

**электронный научно-практический журнал**  
ELECTRONIC SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

# **актуальные вопросы аграрной науки**

**ACTUAL ISSUES  
OF AGRARIAN SCIENCE**

**выпуск 4(49)  
декабрь  
VOLUME 4(49)  
DECEMBER**

ISSN: 2411-6483

МОЛОДЁЖНЫЙ 2023





Электронный научно-практический журнал  
**“Актуальные вопросы аграрной  
науки”**

**2023 Выпуск 4 (49)**

Electronic scientific-Practical journal  
**“Actual issues of agrarian science”**

**2023 Volume 4 (49)**

Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки” зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Регистрационный номер** Эл №ФС77-76761 от 06 сентября 2019 года.

**Учредитель:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

**DOI 10.51215/2411-6483-2023-49**

Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”, 2023, выпуск 4 (49), декабрь.

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

**Главный редактор:** Я.М. Иванько – д.т.н.

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

**Ответственный секретарь:** И.В. Наумов – д.т.н.

**Члены редакционного совета:** **ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ:** С.Н. Шуханов, д.т.н.; В.Н. Хабардин, д.т.н.; О.В. Репецкий, д.т.н.

**Иные организации:** *Россия:* Байкальский государственный университет: **В.И. Зоркальцев**, д.т.н. Иркутский государственный университет путей сообщения **Ю.М. Краковский**, д.т.н.

*Монголия:* Монгольский государственный аграрный университет: **Гомбо Гантулга**, к.т.н.

*Республика Узбекистан:* Ташкентский государственный аграрный университет: **Ш. Жаникулов**, к.т.н.

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

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Регистрационный номер Эл № ФС77 – 76761 от 06 сентября 2019 г.

URL: <http://agronauka.igsha.ru/>

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования электронной библиотеки 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.

Статьи проверены с использованием Интернет-сервиса “Антиплагиат”.

Учредитель – ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.

**ISSN 2411-6483**

Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”, 2023, issue 4 (49), December. It is edited under the decision of the Scientific Council of the Irkutsk State Academy of Agriculture since November, 2011.

**Chief editor:** Ya.M. Ivanyo – Doctor of Technical Sc.

**Deputy chief editor:** M.K. Buraev – Doctor of Technical Sc.

**Executive secretary:** I.V. Naumov – Doctor of Technical Sc.

**The members of the editorial board:** *FSBEI HE Irkutsk SAU:* **S.N. Shukhanov** – Doctor of Technical Sc.; **V.N. Khabardin** – Doctor of Technical Sc.; **O.V. Repetsky** – Doctor of Technical Sc.

**Other organizations:** *Russia:* Baikal State University: **V.I. Zorkaltsev**, Doctor of Technical Sc.

Irkutsk State Transport University IrGUPS: **Yu.M. Krakovsky** – Doctor of Technical Sc.

*Mongolia:* Mongolian State Agrarian University: **Gombo Gantulga**, Candidate of Technical Sc.

*Republic of Uzbekistan:* Tashkent State Agrarian University: **Sh. Zhanikulov**, Candidate of Technical Sc.

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.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications.

Certificate EI № FS77 – 76761. Registration date: 06.09.2019.

URL: <http://agronauka.igsha.ru/>

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

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.

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

The founder – FSBEI HE Irkutsk SAU.

**ISSN 2411-6483**

## СОДЕРЖАНИЕ

### **МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ**

- Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В., Болоев П.А.* Бортовая диагностика системы впрыска дизельных двигателей 8
- Наумов И.В.* Снижение дополнительных потерь электроэнергии в условиях несбалансированного электропотребления 17
- Прудников А.Ю., Логинов А.Ю., Боннет Я.В.* Анализ пусковых характеристик асинхронного двигателя с использованием колебательного звена второго порядка 25
- Шуханов С.Н., Хабардин В.Н., Поляков Г.Н.* Проверка работы технического средства засыпки горшков торфом в условиях производства 32

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

- Асалханов П.Г., Бендик Н.В.* Система поддержки принятия решений в управлении аграрным производством 42
- Баймаков А.А., Федурин Н.И.* Интеграция информационных систем на платформе “1С: Университет ПРОФ” как основа цифровой трансформации Иркутского ГАУ 51
- Массель А.Г., Гаськова Д.А., Туктарова П.А.* Применение агентно-сервисного подхода при разработке цифровых двойников возобновляемых источников 61
- Ризванов Д.А., Галеев А.Р.* Обзор современных тенденций оценки имущества для целей залога 72

## CONTENS

### ***MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS***

- Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V., Boloev P.A.* On-board diagnostics of the injection system of diesel engines 8
- Naumov I.V.* Reduction of additional electricity losses in conditions of unbalanced power consumption 17
- Prudnikov A.Yu., Loginov A.Yu., Bonnet Ya.V.* Analysis of the starting characteristics of an asynchronous motor using a second-order oscillatory link 25
- Shukhanov S.N., Khabardin V.N., Polyakov G.N.* Checking the operation of the technical means for filling pots with peat under production conditions 32

### ***INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING***

- Asalkhanov P.G., Bendik N.V.* Decision support system in agricultural production management 42
- Baymakov A.A., Fedurina N.I.* Integration of information systems on the 1C: PROF University platform as the basis for the digital transformation of Irkutsk State Agricultural University 51
- Massel A.G., Gaskova D.A., Tuktarova P.A.* Application of the agent-service approach in the development of digital twins of renewable energy sources 61
- Rizvanov D.A., Galeev A.R.* Overview of modern trends in valuing property for collateral purposes 72



**МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ**  
**MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS**

DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16

УДК 631.3

Научная статья

**БОРТОВАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ДИЗЕЛЬНЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ**

<sup>1</sup>Т.В. Бодякина, <sup>1</sup>Е.В. Елтошкина, <sup>2</sup>П.А. Болоев

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

<sup>2</sup>Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова,  
г. Улан-Удэ, Россия

**Аннотация.** Во всех областях развития техники и двигателестроения наблюдается значительный прогресс. Современные двигательные системы могут выполнять миллионы вычислительных операций в минуту. В новых двигательных системах около 50 процессоров используются для управления и самодиагностики системы. Процесс горения дизельных топлив имеет два типа – прямого впрыска и впрыска в разделенные камеры сгорания. Перспективными в области организации горения дизельных топлив являются однородные смеси. Современные двигатели используют системы прямого впрыска с организацией кругового потока воздуха и глубины в днище цилиндра. Преимуществами прямого впрыска перед применением разделенных камер сгорания являются снижение расхода топлива, отсутствие потерь при перемещении смеси из сгорания в сгорающую камеру, малые тепловые потери благодаря меньшей поверхности на дне поршня, более высокий тепловой коэффициент полезного действия и удельный расход топлива. Непростая электроника для дизельных двигателей позволяет использовать системы, обеспечивающие предварительный и последующий впрыск, путем электронного управления двигателем (OBD). Применение пьезотехники гарантирует разнообразные варианты подготовительного и дальнейшего впрыска. Определенный подбор количества впрыскиваемого топлива можно назвать совершенством регулировки. При этом очень ранний предварительный впрыск положительно действует на шумность работы. При слишком позднем последующем впрыске топливо уже не сгорает полностью, из-за чего оседает на поверхности цилиндра и происходит интенсивное разбавление масла. Следствием этого является сокращение интервала замены. Пьезофорсунки позволяют выполнять многократные впрыски, обеспечивая стабильное горение с незначительными колебаниями. Особое значение при прямом впрыске имеет местоположение и число струй, впускаемых в камеру сгорания. Они оказывают влияние на формирование смеси, процесса приготовления и сгорания смеси, шум при сгорании; коэффициент полезного действия дизеля, мощность двигателя, характеристики мощности двигателя, достигаемые частоты вращения коленвала, условия образования вредных выбросов и др.

**Ключевые слова:** система впрыска, дизельный двигатель, диагностика, форсунка, давление.

**Для цитирования:** Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В., Болоев П.А. Бортовая диагностика системы впрыска дизельных двигателей. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4 (49):8-16. DOI: 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16.



