чем в 95% новых цифровых сервисов, в то время как сейчас они обслуживают менее 40%.

5. Автономные системы (*Autonomic Systems*)

По мере роста компаний традиционное программирование или простая автоматизация не смогут обеспечить их масштабирование.

Автономные системы – это самоуправляемые программы, которые учатся на основе своего окружения. Автономные системы способны динамически изменять собственные алгоритмы без обновления ПО, что позволяет им быстро адаптироваться к новым условиям в режиме реального времени, подобно тому, как это делают люди.

В Gartner убеждены, что автономные системы вскоре станут обычным явлением, которое используют при программировании роботов, дронов и производственных машин.

6. Интеллект принятия решений (*Decision Intelligence*)

Интеллект при принятии решений – это инженерная дисциплина, которая совмещает науку о данных с теорией социальных наук. Его приложение предоставляет основу для масштабного применения машинного обучения.

По прогнозам Gartner, в ближайшие два года треть крупных организаций будут использовать данный метод для стратегического принятия решений, чтобы улучшить конкурентные преимущества.

7. Составные приложения (*Composable Applications*)

Во время кризисов и высокой степени неопределенности компаниям важно иметь возможность быстро адаптировать свой бизнес, для этого необходима технологическая архитектура, которая позволит быстро, безопасно и эффективно изменять приложения.

Такую адаптивность способна обеспечить композитная архитектура приложений.

Компании, которые будут использовать композитный подход, будут развиваться быстрее конкурентов на 80%, считают аналитики Gartner.

8. Гиперавтоматизация (*Hyperautomation*)

Гиперавтоматизация обеспечивает ускоренный рост и повышение устойчивости бизнеса за счет быстрой идентификации, проверки и

автоматизации как можно большего числа процессов.

Gartner отмечает три ключевых направления гиперавтоматизации: повышение качества работы, ускорение бизнес-процессов, повышение гибкости принятия решений.

9. Вычисления, укрепляющие конфиденциальность (*Privacy-Enhancing Computation, PEC*)

По прогнозу Gartner, методы PEC, которые защищают личную и конфиденциальную информацию на уровне данных, программного или аппаратного обеспечения, а также обеспечивают безопасный обмен и анализ этих данных, к 2025 году будут использоваться в 60% крупных компаний.

10. Сеть кибербезопасности (*Cybersecurity Mesh*)

“Сегодня и активы, и пользователи могут находиться где угодно, а это значит, что традиционный подход к системам безопасности уходит в прошлое. Теперь необходима архитектура сетей кибербезопасности (CSMA)”, – считает вице-президент Gartner Дэвид Грумбридж. CSMA – это распределенный архитектурный подход к гибкому и надежному управлению кибербезопасностью. Она позволяет обеспечить интегрированную структуру безопасности и защитить все активы, независимо от их местонахождения.

К 2024 году компании, внедряющие CSMA в свои экосистемы, сократят финансовые потери от взломов и утечек на 90%.

11. Разработка (инженерия) искусственного интеллекта (*AI Engineering*)

IT-руководители сталкиваются с проблемой интеграции искусственного интеллекта в приложения, тратят время и деньги на проекты ИИ, которые так и не запускаются, или пытаются сохранить ценность решений ИИ в процессе запуска.

Разработка систем на основе ИИ – это комплексный подход к реализации моделей ИИ.

К 2025 году такие методы разработки ИИ будут приносить как минимум в три раза больше прибыли компаниям, которые будут внедрять их.

12. Совокупный опыт (*Total experience, TX*)

Совокупный опыт – это стратегия, которая сочетает в себе и клиентский опыт, и опыт сотрудников. Цель подхода – повысить доверие, удовлетворенность, лояльность и поддержку как клиентов, так и сотрудников.

За счет достижения адаптивных и устойчивых бизнес-результатов TX организации будут увеличивать выручку и прибыль, констатируют в Gartner.

V. Этика искусственного интеллекта

На упомянутом выше Международном форуме “Этика искусственного интеллекта: начало доверия” в число обсуждаемых тем вошли этические принципы разработки и применения ИИ, государственные меры поддержки в этой сфере, механизмы внедрения технологий в приоритетных отраслях, а

также мировые практики регулирования и стандарты международного взаимодействия.

Этические риски ИИ рассматриваются, например, в [8]. Выделяются риски трех видов: дефицит работы, которая вместо людей будет выполняться машинами; последствия для независимости человека и, в частности, для его свободы и безопасности; опасения, что более “умные” машины будут доминировать над людьми и станут причиной гибели человечества. Там же отмечается, что “при ближайшем рассмотрении становится очевидно, что работа для людей не пропадает, а трансформируется, требуя новых навыков. Точно так же независимость человеческой личности и ее свобода не подвергаются неминуемой опасности из-за развития ИИ – при условии, однако, что мы останемся бдительными перед лицом вторжения технологий в частную жизнь. И, наконец, в противоположность некоторым утверждениям, машины не несут в себе экзистенциального риска для человечества, поскольку их автономия носит лишь технический характер и в этом смысле не соответствует цепочкам материальной причинности, идущим от информации к принятию решений. Кроме того, машины не самостоятельны в моральном плане, и потому, даже если иногда они сбивают нас с толку и вводят в заблуждение своими действиями, они все же не обладают собственной волей и подчиняются тем целям, которые мы перед ними ставим”.

Следует упомянуть, что ключевым событием упомянутого выше форума стало подписание Кодекса этики искусственного интеллекта, разработанного с учетом требований Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Он должен стать частью федерального проекта “Искусственный интеллект” и Стратегии развития информационного общества на 2017-2030 гг. Авторы кодекса – Альянс в сфере искусственного интеллекта совместно с Аналитическим центром при правительстве РФ и Минэкономразвития.

Заключение. В статье не ставилась задача дать полный обзор истории и направлений развития ИИ. В то же время хотелось обобщить имеющуюся информацию о современном этапе ИИ в связи с распространением концепции “цифровизации” и уточнить ряд терминов. Рассмотрены “угрозы” сильного ИИ, новые термины и технологии, понятия этики ИИ, а также 12 технологических трендов компании Гартнер на 2022 г.

Благодарности. Результаты получены в рамках выполнения в рамках проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН № темы: FNEU-2021-007, рег. № АААА-17-117030310444

Список литературы

1. Бушуев, В.В. Интеллектуальное (когнитивное) прогнозирование и управление в энергетике / В.В. Бушуев // В кн.: Системные исследования в энергетике: методология и результаты / Под ред. А.А. Макарова и Н.И. Воропая. – М.: ИНЭИ РАН, 2018. – С. 102-112.
2. Измерение и оценка результатов и эффектов цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса // Матер. Института энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН) по результатам НИР “Разработка научно обоснованных предложений по измерению и

оценке результатов и эффектов цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса”.