## ON-BOARD DIAGNOSTICS OF THE INJECTION SYSTEM OF DIESEL ENGINES

<sup>1</sup>Tatyana V. Bodyakina, <sup>1</sup>Evgeniya V. Eltoshkina, <sup>2</sup>Petr A. Boleev

<sup>1</sup>Irkutsk state agricultural university named after A.A. Ezhevsky,  
*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>Buryat State University named after V.I. Dorji Banzarova, *Ulan-Ude, Russia*

**Abstract.** Significant progress has been observed in all areas of technology and engine development. Modern propulsion systems can perform millions of computational operations per minute. In new propulsion systems, about 50 processors are used for control and self-diagnosis of the system. The combustion process of diesel fuels is associated with two types - direct injection and injection into divided combustion chambers. Homogeneous mixtures are promising in the field of organizing the combustion of diesel fuels. Modern engines use direct injection systems with circular air flow and depth at the bottom of the cylinder. The advantages of direct injection over the use of separated combustion chambers are reduced fuel consumption, no losses when moving the mixture from combustion-to-combustion chamber, low heat losses due to the smaller surface area at the bottom of the piston, higher thermal efficiency and specific fuel consumption. Sophisticated electronics for diesel engines allow the use of systems that provide pre- and post-injection via electronic engine management (OBD). The use of piezotechnics guarantees a variety of options for preparatory and subsequent injection. A certain selection of the amount of injected fuel can be called adjustment perfection. In this case, very early pre-injection has a positive effect on operating noise. If the post-injection is too late, the fuel no longer burns completely, which causes it to settle on the surface of the cylinder and intensive oil dilution occurs. The consequence of this is a reduction in the replacement interval. Piezo injectors allow multiple injections, ensuring stable combustion with minor fluctuations. Of particular importance with direct injection is the location and number of jets injected into the combustion chamber. They influence the formation of the mixture, the process of preparation and combustion of the mixture, noise during combustion; diesel efficiency, engine power, engine power characteristics, attainable crankshaft speeds, conditions for the formation of harmful emissions, etc.

**Keywords:** injection system, diesel engine, diagnostics, injector, pressure.

**For citation:** Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V., Boleev P.A. On-board diagnostics of the injection system of diesel engines. *Electronic scientific-practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4 (49):8-16. DOI: 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16.

Во всех областях формирования техники и двигателестроения отмечается значительный прогресс. Снижается время от возникновения идеи до начала массового производства, сильно растут денежные затраты на анализ и разработки. Помимо свойств безопасности и удобства к преобладающим статьям затрат на разработку относятся меры по уменьшению затрат и сокращению вредных выхлопов. Например, за прошедшие годы удалось уменьшить уровень токсичности выхлопа у нынешних двигателей с Евро-1 до Евро-5, больше чем на девяносто процентов. В среднем потребление горючего снизилось за прошедшие

десять лет приблизительно на 2 литра на 100 км. Выбросы сажи у дизельных ДВС снизились больше чем на восемьдесят пять процентов. При разработке современных движков и новых систем постоянно обеспечивается дозирование горючего с точностью до нескольких миллиграмм [1, 2].

В дальнейшем без электроники в движке уже ничего не будет регулироваться и контролироваться. Прогрессивные системы управления движками готовы совершать несколько миллионов вычислительных операций за секунду. В новых системах управления движками около пятидесяти процентов продуктивности микропроцессоров применяется для контроля и самодиагностики системы.

**Целью** статьи является описание процесса диагностирования системы впрыска дизельных двигателей.

**Материалы и методики исследования.** При оценке выбросов вредных веществ ДВС нужно учесть, что каждый цилиндр представляет собой закрытую систему. Общие выбросы вредных веществ двигателя формируются из некоторых выбросов всех функционирующих механизмов. Соответственно, общих выбросов двигателя будет меньше, если будет меньше выбросов у каждого работающего цилиндра. Отсюда вытекают требования к конструкции камер сгорания, конструкции и конструктивным характеристикам систем питания, выпуску отработавших газов и управлению ДВС, а также применению различных способов наддува. В каждом цилиндре должно обеспечиваться точное дозирование воздуха и горючего на всех режимах работы ДВС; количество консистенции топливовоздушной должно быть одинаковое; по составу топливовоздушная смесь должна быть однородная [3, 4].

Передовые ДВС, оснащенные электронным управлением, и, в свою очередь, двигатели с конкретным впрыском горючего фактически всецело соответствуют этим требованиям.

В текущее время дизельные ДВС являются самыми действенными. В Европе доля транспортных средств с дизельными ДВС превосходит пятьдесят процентов. Такие двигатели совмещают малый расход горючего и небольшое количество выбросов с чрезвычайно высоким вращающим моментом. Мощность дизельных двигателей приблизительно равна мощности бензиновых ДВС. К выявленным недостаткам таких двигателей относятся выбросы окислов азота [6].

Выделяется два типа процесса сгорания горючего – впрыск с разделенными камерами сгорания и непосредственный впрыском. Открытия по организации сгорания дизельного горючего относятся к однородной консистенции использования [10]. В современных ДВС применяются системы с организацией радиального потока воздуха и углублением в днище поршня. Сильный шум, который вызывается жестким сгоранием горючего с быстрым ростом давления, получилось понизить путем организации подготовительного впрыска горючего (также неоднократно) и разных второстепенных мер.

Образование консистенции и процесс её сгорания в дизельном ДВС значительно отличаются от условий в бензиновом ДВС с постоянным давлением и чрезвычайно поздним смешением горючего с воздухом. Основные требования

– недопущение детонации и выработки сажи. Дымный налет появляется в период сгорания по 3-м критериям: 1) впрыск прохладного, жидкого и неподготовленного горючего в область горения; 2) недостаток кислорода и местные негативные условия образования консистенции; 3) внезапное падение давления либо температуры в камере сгорания и раннее окончание сгорания. Главными причинами появления сажи являются первой и второй критерии. Весь ход сгорания, а еще выбросы вредных веществ и уровень гула обуславливаются действиями в период запаздывания воспламенения. Запаздывание воспламенения – это время либо угол поворота коленчатого вала в момент начала впрыска и до роста давления в момент сжатия. Действительный период запаздывания воспламенения регулируется только в небольших пределах [5, 8].

Процессы и промежутки запаздывания воспламенения обуславливаются значительным количеством противоположных факторов. Такую противоположность возможно преодолеть путем преднамеренного влияния на некоторые причины, такие как гальваническое регулирование. К факторам, которые воздействуют на процесс запаздывания воспламенения, относятся: степень сжатия, начальное давление сжатия, исходная температура сжатия, обороты коленчатого вала двигателя, нагрузка на двигатель, движение воздуха в камере сгорания, качество распыления, плотность горючего, удельная теплота горючего, воспламеняемость горючего. Данные причины оказывают значительное влияние на похожие характеристики, такие как суммарное давление в цилиндрах двигателя, давление воздуха и другие [7, 9].

Технические и конструкторские решения, применяемые в дизельных двигателях (высокое давление впрыска, завихрение воздушного потока, короткое время впрыска, управляющий впрыск, турбонаддув, магистраль Common Rail, впрыск с насос-форсунками и др.), направлены на решение этих задач.

**Результаты исследований.** Современные технологии совершенствования системы питания дают возможность для моделирования и регулирования процесса впрыска и сгорания. Для дизельных двигателей сложная электроника дает возможность использовать системы OBD. Выделим применение пьезотехники, которое обеспечивает вариацию заблаговременного и последующего впрыска.

Заблаговременный впрыск применяется во всех системах CRS. Благодаря этому обеспечивается полнота сгорания топлива. Из-за конструктивных особенностей заблаговременный впрыск выключается в пределах 3000-3500 мин<sup>-1</sup>.

Предварительный впрыск осуществляется непосредственно перед основным. Проведенными исследованиями выявлено, что выбросы вредных веществ значительно снизились.

Последующий впрыск после основного способствует выгоранию сажи и снижению образования оксидов азота, так как процесс рециркуляции снижает температуру цикла.

В процессе работы двигателя применимы разные комбинации подготовительного и дальнейшего впрыска топлива.

Применение пьезофорсунок дает возможность многократных впрысков в пределах одного цикла. Форсунки такого типа обеспечивают точную дозировку в момент впрыска, соблюдая стабильное сгорание (рис. 1).



Рисунок 1 – Распыл топлива пьез форсункой

Figure 1 – Fuel spray with a piezo nozzle

Для совершенствования процесса сгорания необходимо распылять горючее до микронных размеров. С повышением давления до 2000 бар средний диаметр каплей горючего составит 15 микрон. Насосы обеспечивают подачу топлива, необходимую для полного сгорания в соотношении 1:15 (топлива и воздуха).

Пьезоэлементы – это преобразующие элементы, применяющие форсированный пьезоэффект (рис. 2).

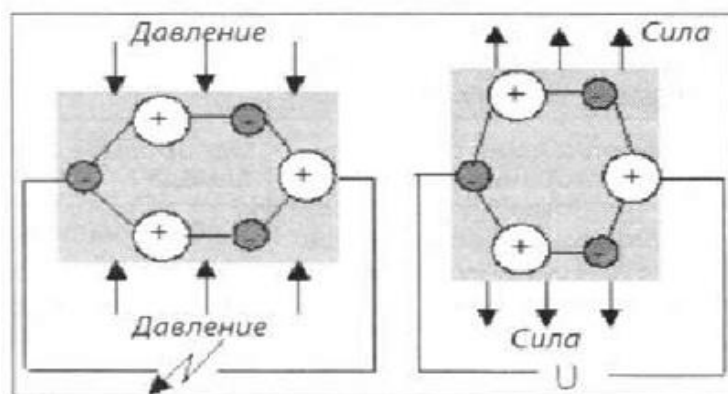


Рисунок 2 – Пьезоэффект

Figure 2 – Piezoeffect

Современные разработки по интенсификации сгорания топлива в ДВС позволяют снизить выбросы вредных веществ (ВВВ). Для выполнения нормы Евро-5 и в соответствии с ГОСТ (ГОСТ 14846-2020) выбросы частиц должны снизиться не менее чем на 90%, а выбросы CO, NOx и

углеводородов – не менее чем на 95%. Сопоставление давлений впрыска и их динамика для различных систем представлено на рисунке 3.

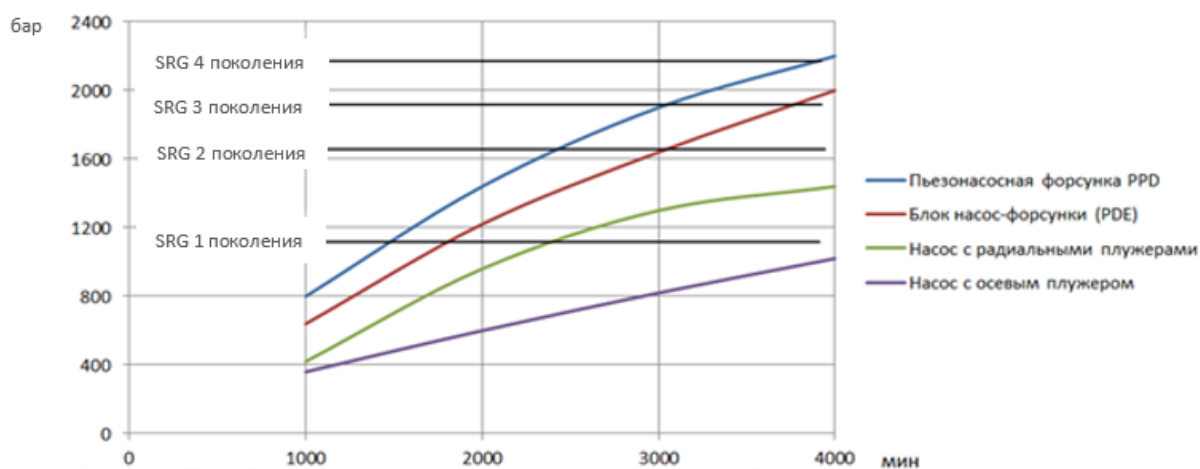


Рисунок 3 – Сравнение давления впрыска

Figure 3 – Comparison of injection pressure

В системах Common Rail 3-го поколения форсунка и пьезоэлемент стали еще компактнее, чем в системах предшествующих поколений. У современных форсунок рабочее давление впрыска 1800-2000 бар. При этом обеспечивается многократный впрыск. Достоинством данной технологии является образование высокого давления в форсунке, а не во всей системе питания. Форсунки могут работать как в традиционном режиме, так и регулируемом.

В зависимости от режима работы двигателя форсунки могут производить до шести впрысков. Особенностью данной системы является гидромеханический элемент системы компенсации зазоров между пьезоэлементом и форсункой, выравнивающий минимальные допуски выработки и температурные расширения, а также износ деталей.

Пьезофорсунка откликается приблизительно в 4 раза быстрее, чем электромагнитные исполнительные механизмы. Это позволяет добиться давления впрыска до 2200 бар (рис. 4).

Форсунка с шестью отверстиями позволяет безгранично мелко распылять топливо. Топливо скапливается в маленьком ресивере и впрыскивается быстро. В настоящее время компания Bosch разрабатывает соосную контролирующую форсунку для систем с насос-форсунками.

Работа ведется над совершенствованием технологии НСС1 как для бензиновых, так и для дизельных двигателей. При этой технологии горючее впрыскивается очень рано и остается достаточно времени на образование однородной смеси в камере сгорания, т.е. практически мгновенно в отличие от механических систем. Происходит объемное воспламенение в отличие. При этом за короткое время сгорания выделяется большое количество тепла, что предотвращает образование сажи и оксидов азота.

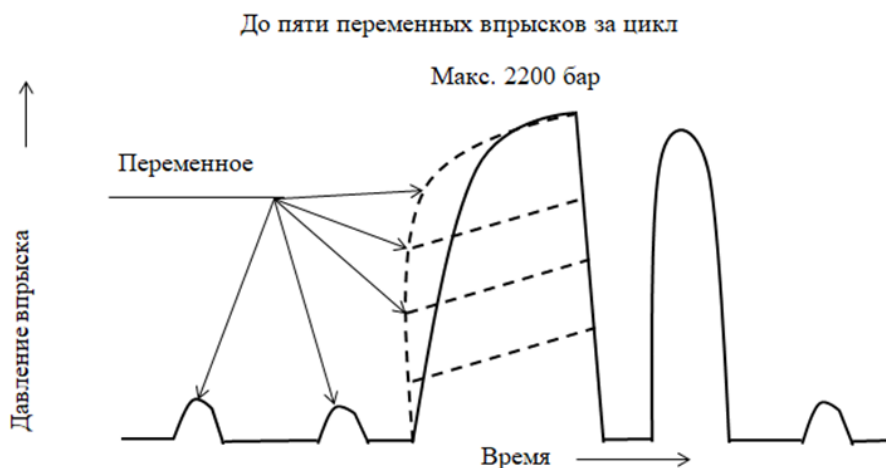


Рисунок 4 – Принцип работы новой системы

Figure 4 – Operating principle of the new system

**Выводы.** Слишком короткое запаздывание воспламенения приводит к неполному сгоранию и увеличению выбросов сажи, однако, более спокойному горению. Слишком длительное запаздывание воспламенения дает сгорание с меньшими выбросами сажи, но более шумное, и со значительным количеством выбросов  $\text{NO}_x$  и высокой нагрузкой на детали.

Благодаря увеличению распространения синтетических топлив условия для однородного сгорания улучшаются. Особое значение при прямом впрыске имеет местоположение и число струй, впускаемых в камеру сгорания. Они оказывают влияние на формирование смеси, процесс приготовления и сгорания смеси, шум при сгорании; КПД дизеля, мощность двигателя, характеристики мощности двигателя, достигаемые частоты вращения коленвала, условия образования вредных выбросов и др.