<https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/29a/29a0484ea0e4bd272252a486a80f2c32.pdf> Дата доступа 17.11.2021

3. Искусственный интеллект: между мифом и реальностью. <https://ru.unesco.org/courier/2018-3/iskusstvennyu-intellekt-mezhdu-mifom-i-realnostyu>. Дата доступа 14.12.2021.

4. Концепция граничных вычислений <https://2g3g4g5g.ru/mec-edge-computing-iot/> Дата доступа 8.12.2021

5. Любарский, Ю.Я. Оперативный диспетчерский анализ нештатных ситуаций в электрических сетях промышленных предприятий – компьютерная поддержка на основе технологии экспертных систем / Ю.Я. Любарский // Промышленная энергетика, 2017, № 9. – С. 2-6.

6. Массель, Л.В. “Облачная” структура энергоинформационных систем / Л.В. Массель, В.В. Грибова, А.Н. Копайгородский // В кн.: Инновационная электроэнергетика-21 / Под ред. Батенина, В.М., Бушуева, В.В., Воропая, Н.И. – М.: ИЦ “Энергия”, 2017. – С. 556-577.

7. Массель, Л.В. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики / Л.В. Массель, А.Г. Массель // Известия Томского политехнического университета. 2012. – Т. 321. – № 5. Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 135-141.

8. Массель, Л.В. Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике / Л.В. Массель // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – №2.– 2010. – С. 34-43.

9. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. – М.: ООО “АльянсПринт”, 2019. – 368 стр., ил.

10. Пять отличий автоматизации от цифровизации <https://www.bigdataschool.ru /blog/цифровизация-и-автоматизация.html>. Дата доступа 13.12.2021

11. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. Пер. с англ. М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2016. – 1408 с.

12. Самая многообещающая технология. Чем вызвано всеобщее помешательство на машинном обучении? [https://www.tadviser.ru/index.php_\(Machine_Learning\)](https://www.tadviser.ru/index.php_(Machine_Learning)) Дата доступа 13.12.2021

13. Сильный, И.И. <https://nauka.tass.ru/nauka/12769989> Дата доступа 8.12.2021

14. Финн В.К. Чертова дюжина искусственного интеллекта. <https://stimul.online/articles/science-and-technology/chertova-dyuzhina-idealnogo-intellekta-beseda-pervaya>. Дата доступа 13.12. 2021

15. Хорошевский, В.Ф. Семантические технологии: ожидания и тренды / В.Ф. Хорошевский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS -2012) // Матер. II Междунар. научно-технич. конф. БГУИР. Минск, 2012. – С. 143-158.

16. Хренников, А.Ю. Использование элементов искусственного интеллекта: компьютерная поддержка оперативных решений в интеллектуальных энергетических сетях / А.Ю. Хренников, Ю.А. Любарский. – М.: Литрес, 2021. – 140 с.

17. <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/617122b79a7947a8d7cc0ebf> Дата доступа 13.12.2021

References

1. Bushuev, V.V. Intellektual'noe (kognitivnoe) prognozirovanie i upravlenie v energetike [Intelligent (cognitive) forecasting and management in energy]. Moscow: INEI RAN, 2018, pp. 102-112.

2. Izmerenie i ocenka rezul'tatov i jeffektov cifrovoj transformacii toplivno-

energeticheskogo kompleksa. [Measurement and assessment of the results and effects of digital transformation of the fuel and energy complex <https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/29a/29a0484ea0e4bd272252a486a80f2c32.pdf> (accessed 17.11.2021).

3. Iskusstvennyj intellekt: mezhdumifom i real'nost'yu [Artificial intelligence: between myth and reality]. <https://ru.unesco.org/courier/2018-3/iskusstvennyy-intellekt-mezhdumifom-i-realnostyu>. Access date 14.12.2021.

4. Konceptsiya granichnyh vychislenij [Edge computing concept]. <https://2g3g4g5g.ru/mec-edge-computing-iot/> Access date 8.12.2021.

5. Lyubarskij, Yu.Ya. Operativnyj dispetcherskij analiz neshtatnyh situacij v elektricheskikh setyah promyshlennyh predpriyatij – komp'yuternaya podderzhka na osnove tekhnologii ekspertnyh system [Operational dispatch analysis of emergency situations in electrical networks of industrial enterprises - computer support based on the technology of expert systems]. Promyshlennaya energetika, 2017, no. 9, pp. 2-6.

6. Massel, L.V. et al. "Oblachnaya" struktura energoinformacionnyh system ["Cloud" structure of energy information systems]. Innovacionnaya elektroenergetika-21, Moscow: PC "Energiya", 2017, pp. 556-577.

7. Massel, L.V., Massel, A.G. Intellektual'nye vychisleniya v issledovaniyah napravlenij razvitiya energetiki [Intelligent computing in energy research]. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012, vol. 321, no. 5. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika, pp. 135-141.

8. Massel, L.V. Primenenie ontologicheskogo, kognitivnogo i sobytijnogo modelirovaniya dlya analiza razvitiya i posledstvij chrezvychajnyh situacij v energetike [Application of ontological, cognitive and event modeling to analyze the development and consequences of emergency situations in the energy sector]. Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij, 2010, no. 2, pp. 34-43.

9. Prohorov, A., Konik, L. Cifrovaja transformacija. Analiz, trendy, mirovoj opyt. [Digital transformation. Analysis, trends, world experience.]. Moscow: "Al'jansPrint", 2019, 368 p.

10. Pjat' otlichij avtomatizacii ot cifrovizacii [Five differences between automation and digitalization]. <https://www.bigdataschool.ru/blog>

11. Rassel, S., Norvig, P. Iskusstvennyj intellekt: sovremennyy podhod [Artificial Intelligence: a Modern Approach]. Moscow: "P. H. Vil'jams", 2016, 1408 p.

12. Samaya mnogoobeshchayushchaya tekhnologiya. Chem vyzvano vseobshchee pomeshatel'stvo na mashinnom obuchenii? [Most Promising Technology. What is the cause of the general obsession with machine learning?] <https://www.tadviser.ru/index.php>.

13. Sil'nyj, I.I. <https://nauka.tass.ru/nauka/12769989>

14. Finn, V.K. Chertova dyuzhina iskusstvennogo intellekta [A damn dozen of artificial intelligence]. <https://stimul.online/articles/science-and-technology/chertova-dyuzhina-idealnogo-intellekta-beseda-pervaya/>

15. Horoshevskij, V.F. Semanticheskie tekhnologii: ozhidaniya i trendy [Semantic technologies: expectations and trends]. Minsk, 2012, pp. 143-158.

16. Hrennikov, A.Yu., Lyubarskij, Yu.A. Ispol'zovanie elementov iskusstvennogo intellekta: komp'yuternaya podderzhka operativnyh reshenij v intellektual'nyh energeticheskikh setyah [Using elements of artificial intelligence: computer support for operational decisions in smart energy grids]. Moscow: Litres, 2021, 140 p.