#### Список литературы

1. Бодякина, Т.В. Рабочие процессы регулирования дизеля / Т.В. Бодякина, П.А. Болоев, Е.В. Елтошкина, Н.О. Шелкунова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 9-16.
2. Болоев, П.А. Программируемые бортовые системы диагностирования двигателей / П.А. Болоев, Т.В. Бодякина, А.Е. Немцев, А.Б. Лубсанова // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: матер. IX Нац. научно-практ. конф. с междунар. участием, Иркутск, 23-24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 14-19.
3. Бураева, Г.М. К методике оценки задержек в технологических процессах ремонта машин / Г.М. Бураева, И.В. Белоусов, А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 48. – С. 8-16.
4. Варнатц, Ю. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Ю. Варнатц, У. Маас, Р. Диббл // М.: Физматлит, 2003. – 352 с.
5. Завойкин, В.А. Технологические и законодательные аспекты автомобильных

систем бортовой диагностики / В.А. Завойкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 4-1(118). – С. 56-59.

6. Лебедев, Б.О. Влияние параметров рабочих процессов судовых дизелей на процессы теплообмена в камерах сгорания / Б.О. Лебедев, С.П. Глушков, В.И. Кочергин // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 1-3(43). – С. 42-46.

7. Поляков, Г.Н. Совершенствование технологии и технических средств возделывания зерновых культур / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, А.В. Косарева // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 48. – С. 25-33.

8. Щестаков, Я.К. Катализатор горения топлива: определение, применение и эффективность / Я.К. Щестаков, А.А. Садов // Молодежь и наука. – 2021. – № 10.

9. Connection of diagnostic parameters with the technical condition of the engine / E.V. Eltoshkina, P. Ilyin, O.A. Svirbutovich, N.P. Aleksandrov // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQUACULTURE 2022), Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia, 26.09.2022 vol. 381. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02030.

10. Makhmudov, A. Research and assessment of the operational manufacturability of road transport equipment using modern on-board diagnostic and machine control systems / A. Makhmudov, Sh. Makhmudov, L. Khudojberdiev // Universum: технические науки. – 2022. – No. 8-3(101). – P. 33-36.

## References

1. Bodyakina, T.V. et all. Rabochie processy` regulirovaniya dizelya [Working processes of diesel regulation]. Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya, 2022, no. 59, pp. 9-16.

2. Boloev, P.A. et all. Programmiruemy`e bortovy`e sistemy` diagnostirovaniya dvigatelej [Programmable on-board engine diagnostics systems]. Molodyozhny`j, 2021, pp. 14-19.

3. Buraeva, G.M. et all. K metodike ocenki zaderzhek v texnologicheskix processax remonta mashin [On the methodology for assessing delays in technological processes of machine repair]. Aktual`ny`e voprosy` agrarnoj nauki, 2023, no. 48, pp. 8-16.

4. Varnatz, Yu. Et all. Gorenje. Fizicheskie i ximicheskie aspekty`, modelirovanie, e`ksperimenty`, obrazovanie zagryaznyayushhix veshhestv [Physical and chemical aspects, modeling, experiments, formation of pollutants]. Moscow, Fizmatlit, 2003, 352 p.

5. Zavojkin, V.A. Tekhnologicheskie i zakonodatel'nye aspekty avtomobil'nyh sistem bortovoj diagnostiki [Technological and legislative aspects of automotive on-board diagnostic systems]. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2022, no. 4-1(118), pp. 56-59.

6. Lebedev, B.O. et all. Vliyanie parametrov rabochix processov sudovy`x dizelej na processy` teploobmena v kamerax sgoraniya [The influence of the parameters of the working processes of marine diesel engines on the processes of heat exchange in combustion chambers]. Morskie intellektual`ny`e texnologii, 2019, no. 1-3(43), pp. 42-46.

7. Polyakov, G. N. et all. Sovershenstvovanie texnologii i texnicheskix sredstv vozdel`vaniya zernovy`x kul`tur [Improvement of technology and technical means of cultivation of grain crops]. Aktual`ny`e voprosy` agrarnoj nauki, 2023, no. 48, pp. 25-33.

8. Shhestakov, Ya.K., Sadov, A.A. Katalizator gorenija topliva: opredelenie, primenenie i e`ffektivnost` [Fuel combustion catalyst: definition, application and efficiency gorenje]. Molodezh` i nauka, 2021, no. 10.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи / Article history**

Дата поступления в редакцию / Received: 29.11.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 20.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### **Сведения об авторах**

Бодякина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры математики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4328-5232>.

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89041292430, e-mail: EEV\_Baikal2005@mail.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4325-1574>.

Болоев Петр Антонович – доктор технических наук, профессор кафедры инновационных технологий и наукоемких отраслей. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова/

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Бурятский ГУ, 670000, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru.

### **Information about authors**

Tatyana V. Bodyakina – candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Mathematics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89148781789, e-mail: bodt-24@rambler.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4328-5232>

Evgeniya V. Eltoshkina – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89041292430, e-mail: EEV\_Baikal2005@mail.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4325-1574>.

Petr A. Boloev – doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Innovative Technologies and Science-Intensive Industries. Buryat State University named after Dorzhi Banzarova.

**Contact information:** FSBEI HE Buryat SU, 670000, Russia, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, tel. 89500801880, e-mail: boloev.pioter.irgsh@yandex.ru.





DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-17-24

УДК 621.3.11

Научная статья

## СНИЖЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ НЕСБАЛАНСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

<sup>1, 2</sup>И.В. Наумов

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского  
*Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ)  
*г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований, основанных на измерении параметров электрической энергии в действующей низковольтной сельской электрической сети Алтайского Края. Произведёнными измерениями установлено, что в исследуемой электрической сети имеют место значительные дополнительные потери электроэнергии за счет несбалансированного электропотребления, обусловленного несимметричными и несинусоидальными режимами. При этом наибольшие потери электроэнергии соответствуют несимметричному режиму. Показатели несимметрии токов по обратной и нулевой последовательностям превысили 40% и 10% тока прямой последовательности, соответственно. Суммарные значения токов прямой, обратной и нулевой последовательностей, соответствующие эмиссии высших гармонических составляющих не превышают 5% от значения тока прямой последовательности основной частоты. Установлено, что наиболее эффективным средством минимизации несбалансированных режимов и снижения потерь электроэнергии является использование разработанного комбинированного компенсирующего устройства, представляющего собой комбинацию электромагнитного устройства, имеющего минимально возможное сопротивление токам нулевой последовательности и узкополосных резонансных фильтров. На основе использования авторского программного обеспечения произведено имитационное моделирование подключения в сети балансирующего устройства (БУ) для снижения дополнительных потерь электроэнергии. Произведенный анализ доказал эффективность предлагаемого БУ при включении его в ближайшем к источнику питания узле отбора мощности. Снижение потерь электрической энергии при включении устройства составляет более 90%. Для визуализации полученных временных диаграмм исследуемых показателей использованы технологии графического редактора Matlab. Материал статьи может быть интересен узким специалистам электросетевых компаний, преподавателям вузов, аспирантам и студентам, которые занимаются исследованиями в области повышения эффективности использования электрической энергии.

**Ключевые слова:** несимметрия, несинусоидальность, потери электроэнергии, качество электроэнергии, электрические сети, балансирующее устройство.

**Для цитирования:** И.В. Наумов. Снижение дополнительных потерь электроэнергии в условиях несбалансированного электропотребления. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023;4 (49):17-24. DOI: 10.51215/2411-6483-2023-49-17-24.

## REDUCTION OF ADDITIONAL ELECTRICITY LOSSES IN CONDITIONS OF UNBALANCED POWER CONSUMPTION

<sup>1, 2</sup>Igor V. Naumov

<sup>1</sup>Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,  
*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

<sup>2</sup>Irkutsk National Research Technical University (IRNTU), *Irkutsk, Russia*

**Abstract.** The results of experimental studies based on measuring electrical energy parameters in the existing low-voltage rural electrical network of the Altai Territory are presented. The measurements made revealed that in the electrical network under study there are significant additional losses of electricity due to unbalanced power consumption caused by asymmetrical and non-sinusoidal modes. In this case, the greatest losses of electricity correspond to the asymmetric mode. Indicators of current asymmetry in the negative and zero sequences exceeded 40% and 10% of the positive sequence current, respectively. The total values of direct, negative and zero sequence currents, corresponding to the emissions of higher harmonic components, do not exceed 5% of the value of the positive sequence current of the fundamental frequency. It has been established that the most effective means of minimizing unbalanced modes and reducing electricity losses is the use of a developed combined compensating device, which is a compilation of an electromagnetic device that has the lowest possible resistance to zero-sequence currents and narrow-band resonant filters. Based on the use of proprietary software, a simulation of connecting a balancing device (BD) to the network was carried out to reduce additional electricity losses. The analysis proved the effectiveness of the proposed control unit when it is turned on in the power take-off unit closest to the power source. The reduction in electrical energy losses when the device is turned on is more than 90%. To visualize the obtained time diagrams of the studied indicators, Matlab graphic editor technologies were used. The material of the article may be of interest to narrow specialists of power grid companies, university teachers, graduate students and students who are engaged in research in the field of increasing the efficiency of the use of electrical energy.

**Keywords:** asymmetry, non-sinusoidality, power losses, power quality, electrical networks, balancing device.

**For citation:** Naumov I.V. Reduction of additional electricity losses in conditions of unbalanced power consumption. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 2023;4 (49):17-24. DOI: 10.51215/2411-6483-2023-49-17-24.

**Материалы, методы и инструменты.** При транспорте электрической энергии по электрическим сетям (ЭС) агропромышленного комплекса всегда имеют место потери электрической энергии (ЭЭ), обусловленные физическими законами при протекании рабочего тока по электрическим связям. Вместе с этим объективное электропотребление обусловлено не только токами прямой последовательности основной частоты, но и возникающими дополнительными составляющими обратной и нулевой последовательностей токов основной частоты (несимметричные режимы<sup>1</sup>), а также дополнительными симметричными составляющими (СС) токов прямой, обратной и нулевой последовательностей (несинусоидальные

---

<sup>1</sup> Несимметрия токов обусловлена неравномерностью распределения и случайным характером коммутаций однофазных электроприёмников в трёхфазной системе.

режимы<sup>2</sup>) [6]. При этом сочетание несимметричных и несинусоидальных режимов вызывает нарушение баланса токов по фазам трёхфазной четырёхпроводной электрической сети, по сравнению с режимом, когда в фазах протекают одинаковые токи, обусловленные только прямой последовательностью основной частоты. Такой режим работы ЭС можно назвать несбалансированным режимом (НР).

В зависимости от количества потребителей, подключенных к исследуемому ЭС, характера их работы, состояния элементной базы и назначения в различных НР могут превалировать либо несимметричные, либо несинусоидальные режимы. Так или иначе, потери активной мощности, а, следовательно, и электрической энергии, обусловленные НР, можно охарактеризовать коэффициентом дополнительных потерь:

$$K_P = 1 + K_{2i}^2 + \sum K_{\text{доп.1}i}^2 + \sum K_{\text{доп.2}i}^2 + K_r \cdot [K_{0i}^2 + \sum K_{\text{доп.0}i}^2], \quad (1)$$

где  $K_{2i} = \frac{I_2}{I_1}$  и  $K_{0i} = \frac{I_0}{I_1}$  – коэффициенты несимметрии токов по обратной и нулевой последовательностям основной частоты, соответственно;  $K_{\text{доп.1}i} = \frac{\sum I_{\text{доп.1}}}{I_1}$ ,  $K_{\text{доп.2}i} = \frac{\sum I_{\text{доп.2}}}{I_1}$  и  $K_{\text{доп.0}i} = \frac{\sum I_{\text{доп.0}}}{I_1}$  – коэффициенты дополнительных прямой, обратной и нулевой последовательностей токов, соответственно;  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_0$  – симметричные составляющие токов прямой, обратной и нулевой последовательностей основной частоты, соответственно;  $\sum I_{\text{доп.1}} = I_4 + I_7 + I_{10} + \dots + I_{40}$ ,  $\sum I_{\text{доп.2}} = I_2 + I_5 + I_8 + \dots + I_{38}$  и  $\sum I_{\text{доп.0}} = I_3 + I_6 + I_9 + \dots + I_{39}$  – суммарные симметричные составляющие токов дополнительных прямой, обратной и нулевой последовательностей, обусловленные эмиссией высших гармонических составляющих (ВГС), соответственно;  $K_r = \frac{r_0}{r_1}$  – коэффициент активного сопротивления;  $r_0$  и  $r_1$  – активные сопротивления нулевой и прямой последовательностей линии электропередачи (ЛЭП)<sup>3</sup>;  $I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_{40}$  – высшие гармонические составляющие токов, частота которых кратна основной частоте (100, 150, 200, 250...2050, Гц).

Как отмечалось в многочисленных публикациях, наиболее эффективным средством минимизации дополнительных потерь мощности при несимметричном режиме является использование специальных симметрирующих устройств [1, 2, 10]. Дополнительные потери мощности и энергии, обусловленные эмиссией ВГС при несинусоидальных режимах, можно снизить, применяя специальные фильтро-компенсирующие устройства [3, 5, 6, 9].

Если речь идет о несбалансированном режиме, то наилучшим средством минимизации последствий НР, в частности, снижения дополнительных потерь мощности можно считать балансирующее устройство (БУ), подробно описанное в [6, 7]. Это устройство представляет собой компиляцию

<sup>2</sup> Несинусоидальность обусловлена эмиссией высших гармонических составляющих токов (ВГС) при работе электроприёмников с нелинейной вольт-амперной характеристикой.

<sup>3</sup> При равенстве сечений фазного и нулевого проводов ЛЭП это отношение равно 4.

электромагнитного симметрирующего аппарата с минимальным сопротивлением токам нулевой последовательности, фильтров прямой и обратной последовательностей, вычлняющих из сети суммарные совокупности дополнительных ВГС соответствующих последовательностей и узкополосных резонансных фильтров, создающих колебательные контуры для этих суммарных последовательностей токов ВГС.

Коэффициент  $K_P$  в выражении (1) представляет собой отношение потерь активной мощности в несбалансированном режиме к соответствующим потерям, обусловленным протеканием токов только прямой последовательности (условно симметричный, сбалансированный режим). Поэтому для определения реальных потерь мощности в НР без применения БУ можно пользоваться традиционными выражениями:

$$\Delta P_{\text{СЕТИ}} = \Delta P_{\text{ЛИН.}} + \Delta P_{\text{ТРАНС.}} = \\ = l \cdot [r_{\text{уд.ф.}} \cdot (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2) + r_{\text{уд.н.}} \cdot I_N^2] + [P_{\text{ХХ}} + (\beta^2 \cdot P_{\text{КЗ}})] \cdot K_P, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{\text{ЛИН.}}$  и  $\Delta P_{\text{ТРАНС.}}$  – потери активной мощности в ЛЭП и силовом трансформаторе (СТ), соответственно;  $P_{\text{ХХ}}$  и  $P_{\text{КЗ}}$  – потери холостого хода и короткого замыкания СТ;  $\beta$  – коэффициент загрузки СТ;  $r_{\text{уд.ф.}}$  и  $r_{\text{уд.н.}}$  – удельные активные сопротивления фазного и нулевого проводов ЛЭП, соответственно;  $l$  – длина ЛЭП;  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  и  $I_N$  – токи в фазах и нулевом проводнике, соответственно.