17. <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/617122b79a7947a8d7cc0ebf>

Дата поступления в редакцию 06.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторе

Массель Людмила Васильевна – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, зав. отделом "Системы искусственного интеллекта в энергетике". Институт систем

энергетики им Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130, тел. +79148736049, e-mail: massel@isem.irk.ru).

Information about the author

Massel Lyudmila V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of "Artificial Intelligence Systems in Energy". Institute of Energy Systems named after L.A. Melentiev SB RAS (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033, tel. +79148736049, e-mail: massel@isem.irk.ru).

УДК 338.43:004(571.150)

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

А.А. Молокова, Ю.В. Герауф

ФГБОУ Алтайский ГАУ
г. Барнаул, Алтайский край, Россия

В работе цифровизация рассматривается как ключевой фактор дальнейшего развития сельского хозяйства на сельских территориях. Берется во внимание большое отставание нашей страны в развитии цифровой отрасли от других прогрессивных в данной области стран мира. Приведены объективные и субъективные причины недостаточного использования цифровых технологий в аграрном секторе с учетом региональной специфики и вовлечения разных слоев населения в пользование информационными технологиями. Предположены предпосылки к развитию информационных технологий. В статье отмечается, что распространение в аграрном секторе цифровизации позволит проектировать и внедрять сложные логистические информационные системы, которые, в свою очередь, существенно увеличат количество получаемой продукции с минимальными потерями в процессе сборов и сохранения урожая, а это значительно повысит эффективность сельского хозяйства. Была рассмотрена государственная программа, направленная на достижение устойчивого развития и улучшение качества жизни населения, в том числе сельского, для которого развитие аграрного сектора актуально. Уделено внимание внедренным технологиям в сельскохозяйственные организации и их результативности.

Ключевые слова: сельское хозяйство, цифровизация, сельская местность, аграрный сектор, информационные технологии.

**DIGITALIZATION AS A KEY FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF
AGRICULTURE**

Molokova A.A., Gerauf Y.V.

FSBEI HE Altai SAU
Barnaul, Altai Krai, Russia

In the paper, digitalization is considered as a key factor in the further development of agriculture in rural areas. The large lag of our country in the development of the digital industry

from other progressive countries in this area is taken into account. The objective and subjective reasons for the insufficient use of digital technologies in the agricultural sector are given, taking into account regional specifics and involving different segments of the population in the use of information technologies. Prerequisites for the development of information technologies are suggested. The article notes that the spread of digitalization in the agricultural sector will make it possible to design and implement complex logistics information systems, which, in turn, will significantly increase the amount of products received with minimal losses in the process of harvesting and preserving the crop, and this will significantly increase the efficiency of agriculture. The state program aimed at achieving sustainable development and improving the quality of life of the population, including the rural population, for which the development of the agricultural sector is relevant, was considered. Attention is paid to the introduced technologies in agricultural organizations and their effectiveness.

Keywords: agriculture, digitalization, countryside, agrarian sector, information technology.

Цифровизация охватывает многие стороны жизнедеятельности нашего общества. Этот процесс проходит в различных регионах и отраслях по-разному. Сама цифровизация направлена, как в территориальном, так и отраслевом разрезе на преодоление диспропорций, стирание различий между городом и деревней, бедными и богатыми регионами. Однако перевести на цифровые платформы можно то, что уже существует реально. С другой стороны, реальный сектор экономики в перспективе не в состоянии развиваться без виртуальных технологий. Как показывает опыт Китая и других стран в области цифровизации экономики, такой замкнутый круг может прервать лишь государственное регулирование. В связи с этим оснащение цифровыми технологиями села нуждается в особой институциональной поддержке государства, что представляется наиболее актуальной проблемой.

Переход к цифровой экономике подразумевает наличие развитой информационной инфраструктуры, конкурентоспособного производства цифровых товаров и услуг. Инфраструктуру цифровой экономики формируют организации сектора информационно-коммуникационных технологий, осуществляющие деятельность в сфере телекоммуникаций, производства оборудования, оптовой торговли товарами и оказания информационно-телекоммуникационных услуг [1].

По утверждениям специалистов по уровню использования информационных технологий Россия отстает от развитых стран на 4-7 лет. По регионам страны инфраструктура достаточно неравномерно размещена, что увеличивает дифференциацию на уровнях цифровизации между более развитыми территориями и менее развитыми регионами.

По территории проживания также имеются различия: население в сельской местности в меньшей степени владеет цифровыми навыками, чем горожане. Это характерно, как для России, так и для стран ЕС [2].

Актуальность данной работы заключается в том, что “цифровизация сельского хозяйства” является важным элементом в достижении высоких

показателей производительности сельского хозяйства во всех регионах России, в том числе Алтайского края.

Национальная программа “Цифровая экономика Российской Федерации” направлена на достижение устойчивого развития и улучшение качества жизни, на сокращение разрыва в доходах беднейших и богатейших граждан. Беднейшие граждане сегодня в основном сосредоточены в сельских районах. Это связано с тем, что в сельских районах уровень безработицы выше и среднедушевые доходы ниже, чем в городской местности. Реализуемая ныне в России Программа устойчивого развития сельских территорий до 2030 г. в качестве мер по повышению уровня жизни населения в сельской местности предусматривает обеспечение доступа к мобильной связи и широкополосному доступу к сети Интернет [5].

Алтайский край – житница не только Сибири, но и всей страны. Это крупнейший производитель зерна в Российской Федерации, регион входит в число российских субъектов – лидеров по развитию животноводческой отрасли и располагает серьезными перспективами дальнейшего развития производства сельскохозяйственной продукции.

Агропромышленный комплекс (АПК) – наиболее устойчивая и активно развивающаяся отрасль экономики Алтайского края. Регион обладает самым большим клином пахотных земель в стране – 6.5 миллиона гектаров. По объемам производства зерна Алтайский край входит в пятерку регионов-лидеров – это до 40% зерна в Западной Сибири. Активное внедрение цифровых технологий позволит повысить эффективность сельского хозяйства, снизить себестоимость продукции, сформировать новые наукоемкие производства, привлечь в отрасль специалистов новых профессий и повысить уровень жизни в селе.

Алтайский край пока единственный субъект РФ, который с середины 2018 года реализует проект по цифровизации сельского хозяйства [8].

Единственным он считается в связи с тем, что первым в стране создал цифровую площадку для электронного документооборота в АПК. Сегодня на ней работает около трех тысяч хозяйств, оформляя в электронном виде документы на получение субсидий.

Быть пилотным регионом – с одной стороны большая ответственность, с другой – возможность апробировать и внедрить лучшие цифровые решения, имеющиеся в стране и мире. Эта работа послужит очередным импульсом к повышению уровня цифровизации, а значит, и качества жизни населения, в первую очередь - сельского.