Из опубликованных данных известно, что наиболее эффективным местом установки БУ является ближайший к шинам 0.4 кВ СТ узел отбора мощности. После установки БУ в электрической сети, соответствующие потери в электрической сети будут определяться следующим образом:

$$\Delta P_{\text{СЕТИ}}^{\text{БУ}} = \Delta P_{\text{ЛИНИИ}}^{\text{БУ}} + \Delta P_{\text{ТРАНС.}}^{\text{БУ}},$$

где  $\Delta P_{\text{ЛИНИИ}}^{\text{БУ}} = \Delta P_{\text{ЛИН.}} \cdot \frac{K_P^{\text{БУ}}}{K_P}$  – потери активной мощности в ЛЭП после включения БУ;  $\Delta P_{\text{ТРАНС.}}^{\text{БУ}} = \Delta P_{\text{ТРАНС.}} \cdot K_P^{\text{БУ}}$  – потери в СТ после подключения в сети БУ.

Определение коэффициентов  $K_P$  и  $K_P^{\text{БУ}}$  подробно описано в методе [4].

В качестве инструментария расчета исследуемых потерь использовалась компьютерная программа “Unbalance – 3” [8].

**Результаты исследований.** В качестве объекта исследования принята электрическая сеть напряжением 0.4 кВ, осуществляющая электроснабжение потребителей от шин трансформаторной подстанции КТП-2КТПНУ-10/0,4 кВ, получающая ЭЭ от центра питания: ПС-64 “Зональное” 35/10 кВ с. Зональное, ул. Линейная, 1в (Алтайский Край). В качестве средства измерения параметров ЭЭ использовался сертифицированный прибор Ресурс UF-2М, который устанавливался на шинах 0.4 кВ силового трансформатора (СТ). Измерения производились с 00:00 11.06.2022 г. по 23:50 19.06.2022 г.

На рисунке 1 представлены временные диаграммы изменения симметричных составляющих токов прямой, обратной и нулевой последовательностей основной частоты (рис. 1, а) и дополнительных симметричных составляющих токов прямой, обратной и нулевой последовательностей совокупностей ВГС (рис. 1, а).

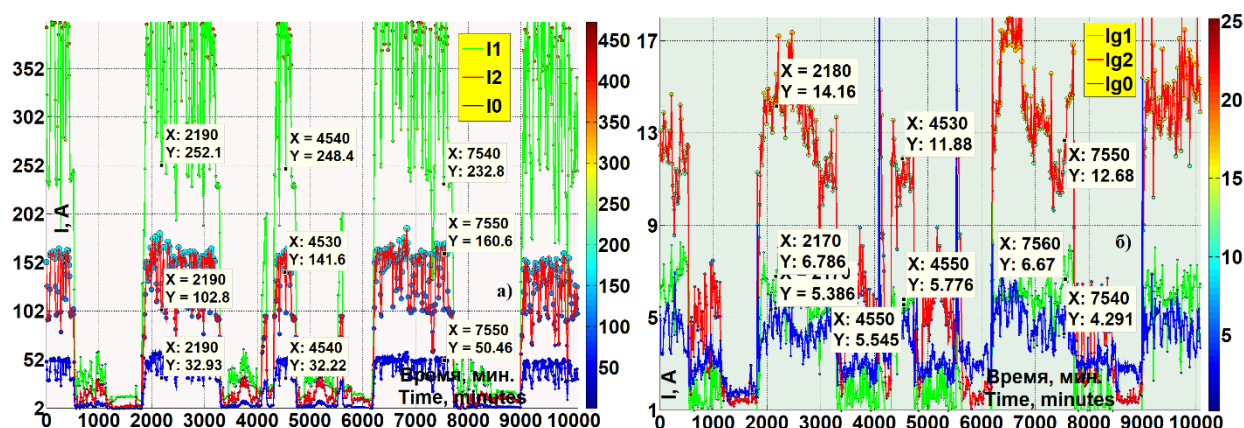


Рисунок 1 – Изменение симметричных составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей токов: а) основной частоты (несимметрия токов), б) токов ВГС (несинусоидальность токов)

Figure 1 – Changes in the symmetrical components of the direct, reverse and zero sequences of currents: a) fundamental frequency (current asymmetry), b) ННС currents (non-sinusoidal currents)

Анализ рисунка 1 показывает, что наибольшие значения имеют СС токов основной частоты. Так, среднее за период измерения значение тока прямой последовательности основной частоты (рис. 1, а) составило  $180.9 \text{ A}^4$ . СС обратной последовательности составляет 40.2% (72.8 А) тока прямой последовательности, а нулевой последовательности – 13% (23.46 А).

Симметричные составляющие токов, обусловленные эмиссией ВГС, имеют гораздо меньшие значения: дополнительная суммарная прямая последовательность – 3.6 А (около 2% тока прямой последовательности основной частоты); дополнительная суммарная обратная последовательность – 8.7 А (4.8%) и дополнительная суммарная нулевая последовательность – 3.85 А (2,12%). Таким образом, влияние всех совокупностей СС токов несбалансированного режима на потери мощности и ЭЭ весьма значительно.

На рисунках 2 и 3 представлены временные диаграммы изменения коэффициента потерь и активной и реактивной мощностей в исследуемой сети, обусловленные действием всех совокупностей СС токов. Анализ полученных зависимостей показал, что среднее значение коэффициента потерь до включения составляло 16 (рис. 2, а). Это означает, что потери в несбалансированном режиме, обусловленные токами всех совокупностей СС, обусловленных несимметричным и несинусоидальным режимами, практически в 16 раз превышают аналогичные потери, обусловленные только током прямой последовательности основной частоты. Включение БУ в ближайшем к шинам ТП узле отбора мощности позволяет снизить этот коэффициент до величины 1.02 (на 94%) (рис. 3, а). Снижаются и потери активной и реактивной мощностей. Потери активной мощности в ЭС до включения БУ составляли 85.3 кВт, а реактивной мощности – 227.4 квар

<sup>4</sup> Здесь и далее приводятся значение параметра, усредненного за весь период измерения (1008 10-минутных промежутков)



(рис. 2, б). Включение БУ позволило снизить эти потери соответственно: активной мощности до 3.6 кВт (снижение – на 95.6%), потери реактивной мощности – до 10.9 квар (снижение на 95.2%).

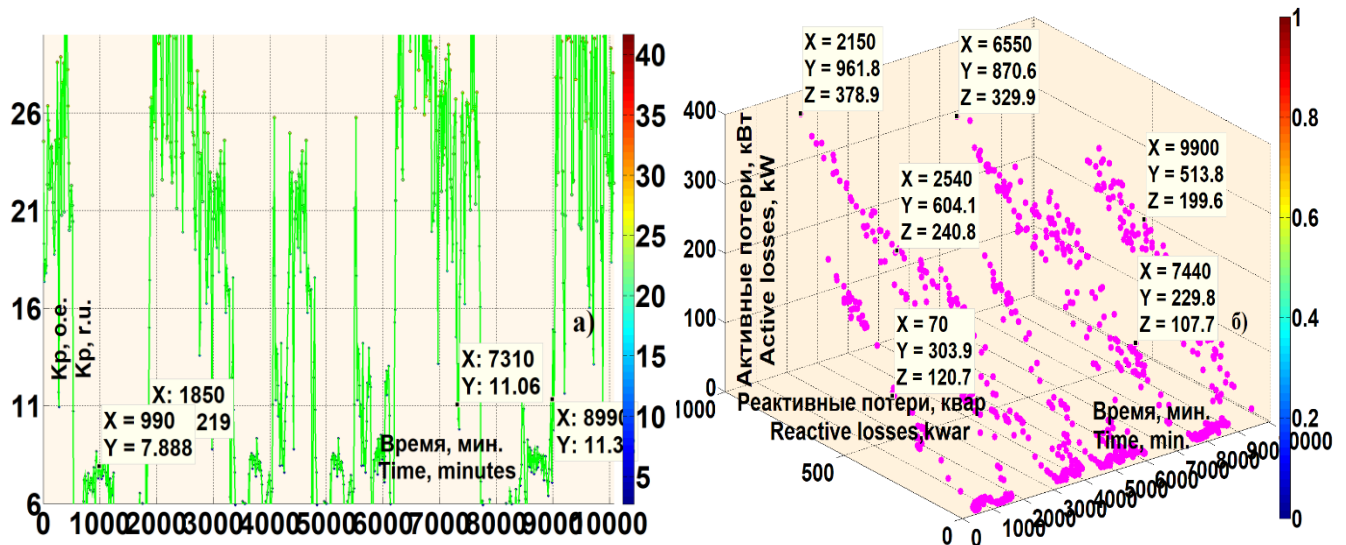


Рисунок 2 – Временные диаграммы изменения коэффициента потерь (а) и потерь мощностей (б) в исследуемой электрической сети при отсутствии БУ

Figure 2 – Time diagrams of changes in loss coefficient (a) and power losses (b) in the electrical network under study in the absence of control unit

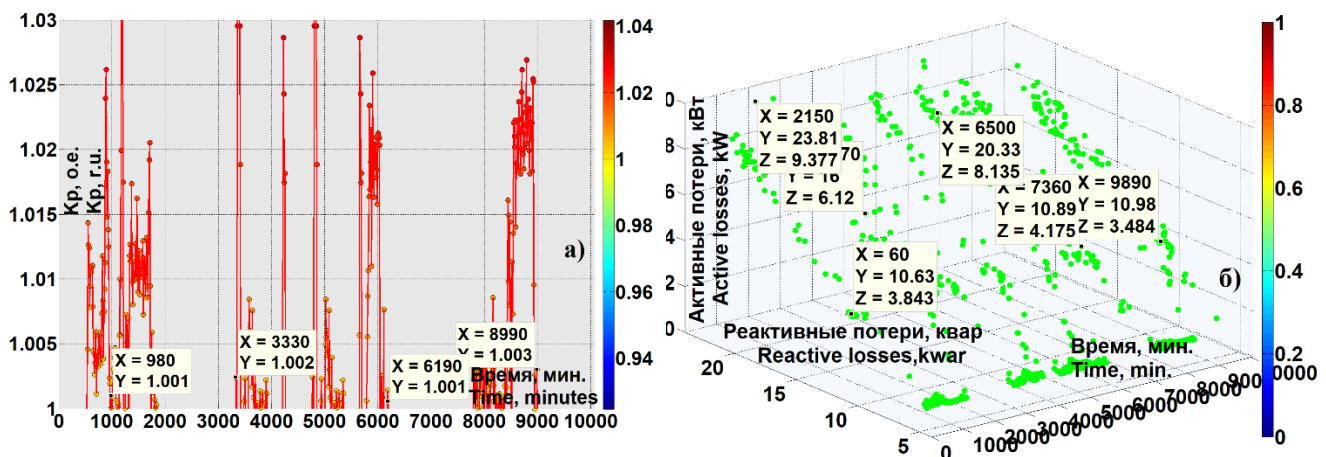


Рисунок 3 – Временные диаграммы изменения коэффициента потерь и потерь мощностей в исследуемой электрической сети при включении БУ

Figure 3 – Time diagrams of changes in the loss coefficient and power losses in the electrical network under study when the control unit is turned on

**Выводы.** Произведенные исследования режимов работы действующих электрических сетей позволили установить следующее.

1. Электрические сети напряжением 0.4 кВ работают в условиях значительной несимметрии и несинусоидальности трёхфазной системы напряжений, что создает значительную несбалансированность фазных токов.

2. Наиболее эффективным средством минимизации последствий несбалансированных режимов является комбинированное техническое средство – компенсирующее устройство, включение которого в ближайшем к шинам источника питания узле нагрузки позволяет снизить потери мощности, а, следовательно, и электрической энергии в электрической сети почти на 95%.

**Благодарности.** Автор выражает признательность зав. кафедрой электрификации и автоматизации сельского хозяйства Алтайского государственного аграрного университета, доктору технических наук, профессору Багаеву Андрею Алексеевичу за предоставление данных измерения параметров электрической энергии.

### Список литературы

1. Абдиева, З.Э. Оценка влияния несимметрии нагрузки на потери электрической энергии в сетях 0.4 кВ / З.Э. Абдиева // Энергетика. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2014. – № (32) 1. – С.157 – 159.
2. Амелькина, Н.А. Определение фактического вклада асимметричных потребителей в искажение качества электроэнергии в точке общего подключения / Н.А. Амелькина, С.С. Бодрухина, С.А. Цырук // Электрик. – 2005. – № 4. – С. 17-21.
3. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко // М.: Энергоатомиздат. – 2000. – 331 с.
4. Наумов И.В. Метод и программа расчёта потерь мощности и показателей несимметрии токов и напряжений в распределительной сети 0.38 кВ с симметрирующим устройством / И.В. Наумов // Мех. и электр. соц. сельск. хоз-ва. Реф. деп. рук. № 22 ВС-89 Деп. – 1989. – № 3. – 30 с.
5. Наумов И.В. Минимизация последствий искажения качества электрической энергии при несимметрично-несинусоидальном электропотреблении / И.В. Наумов, Э.С. Федоринова, М.А. Якупова // Промышленная энергетика. – 2023. – №3. – С. 52-61.
6. Наумов И.В. Снижение дополнительных потерь, обусловленных несинусоидальными режимами и потоками реактивной мощности в цеховой электрической сети 0.4 кВ / И.В. Наумов // Энергетик. – 2023. – №9. – С. 3-8.
7. Наумов И.В. Устройство для снижения потерь в электрических сетях с нелинейно-несимметричной нагрузкой / И.В. Наумов // Электричество. – 2023. – № 6. – С. 57-66.
8. Наумов И.В. “Unbalance-3”. Программа расчета несбалансированных режимов работы низковольтных электрических сетей / И.В. Наумов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Реестре программ № 2023684122 от 13 ноября 2023 г.
9. Фильтры симметричных составляющих / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/16589221/page:15/> 15.12.2023.
10. Naumov I.V. About Electric Energy Additional Losses Reduction at the Phase Currents Unbalancing in the 0.38 kV Operating Networks // Naumov, S.V. Podyachikh and A.N. Tretyakov // EESTE-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 979 (2022) 012160 IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/979/1/012160.

### Referense

1. Abdieva, Z.E. Ocenka vliyaniya nesimmetrii nagruzki na poteri elektricheskoy energii v setyah 0.4 kV [Assessment of the effect of load asymmetry on electrical energy losses in 0.4 kV networks]. 2014, no. (32) 1, pp.157-159.
2. Amelkina, N.A. et all. Opredelenie fakticheskogo vklada asimmetrichnyh potrebitelej v iskazhenie kachestva elektroenergii v tochke obshchego podklyucheniya [Determination of the actual contribution of asymmetric consumers to the distortion of electricity quality at the point general connection]. Electric, 2005, no. 4, pp. 17-21.
3. Zhezhelenko, I.V. Vysshie garmoniki v sistemah elektrosnabzheniya prompredpriyatij [Higher harmonics in power supply systems of industrial enterprises]. Moscow: Energoatomizdat,

2000, 331 p.

4. Naumov, I.V. Metod i programma raschyota poter' moshchnosti i pokazatelej nesimmetrii tokov i napryazhenij v raspredelitel'noj seti 0.38 kV s simmetriruyushchim ustrojstvom [Method and program for calculating power losses and indicators of asymmetry of currents and voltages in a 0.38 kV distribution network with a symmetrical device]. 1989, no. 3, 30 p.

5. Naumov, I.V. et all. Minimizaciya posledstvij iskazheniya kachestva elektricheskoy energii pri nesimmetrichno-nesinusoidal'nom elektropotreblenii [Minimization of the consequences of distortion of the quality of electric energy in asymmetric-non-sinusoidal power consumption]. Promyshlennaya energetika, 2023, no. 3, pp. 52-61.

6. Naumov, I.V. Snizhenie dopolnitel'nyh poter', obuslovlennyh nesinusoidal'nymi rezhimami i potokami reaktivnoj moshchnosti v cekhovej elektricheskoy seti 0.4 kV [Reduction of additional losses caused by non-sinusoidal modes and reactive power flows in the 0.4 kV shop electrical network]. Energetik, 2023, no. 9, pp. 3-8.