Так, для цифровизации самого сельскохозяйственного производства в Алтайском крае благоволят различные благоприятные условия. По предоставленным данным в таблицы 1 следует, что основная часть сельскохозяйственной продукции (59.6% в 2021 г.) производится сельскохозяйственными организациями, остальные категории хозяйств производят меньше продукции (40.4% в 2021г.).

Таблица 1 – Структура продукции сельского хозяйства в Алтайском крае по категориям хозяйств (в % к итогу)

Хозяйства всех категорий	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
	100	100	100	100	100
Сельскохозяйственные организации	52.1	54.0	56.6	58.1	59.6
Хозяйства населения	29.4	27.6	25.4	21.9	16.6
Крестьянские (фермерские) хозяйства	18.5	18.4	18.0	20.0	23.8

Кроме того, наблюдается тенденция увеличения доли сельскохозяйственных организаций в общем объеме производства за 2017-2021 гг., что связано, прежде всего, с использованием аграриями Алтайского края цифровых технологий [10].

Но даже с учетом таких положительных тенденций, препятствием к полному переходу на цифровизацию аграрного сектора являются риски форс-мажорной группы, страновые риски и, как следствие, недостаточная государственная поддержка отрасли АПК.

Несомненно, цифровизация сельского хозяйства региона, а также внедрение новых технологий, позволяют существенно, на десятки процентных пунктов, повышать эффективность аграрного производства. Одна десятая часть пашни в Алтайском крае уже обрабатывается с использованием цифровых решений, что позволяет повышать урожайность зерновых до показателя более 50 центнеров с гектара, а зачастую и намного выше [4].

В настоящее время разработан ряд интересных проектов в области цифровизации сельхозпроизводства, системы точного земледелия, а также образцы современной энергонасыщенной сельхозтехники для почвообработки, посева, кормозаготовки, уборки урожая и выполнения других операций на земле.

Использование навигационно-информационных систем и систем высокоточного позиционирования требует новых подходов к подготовке специалистов. Поэтому в Алтайском государственном аграрном университете создан центр компетенции по цифровизации сельского хозяйства, который будет готовить методики работы в сфере логистики, поставок сырья и готовой продукции, расчета семян и кормов, подбора удобрений, банка агрорешений. Там же работает учебно-консультационный центр Алтайского кластера аграрного машиностроения имени Александра Ежовского, открыт учебный класс точного земледелия. То есть на базе ведущего аграрного вуза Алтая уже ведется подготовка кадров для работы с агротехнологиями XXI века.

Сельское хозяйство, в отличие от других отраслей циклично, поэтому возможны заметные колебания производства, которые зависят от природных условий. Неблагоприятные погодные условия ведут к снижению производства. По этой причине в России в 2021 году снижен урожай зерна, а слабые урожаи сахарной свеклы и масличных культур годом ранее отразились на производстве сахара и подсолнечного масла. По данным Росстата, урожай зерна в России в 2021 году составил 121.4 млн т зерна, что на 9.1% ниже урожая предыдущего года (133.5 млн т). Снижение урожая зерна вызвало рост стоимости кормов, что, в свою очередь, повлияло на отрасли животноводства, в частности, на производство мяса птицы [7].

Но даже в таких тяжелых условиях Алтайский край вошел в топ-5 субъектов РФ по производству зерновых в 2021 году. Аграрии засыпали в закрома страны 5581.1 тыс. т зерна (табл. 2) [9].

Дальнейшее развитие аграрного бизнеса, который будет приносить максимальную прибыль с минимальными потерями, немислимо без использования цифровых технологий в данной сфере.

Таблица 2 - Валовые сборы зерна (в весе после доработки) в хозяйствах всех категорий согласно данным Росстата

№	Субъект РФ	Валовые сборы зерна в 2021г., тыс. тонн	В % к 2020г.
1	Краснодарский край	14794.1	122.2
2	Ростовская область	13542.5	108.6
3	Ставропольский край	9101.5	157.9
4	Алтайский край	5581.1	141.3
5	Курская область	4402.8	75.3

Основными драйверами цифровизации агробизнеса, как показывает мировая и отечественная практика, являются:

1. Беспилотные летательные аппараты (дроны). Дроны сегодня в состоянии анализировать почву, выявлять участки, требующие полива или нанесения удобрения, точно осуществить полив, нанесение удобрения и обработку зараженных вредителями растений, доставлять необходимые людям вещи, медикаменты и еду. Но при всех своих преимуществах дроны имеют и недостатки: их эксплуатация зависит от погодных условий, а их приобретение требует больших затрат, которые могут себе позволить лишь крупные хозяйства [3].

2. Умные тракторы и комбайны, работающие в беспилотном режиме. В нашей стране уже имеются успешно апробированные образцы этого вида техники. Необходимо их дальнейшее совершенствование, наладка серийного производства и ценовая доступность для отечественных сельхозпроизводителей.

3. Интернет вещей (IoT) в аграрной сфере, в том числе технологии радиочастотной идентификации, – RFID. Сертифицированные в международной организации ICAR отечественные RFID позволяют использовать метки для идентификации и учёта животных, что существенно повышает уровень продовольственной безопасности. Ведущими направлениями применения IoT в сельском хозяйстве страны являются: точное земледелие, умные фермы и теплицы, управления техникой и сырьём.

4. ГИС (включая дистанционное зондирование земли).

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством является использование географических информационных систем. Подобные системы позволяют решать следующие задачи:

- информационная поддержка принятия решений на базе накопленных данных цифровой модели местности, дистанционного зондирования земель, характеристик почв, использования земельных ресурсов;

- планирование агротехнических операций с привязкой всех необходимых земельных, трудовых и материально-технических ресурсов во времени и пространстве;

- мониторинг агротехнических операций и состояния посевов на основе получения данных агрохимического анализа почв по каждому рабочему участку поля;

- прогнозирование урожайности культур и оценка потерь посредством наблюдения за состоянием посевов с учетом влияния природно-климатических условий.

В период сельскохозяйственных работ аграриям приходится принимать более сорока управленческих решений (что сеять, когда сеять, где сеять, какие семена использовать, как обрабатывать землю и посевы, какие удобрения использовать, когда и как поливать, когда начинать сбор урожая и др.). Недостаток информации приводит к просчетам при принятии управленческих решений. В итоге теряется 40% урожая до его сбора, т.е. из 100 т потенциального урожая обычно собирают 60.

Отсутствие информации и ошибки в управлении по звеньям логистической цепи “поле-транспорт-склад-хранение-переработка-магазин” приводит к потере еще 40% собранного урожая, т.е. от 60 т собранного урожая до потребителя доходит 36 т продукции. Лишь одну треть потерь можно списать на погоду, а остальные потери – результат неэффективных решений из-за отсутствия информации. Вот почему так важно использовать цифровые технологии в сельском хозяйстве, включая подключение аграриев к платформе систем отслеживаемости семенного материала и системы сквозной отслеживаемости продукции животноводства [4].

Космический мониторинг полей, дистанционно управляемые тракторы и комбайны, системы точного земледелия – это реальность для аграрного

комплекса края. Например, в хозяйстве “Родинский” Родинского района благодаря использованию широкого спектра IT-решений (спутниковая навигация техники, элементы точного земледелия, собственные метеостанции) на площади более 15 тыс. га урожайность ряда сельхозкультур возросла в три раза. Расход горюче-смазочных материалов за счёт установки специальных датчиков сокращается на 25-30%. В данном хозяйстве сельхозтехника оборудована различными датчиками. С помощью них контролируют геометрию оборудования при работе. Это, например, позволяет агроному дистанционно с точностью до сантиметров отследить глубину вспашки почвы на каждом из полей [6].

На сельхозпредприятии Племпредпродуктор «Тимирязевский» Мамонтовского района урожайность сельхозкультур повышают с помощью ликвилайзера – иньектора жидких минеральных удобрений. Внесение осуществляется по выстроенному системой спутниковой навигации треку движения техники, внесение удобрений осуществляется на нужную глубину.

Хозяйств, которые применяют элементы цифровых технологий, в регионе много, но степень оснащённости у всех разная. Если оценивать все векторы цифровизации, то в данный момент в сельском хозяйстве Алтайского края передовыми цифровыми технологиями охвачено более 660 тыс. га пашни, что составляет примерно 10% её общей площади.

Таким образом, цифровизация позволяет шагнуть на новый уровень, на котором работа, выполняемая ранее последовательно, осуществляется параллельно. Однако цифровизация на селе находится на начальном пути. При этом от уровня использования цифровых технологий через адресную государственную поддержку зависит развитие сельских территорий.

Список литературы

1. Абдрахманова, Г.И. Индикаторы цифровой экономики: 2021: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. / Нац. исслед. ун-т “Высшая школа экономики”. – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 380 с.
2. Агровестник [Электронный ресурс] URL: <https://agrovesti.net/news/indst/urozhaj-zerna-v-rf-v-2021-g-sostavil-121-4-mln-tonn-pshenitsy-76-mln-rosstat.html>
3. Асалханов П.Г. Применение интеллектуальных технологий в сельском хозяйстве / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик // В сб.: Комплексное развитие сельских территорий. Матер. Всерос. (национальной) научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения Почетного работника высшего профессионального образования РФ, кандидата экономических наук, профессора Зверева Александра Федоровича. п. Молодежный, 2022. С. 20-25.
4. Герауф, Ю.В. Сокращение затрат предприятия при использовании минеральных удобрений в сельском хозяйстве Алтайского края с помощью современных спутниковых систем / Ю.В. Герауф, Д.В. Котенко и др. // Матер. междунар. научной конф. “Современные тенденции и перспективы развития агропромышленного и транспортного комплексов России”. – Новосибирск, 2021. – С. 325-329.
5. Герауф, Ю.В. Цифровизация – ключ к развитию сельского хозяйства в регионе (на материалах Алтайского края) / Ю.В. Герауф, А.П. Лахина // Матер. междунар. научно-

практ. конф. “Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения”. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 15-19.

6. Герауф, Ю.В. Финансовое состояние сельскохозяйственных организаций: тенденции и перспективы в условиях инновационного развития (на материалах Алтайского края) / Ю.В. Герауф, Н.И. Глотова // Матер. междунар. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения”. – Курган, 2021, С. 464-468.

7. Кербер, И.Я. Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России / И.Я. Кербер, Ю.В. Герауф // Матер. XVII междунар. научно-практ. конф. “Аграрная наука – сельскому хозяйству”. Сб. В 2-х книгах. – Барнаул, 2020. – С. 96-98.

8. Министерство сельского хозяйства Алтайского края [Электронный ресурс] URL: <https://altagro22.ru/>

9. Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс] / <http://government.ru/department/59/events/>

10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [Электронный ресурс] URL: <https://akstat.gks.ru/>

References

1. Abdrahmanova, G.I. et all. Indikatory cifrovoj ekonomiki: 2021: statisticheskij sbornik [Indicators of the digital economy: 2021: statistical collection]. Moscow: NIU VSHE, 2021, 380 p.

2. Agrovestnik. <https://agrovesti.net/news/indst/urozhaj-zerna-v-rf-v-2021-g-sostavil-121-4-mln-tonn-pshenitsy-76-mln-rosstat.html>

3. Gerauf, Yu.V., et all. Sokrashchenie zatrat predpriyatiya pri ispol'zovanii mineral'nyh udobrenij v sel'skom hozyajstve Altajskogo kraja s pomoshch'yu sovremennyh sputnikovyh system. [Reducing the costs of the enterprise when using mineral fertilizers in agriculture of the Altai Territory with the help of modern satellite systems]. Novosibirsk, 2021, pp. 325-329.

4. Gerauf, Yu.V., Lahina, A.P. Cifrovizaciya – klyuch k razvitiyu sel'skogo hozyajstva v regione (na materialah Altajskogo kraja). [Digitalization is the key to the development of agriculture in the region. based on the materials of the Altai Territory]. Sankt-Peterburg, 2022, pp. 15-19.

5. Gerauf, Yu.V., Glotova, N.I. Finansovoe sostoyanie sel'skohozyajstvennyh organizacij: tendencii i perspektivy v usloviyah innovacionnogo razvitiya (na materialah Altajskogo kraja). [Financial condition of agricultural organizations: trends and prospects in the conditions of innovative development. based on the materials of the Altai Territory]. Kurgan, 2021, pp. 464-468.

6. Irkutskaya oblast'[Irkutsk region]]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49354763>

7. Kerber, I.Ya., Gerauf, Yu.V. Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. [Actual problems and prospects of development of the agro-industrial complex of Russia]. Barnaul, 2020, pp. 96-98.

8. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Altajskogo kraja [Ministry of Agriculture of the Altai Territory]. <https://altagro22.ru/>

9. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF [Ministry of Agriculture of the Russian Federation]. <http://government.ru/department/59/events/>

10. Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Altajskomu kraju i Respublike Altaj [Department of the Federal State Statistics Service for the Altai Territory and the Altai Republic]. <https://akstat.gks.ru/>

Дата поступления в редакцию 06.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторах

Молокова Анастасия Александровна – магистрант экономического факультета. Алтайский государственный аграрный университет (656002, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, тел. 89293247630, e-mail molokova_anastasya@mail.ru).

Герауф Юлия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов, бухгалтерского учета и аудита. Алтайский государственный аграрный университет (656031, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, тел. 89039119453, e-mail julia_gerauf@mail.ru).

Information about the authors

Molokova Anastasia A. – Master Student of the Faculty of Economics. Altai State Agrarian University (Barnaul, Altai Territory, Russia, 656002, tel. 89293247630, e-mail molokova_anastasya@mail.ru).

Gerauf Yuliya V. – Candidate of Economic Sciences, Ass. Prof. of the Department of Finance, Accounting and Audit. Altai State Agrarian University (Barnaul, Altai Territory, Russia, 656002, tel. 89039119453, e-mail julia_gerauf@mail.ru).

УДК 631.619 (571.56)

**К ВОПРОСУ СОСТАВЛЕНИЯ ОПИСАНИЯ МОДЕЛИРУЕМОЙ
СИСТЕМЫ**

А.В. Петров

Иркутский национальный исследовательский технический университет
г. Иркутск, Россия

В работе рассматриваются методологические вопросы построения моделей, а именно составления описания моделируемой системы. Выделяются два этапа составления описания объекта моделирования – системный и математический. Для реализации первого этапа предлагается использовать методологию системного подхода с тем, чтобы получить наиболее полное описание и, следовательно, качественное понимание сути исследуемого объекта, механизмов, обеспечивающих его функционирование, возможных путей модернизации. За основу принята методология системных исследований, предложенная А.А. Ляпуновым и С.В. Яблонским. Второй этап представляет собой методику статистического анализа, ориентированную на анализ основных свойств случайных процессов (стационарность, периодичность и нормальность) и реализацию стандартных статистических методов. Представленная методика объединяет в единой целое не только оценивание основных свойств случайных процессов, но связывает известные и традиционные статистические методы теории оценивания и теории проверки гипотез в единое целое. После применения изложенной методики проведения статистического анализа исследователь располагает сведениями, достаточными для выбора метода воспроизведения того или иного процесса. Оценивается выбор пути получения исходных данных: их воспроизведение каким-либо методом генерирования или малоэффективное использование реальных рядов наблюдений при достаточном их количестве в зависимости от целей моделирования и наличия достаточных объемов данных. Имитация, как статистический метод, требует многократных повторений численных экспериментов (для усреднения результатов) и, естественно, что необходимо

использовать различные, но эквивалентные по вероятностным свойствам, реализации случайных процессов. А это возможно только с помощью методов генерирования. При этом одним из результатов математического описания является привязка к методам генерирования исходных данных для проведения численных экспериментов.

Ключевые слова: модель, моделирование, описание системы, системный подход, математическое описание.

TO THE QUESTION OF DRAFTING A DESCRIPTION OF THE SIMULATED SYSTEM

Petrov A.V.

Irkutsk National Research Technical University
Irkutsk, Russia

The paper deals with methodological issues of building models, namely, compiling a description of the modeled system. There are two stages of compiling the description of the object of modeling – systemic and mathematical. To implement the first stage, it is proposed to use the methodology of a systematic approach in order to obtain the most complete description and, therefore, a qualitative understanding of the essence of the object under study, the mechanisms that ensure its functioning, and possible ways of modernization. The methodology of system research proposed by A.A. Lyapunov and S.V. Yablonsky. The second stage is a statistical analysis technique focused on the analysis of the main properties of random processes (stationarity, periodicity and normality) and the implementation of standard statistical methods. The presented technique combines into a single whole not only the estimation of the main properties of random processes, but also links the known and traditional statistical methods of the theory of estimation and the theory of hypothesis testing into a single whole. After applying the above methodology for conducting statistical analysis, the researcher has sufficient information to select a method for reproducing a particular process. The choice of the way to obtain the initial data is evaluated: their reproduction by some generation method or the inefficient use of real observation series with a sufficient number of them, depending on the modeling goals and the availability of sufficient data volumes. Simulation, as a statistical method, requires multiple repetitions of numerical experiments (for averaging the results) and, of course, it is necessary to use different, but equivalent in terms of probabilistic properties, implementations of random processes. And this is possible only with the help of generating methods. In this case, one of the results of the mathematical description is the binding to the methods of generating initial data for conducting numerical experiments.

Keywords: model, modeling, system description, system approach, mathematical description.

Введение. Качественное построение любой модели невозможно без тщательного изучения моделируемого объекта. Необходимо получить глубокое понимание не только его устройства, но и познать, как объект функционирует. Исходя из этого, составление описания объекта можно разделить на два этапа:

- описание системных свойств:
- математическое описание объекта.

При реализации первого этапа важно знать базовые понятия системных исследований – определения систем, методологии, методики и

методы исследования систем.

На втором этапе ведущую роль играет знание математических методик и методов анализа данных. Особенно важно знать и понимать, как и при каких условиях работают методы математической статистики, так как данные, описывающие функционирование системы, входные и выходные процессы являются рядами наблюдений и, следовательно, должны изучаться именно инструментами математической статистики.

Материалы и методы. Как и для любого научного и прикладного направления есть определенные технологии, методики, методы, концепции, которые позволяют изучать те или иные объекты. В том числе и для систем существуют разного рода теории, которые занимаются изучением систем как объекта познания. К числу этих подходов можно отнести общую теорию систем, системный анализ, системотехнику и, конечно, системный подход. Важным для нас является системный подход [2, 4, 7, 8].

Основные результаты. При использовании любого научного инструмента важно четко понимать условия применения этого инструмента, его главное назначение и возможности применения. С точки зрения исследователей и инженеров вообще-то говоря, любая задача раскладывается на определённые шаги. Алгоритм должен быть! И, если речь идет о системном анализе, то в нём изучаются объекты с помощью, допустим, теории автоматического управления. Существует набор методов и подходов, которые обеспечивают применение именно теории автоматического управления для изучения объекта. Если же говорить о системном подходе и не говорить с чего начать и как продолжать, что можно и необходимо делать, то это тогда какое-то схоластическое учение, которое неизвестно для чего нам нужно.

В литературе очень трудно найти доскональное описание практической реализации системного подхода, что и как нужно делать, в какой последовательности составлять системное описание моделируемого объекта. И, пожалуй, единственный такой подход был обнаружен в статье А.А. Ляпунова и С.В. Яблонского, которая носит название “Теоретические проблемы кибернетики” [7]. В ней рассматривается очень важные, в определенной степени, определяющие дальнейшие пути развития науки об управлении, вопросы. Предлагаются несколько новых направлений, вводятся и ставятся задачи, которые необходимо решать кибернетике. Некоторые из задач решены, многие ещё до сих пор не решены. К числу решенных, например, (а это, на минутку, пятидесятые годы, это 70 лет назад) можно отнести задачи применения математических методов в экономике. Известна и практически реализована задача автоматического перевода с иностранного языка. Поставлены задачи биологии, задачи математики и так далее.

Помимо этого, авторы предлагают набор задач, решение которых позволяет именно системно изучать объекты. Эти предложения можно назвать методологией системного подхода. И как любая методология она

должна начинаться с какого-то осязаемого набора постулатов и, грубо говоря, с нуля и иметь потом какое-то определённое завершение и перспективы развития.

С точки зрения моделирования систем эта методология крайне продуктивна. Исходные постулаты методологии достаточно общи и позволяют применять ее для любых систем. А постулат, по сути, один и состоит в том, что система управляется с помощью информации. Кроме того, эта методология характерна тем, что она позволяет нам от полного незнания через познание объекта перейти к его синтезу, изучать последующее развитие. И эта методология характерна тем, что с получением новой информации мы всегда можем итеративно вернуться назад и начать исследование с того пункта, который ранее был пройден, но получение новых знаний потребует возврата. Это очень важно, потому как построение любой модели, вообще говоря, связано с тем, что этот процесс тоже итеративен. Мы строим модель, потом начинаем её изучать, исследовать, использовать, постепенно улучшая. Вот эта итеративность системного подхода А.А. Ляпунова и С.В. Яблонского является важным аспектом с точки зрения применения в моделировании. И, очевидно, системный подход в данной трактовке является алгоритмом познания системы, что обеспечивает предпосылки к построению адекватной исследуемой системе модели. Без глубокого, качественного понимания сути моделируемой системы невозможно построить ее мало-мальски полезную модель.

Описания систем нам важны с точки зрения моделирования потому, что дают возможность лучше понять, как работает система для того, чтобы более качественно и целенаправленно проводить ее исследования.

Перейдем теперь к составлению математического описания моделируемой системы.

Операции сбора информации и предварительной обработки состоят в сборе и фиксации процессов, протекающих в исследуемом объекте. В настоящее время современные технические средства позволяют непосредственно вводить данные в компьютер.

При работе со статистической информацией, а именно с такого рода информацией в большинстве случаев мы и имеем дело, требуется правильно с точки зрения теории вероятностей и математической статистики применять инструменты работы со статистическими данными.

Для эффективного использования статистической информации при моделировании сложных систем важно правильно оценить вероятностные свойства. Это определит эффективность и достоверность получаемых результатов.

Традиционно в вузах преподают курс «Математическая статистика» как совокупность методов описательной статистики, теории оценивания и теории проверки гипотез, в лучшем случае дополнительно расширяя его регрессионным, дисперсионным и факторным анализом. При этом далеко не

во всех учебниках и учебных пособиях уделяется внимание фундаментальным основаниям теории вероятностей и математической статистики. Но ведь применять инструментарий статистической обработки допустимо только, если обрабатывается отражение случайного явления, события, величины, процесса в рамках так называемого комплекса условий σ . Это условие требует постоянства вероятностных свойств при изменении начала координат в пространстве и во времени. Кроме того, важно, чтобы в обрабатываемом статистическом материале отсутствовали повторы, циклы, периодичности. В противном случае необходимо вносить соответствующие отсылки, объясняющие изменения условий существования случайности.

В литературе, например [3, 9], в зависимости о постоянстве каких вероятностных свойств идет речь, различают стационарность в узком смысле и стационарность в широком смысле. В первом случае речь идет о неизменности всех конечномерных законов распределения вероятностей при сдвиге начала координат. Во втором – только о постоянстве первого и второго начальных моментов [10] (или, иначе, о постоянстве математического ожидания и дисперсии). Очевидно, что стационарность в узком смысле является не доказуемым на практике требованием к поведению вероятностных характеристик. Это важно для развития теоретических оснований теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов. Для инженерных же применений считается достаточным выполнения условий стационарности в широком смысле. Сформулированы и совсем уж ослабленные требования к стационарности в широком смысле. Это так называемые свойства эргодичности, когда вероятностные свойства не изменяются в зависимости от того, найдены они по одной реализации или определены по множеству реализаций. С точки зрения практики это крайне полезное свойство, которое позволяет существенно сократить объемы собираемых статистических данных.

Выводы о стационарности статистического материала могут быть сформулированы исходя из знания физической сущности источника этих данных. Исследователь может оценивать физические условия, порождающие статистический материал, как постоянные. Но это не освобождает его от необходимости количественного подтверждения такого предположения [3, 6, 9]. И для этого могут использоваться простые по своей организации тесты периодичности, например, представленный в [1] тест стационарности. Суть его исключительно проста и состоит в разбиении статистической реализации на некоторое количество равных интервалов, оценки для каждого интервала первого и второго начальных моментов и проверки наличия изменения посредством проверки статистических гипотез о равенстве этих моментов, либо проверки гипотез о случайности выборки [6]. Можно, наконец, осуществить оценку посредством решения задачи регрессионного анализа с проверки значимости коэффициентов регрессии.

Исследование статистического материала на наличие периодических составляющих позволяет не только избежать ошибок при анализе данных и интерпретации результатов этого анализа, но и соблюсти требования к постоянству комплекса условий σ . Знание характера и свойств периодических составляющих способствует повышению эффективности моделирования.

Для проверки на наличие периодических составляющих используется так называемый тест периодичности, базирующийся на анализе корреляционной функции или спектральной плотности [1, 6, 10]. Периодические составляющие проявляются в виде выраженных острых пиков этих характеристик взаимосвязи. Проверки на периодичность осуществляются параллельно с визуальным анализом реализаций и анализом физических представлений о природе процесса. Но при этом совершенно не исключается применение статистических критериев, например критериев проверки гипотез о равенстве коэффициентов корреляции [6].

Особое значение в теории вероятностей, математической статистике и теории случайных процессов нормального закона распределения вероятностей обуславливается не только его широким распространением на практике и наличием обширных теоретических и прикладных исследований, но и значением этого закона как теоретического фундамента.

Наиболее простым способом проверки на гауссовость является критерий согласия χ^2 -квадрат [6]. Если гипотеза о нормальности не принимается, это не означает, что продолжать исследования далее нельзя. Необходимо, используя справочную литературу, подобрать иной, отличный от гауссовского, и проверить соответствующую гипотезу о соответствии этого теоретического распределения опытным данным. Конечно, негауссовость теоретического распределения приводит к отклонению от канонов построения вероятностных наук, но это отнюдь не исключает возможность дальнейших исследований.

Таким образом, к числу основных свойств случайных событий, величин и процессов относятся свойства, отражающие постоянство комплекса условий σ , выражающееся в стационарности, периодичности и нормальности.

Анализ основных свойств статистических данных обеспечивает возможность отбора методов генерирования исходных данных для последующей организации численных экспериментов. Связано это с тем, что методы генерирования случайных чисел выдают результаты в виде именно стационарной и непериодической последовательности. Главным итогом анализа основных свойств статистического материала является определение стационарной составляющей с идентификацией всех нестационарностей и периодичностей при обязательной фиксации порядка выделения и описаний нестационарностей и периодичностей, нахождение оценок и подбор

теоретического закона распределения вероятностей, наиболее точно в статистическом смысле описывающего статистическое распределение.

Исследование начинается с анализа отдельных реализаций с исчислением оценок простейших вероятностных характеристик – гистограммы, математического ожидания, дисперсии, автокорреляционной функции и других. Итогом этого этапа служит идентификация и выделение временных изменений из первичного статистического материала с подбором аппроксимирующих функций для нестационарности или периодичности для чего может использоваться, допустим, аппарат регрессионного анализа [5, 6], а затем, с помощью какой-либо арифметической операции, определяемой характером изменений, извлекают нестационарность и периодичность. Важно, что на этапе анализа могут использоваться и методы анализа данных конкретной предметной области.

Отметим особенность схемы анализа статистических данных, состоящая в необходимости после обнаружения и устранения временных изменений передачи данных вновь на начало схемы до тех пор, пока не будет принято и количественно подтверждено решение о том, что реализация может принадлежать стационарному и непериодическому процессу.

Следующим этапом исследования реализации является анализ совокупности реализаций, что обусловлено наличием свойств отображающих количественно вероятностные взаимосвязи.

Этот анализ начинается с проведения теста коррелированности реализаций статистических данных. Суть его состоит в том, чтобы по оценкам взаимных корреляционных функций с помощью статистических критериев о значимости коэффициентов корреляции [6], решить в количественной форме с указанием точности, являются ли реализации статистически связанными.

Если реализации коррелированы, то статистический анализ завершается. В противном случае необходимо попытаться установить эквивалентность реализаций, под которой понимается одинаковость вероятностных свойств в статистических реализациях. Здесь используются статистические критерии об эквивалентности реализаций [6]. В случае обнаружения таких реализаций необходимо эквивалентные реализации объединить.

Таким образом, после проведения статистического анализа исследователь располагает сведениями, достаточными для выбора метода воспроизведения того или иного процесса. Естественно, что вопрос о том, воспроизводить ли реализацию каким-либо методом генерирования или использовать реальные ряды наблюдений (если их достаточное количество), решается исходя из целей моделирования и наличия достаточных объемов данных. Если принимается решение об использовании реальных данных, то вопроса о выборе метода генерирования не возникает. Но это, как правило,

весьма и весьма редкий случай. Имитация, как статистический метод, требует многократных повторений численных экспериментов (для усреднения результатов) и, естественно, что необходимо использовать различные, но эквивалентные по вероятностным свойствам, реализации случайных процессов. А это возможно только с помощью методов генерирования.

Выводы. Использование системной методики обуславливает получение полного описания и, следовательно, адекватного понимания сути исследуемого объекта, механизмов, обеспечивающих его функционирование, возможных путей усовершенствования. Применение описанной методики статистического анализа обеспечивает составление корректного математического описания, подлежащего моделированию объекта, и обуславливает корректный выбор методов воспроизведения исходных данных имитационного эксперимента.

Список литературы

1. Бендат, Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж Бендат, А. Пирсол. – М.: Наука. – 1974. – 399 с.
2. Берталанфи, Л. фон. Общая теория систем: критический обзор. / Л. фон Берталанфи / В кн.: Исследования по теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23-82.
3. Гихман, И.И. Введение в теорию случайных процессов / И.И. Гихман, А.В. Скороход – М.: Наука. – 1977. – 569 с.
4. Гуд, Г.Х. Справочник по системотехнике / Г.Х. Гуд, Р.Э. Макол – М.: Советское радио. – 1970. – 688 с.
5. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Диалектика. – 2017. – 912 с.
6. Закс, Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. – М.: Статистика. – 1976. – 598 с.
7. Ляпунов, А.А. Теоретические проблемы кибернетики. // Проблемы кибернетики / А.А. Ляпунов, С.В. Яблонский. – М.: 1963. – Вып. 9. – С. 5-22.
8. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев – М.: Наука. – 1981. – 488 с.
9. Рытов, С.М.. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1. Случайные процессы. / С.М. Рытов – М.: Наука. – 1976. – 491 с.
10. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 1 / В. Феллер – М.: ИИЛ. – 1964. – 498 с.

References

1. Bengat, D. Izmepenie i analiz sluchajnyh processov [Measurement and analysis of random processes]. Moscow: Nauka, 1974, 399 p.
2. Bertalanfi, L. Obshchaya teoriya sistem: kriticheskij obzor [General theory of systems: a critical review]. Moscow: Progress, 1969, pp. 23-82.
3. Gihman, I.I. Vvedenie v teoriyu sluchajnyh processov [Introduction to the theory of random processes]. Moscow: Nauka, 1977, 569 p.
4. Gud, G.H. Spravochnik po sistemotekhnike [Handbook of System Engineering]. Moscow: Sovetskoe radio, 1970, 688 p.
5. Dreiper, N. Prikladnoj regressionnyj analiz [Applied regression analysis]. Moscow: Dialektika, 2017, 912 p.

6. Zaks, L. Statisticheskoe ocenivanie [Statistical evaluation]. Moscow: Statistika, 1976, 598 p.
7. Liapunov, A.A. Teoreticheskie problemy kibernetiki [Theoretical problems of cybernetics]. Moscow, 1963, vol. 9, pp. 5-22.
8. Moiseev, N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza [Mathematical problems of system analysis]. Moscow: Nauka, 1981, 488 p.
9. Ritov, S.M. Vvedenie v statisticheskuyu radiofiziku. Ch. 1. Sluchanye process [Introduction to statistical radiophysics. Part 1. Random processes]. Moscow: Nauka, 1976, 491 p.
10. Feller, V. Vvedenie v teoriyu veroyatnostej i ee prilozheniya [Introduction to probability theory and its applications]. Moscow, vol. 1, 1964, 498 p.

Дата поступления в редакцию 06.12.2022, дата принятия к изданию 28.12.2022

Сведения об авторе

Петров Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор. Центр междисциплинарных исследований и проектов Института информационных технологий и анализа данных. Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. +7(3952)405000, e-mail: info@istu.edu).

Information about the authors

Petrov Alexander V. – Doctor of Technical Sciences, Professor. Center for Interdisciplinary Research and Projects of the Institute of Information Technologies and Data Analysis. Irkutsk national research technical university (83, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664074, tel. +7(3952)405000, e-mail: info@istu.edu)

Требования
к статьям, публикуемым в электронном 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, п. 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 редколлегией решения о допуске статьи к публикации зам. главного редактора информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

11. Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала.

Порядок рассмотрения статей

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

2. Статьи принимаются по установленному графику:

- в № 1 (март) – до 1 января текущего года;
- в № 2 (июнь) – до 1 апреля текущего года;
- в № 3 (сентябрь) – до 1 июня текущего года;
- в № 4 (декабрь) – до 1 сентября текущего года.

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

3. Поступившие статьи рассматриваются редакционной коллегией в течение месяца.

4. Редакционная коллегия правомочна отправить статью на дополнительное рецензирование.

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

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

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

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

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ НАУКИ”

Выпуск 45
Декабрь

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: 30.12.2022 г.
Почтовый адрес редакции:
664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный.
Тел. (3952) 237-491