7. Naumov, I.V. Ustrojstvo dlya snizheniya poter' v elektricheskikh setyah s nelinejno-nesimmetrichnoj nagruzkoy [A device for reducing losses in electrical networks with a non-linearly asymmetric load]. Elektrichestvo, 2023, no. 6, pp. 57-66.

8. Naumov, I.V. “Unbalance-3”. Programma rascheta nesbalansirovannyh rezhimov raboty nizkovol'tnyh elektricheskikh setej [“Imbalance-3”. The program for calculating unbalanced modes of operation of low-voltage electric networks]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM v Reestre programm № 2023684122 ot 13 noyabrya 2023 g.

9. Fil'try simmetrichnyh sostavlyayushchih [Filters of symmetric components]. <https://studfile.net/preview/16589221/page:15> / 15.12.2023.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных данных. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** Author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. Author of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interest.

### История статьи / Article history

Дата поступления в редакцию / Received: 17.12. 2023

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 26.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### Сведения об авторе:

Наумов Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского и Иркутского национального исследовательского технического университета, засл. раб. ВО РФ.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89246088990, e-mail: professornaumov@list.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4767-0127>.

### Information about the author:

Igor V. Naumov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky and Irkutsk National Research Technical University, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 89246088990, e-mail: professornaumov@list.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4767-0127>.





DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-25-31

УДК 621.313

Научная статья

## АНАЛИЗ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЗВЕНА ВТОРОГО ПОРЯДКА

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

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

**Аннотация.** Проблема низкой эксплуатационной надежности машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве остается неизменно актуальной. Зачастую это обусловлено повышенным содержанием агрессивных веществ в производственных помещениях, сложными эксплуатационными условиями. Согласно литературным данным, а также статистике электротехнических служб сельскохозяйственных предприятий, выход из строя асинхронных двигателей до 80% случаев связан с перегоранием межвитковой изоляции. Одной из причин, вызывающих перегорание обмоток, является увеличенный радиальный зазор подшипника, так как при его возникновении снижается коэффициент полезного действия асинхронного двигателя, возрастают номинальные токи и локальные перегревы в подшипниковых щитах, что влечет к ускоренному старению межвитковой изоляции и выходу ее из строя. В более ранних работах нами было установлено, что при увеличении радиального зазора в подшипниках изменяется форма зависимости частоты вращения ротора от времени в режиме запуска. При этом на одном из участков пусковой кривой возникают колебания частоты вращения ротора. Одним из диагностических параметров неисправности подшипников было предложено использовать время затухания характерных колебаний частоты вращения ротора, но определить в какой именно момент времени эти колебания прекратились или стали постоянными достаточно сложно. В связи с этим нами было предложено рассмотреть процесс запуска асинхронного двигателя с точки зрения теории управления, а именно в виде колебательного звена. Рассчитав переменные, входящие в уравнение переходной функции колебательного звена можно судить о наличии неисправностей в двигателе, в частности для диагностики увеличенного радиального зазора можно использовать коэффициент колебательности.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, диагностика, колебательное звено, птицефабрика, отказы, эксплуатация.

**Для цитирования:** Прудников А.Ю., Логинов А.Ю., Боннет Я.В. Анализ пусковых характеристик асинхронного двигателя с использованием колебательного звена второго порядка. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4(49):25-31. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-25-31.

## ANALYSIS OF THE STARTING CHARACTERISTICS OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR USING A SECOND-ORDER OSCILLATORY LINK

Artem Yu. Prudnikov, Alexandr Yu. Loginov, Yakov V. Bonnet

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

**Abstract.** The problem of low operational reliability of machines and devices in agricultural production remains invariably relevant. This is often due to the increased content of aggressive substances in production premises and difficult operating conditions. According to literature data, as well as statistics from electrical technical services of agricultural enterprises, failure of asynchronous motors in up to 80% of cases is associated with burnout of interturn insulation. One of the reasons causing winding burnout is an increased radial clearance of the bearing, since when it occurs, the efficiency of the asynchronous motor decreases, the rated currents and local overheating in the bearing shields increase, which leads to accelerated aging of the interturn insulation and its failure. In earlier works, we established that with an increase in the radial clearance in the bearings, the shape of the dependence of the rotor speed on time in the starting mode changes. In this case, oscillations in the rotor speed occur in one of the sections of the starting curve. It was proposed to use the decay time of characteristic oscillations in the rotor speed as one of the diagnostic parameters for bearing malfunctions, but it is quite difficult to determine at what point in time these oscillations stopped or became constant. In this regard, we proposed to consider the process of starting an asynchronous motor from the point of view of control theory, namely in the form of an oscillatory link. By calculating the variables included in the equation of the transition function of the oscillatory link, one can judge the presence of malfunctions in the engine; in particular, the oscillation coefficient can be used to diagnose increased radial clearance.

**Keywords:** asynchronous motor, diagnostics, oscillating link, poultry farm, failures, operation.

**For citation:** Prudnikov A.Yu., Loginov A.Yu., Bonnet Ya.V. Analysis of the starting characteristics of an asynchronous motor using a second-order oscillatory link. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4(49):25-31. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-25-31.

**Введение.** Для математического описания работы различных технических объектов и систем широко применяются динамические модели, которые отражают возможные состояния объекта при разных воздействиях на него. В современной литературе, в частности, в теории автоматического управления, представлено достаточное количество этих моделей, которые могут описывать процессы в разных деталях. Основные свойства динамической системы определяются реакцией этой системы на какое-либо событие (возмущение), которая может быть представлена системой дифференциальных уравнений [2, 4].

**Материалы и методы.** Теоретическая часть исследования опирается на научные труды отечественных авторов, посвященные теории

автоматического управления и регулирования, а также диагностике электрических машин. Для получения диагностической информации пусковые характеристики анализировались в пакетах прикладных математических программ. Для получения численных значений коэффициента колебательности и других характеристик колебательного звена применялся метод наименьших квадратов.

**Основные результаты.** В работах [5, 7, 8] нами было установлено, что при увеличении радиального зазора в подшипниках асинхронных двигателей и, как следствие, возникновении статического эксцентриситета ротора изменяется форма зависимости частоты вращения ротора от времени. На основании этого было предложено в качестве диагностического параметра использовать амплитуду колебаний частоты вращения ротора, а также время затухания этих колебаний. Однако при анализе пусковой кривой достаточно сложно точно отследить момент времени, в который эти колебания прекратились [1, 6], поэтому нами было предложено процесс запуска рассматривать в виде колебательного звена, а по значениям переменных, входящих в уравнение, описывающее этот процесс, судить о наличии неисправностей в двигателе.

Описывая реакцию электрической машины, в частности, асинхронного двигателя, при подаче напряжения на статорную обмотку, используя колебательное звено, можно охарактеризовать процесс следующим образом: ротор двигателя приходит во вращение и разгоняется, при достижении номинальных оборотов частота вращения ротора колеблется в определенных пределах, а затем усредняется, что обусловлено инерционностью ротора; как только переходной процесс (режим пуска) в двигателе завершается можно говорить о том, что система снова в покое. При работе двигателя в номинальном режиме возмущающим фактором может быть переменная нагрузка, реверс, остановка двигателя, обрыв фазы, короткое замыкание и т.п.

На рисунке 1 приведен график изменения частота вращения ротора асинхронного двигателя в функции времени в режиме запуска. На данной пусковой кривой представлены основные характеристики колебательного звена второго порядка, а именно:  $T_k$  – период одного колебания, с;  $h_1, h_2$  – амплитуды соседних полупериодов относительно установившегося значения частоты вращения ротора, об/мин.

Используя данные характеристики, в нашем случае переходную функцию колебательного звена можно записать следующим уравнением [3]:

$$n(t) = k \left[ 1 - e^{-\frac{|\cos\varphi|t}{\tau}} \left( \frac{|\cos\varphi|t}{T} \operatorname{sinc} \left( \frac{|\sin\varphi|t}{T} \right) + \cos \left( \frac{|\sin\varphi|t}{T} \right) \right) \right], \quad (1)$$

где  $T$  – постоянная времени;  $k$  – коэффициент усиления.

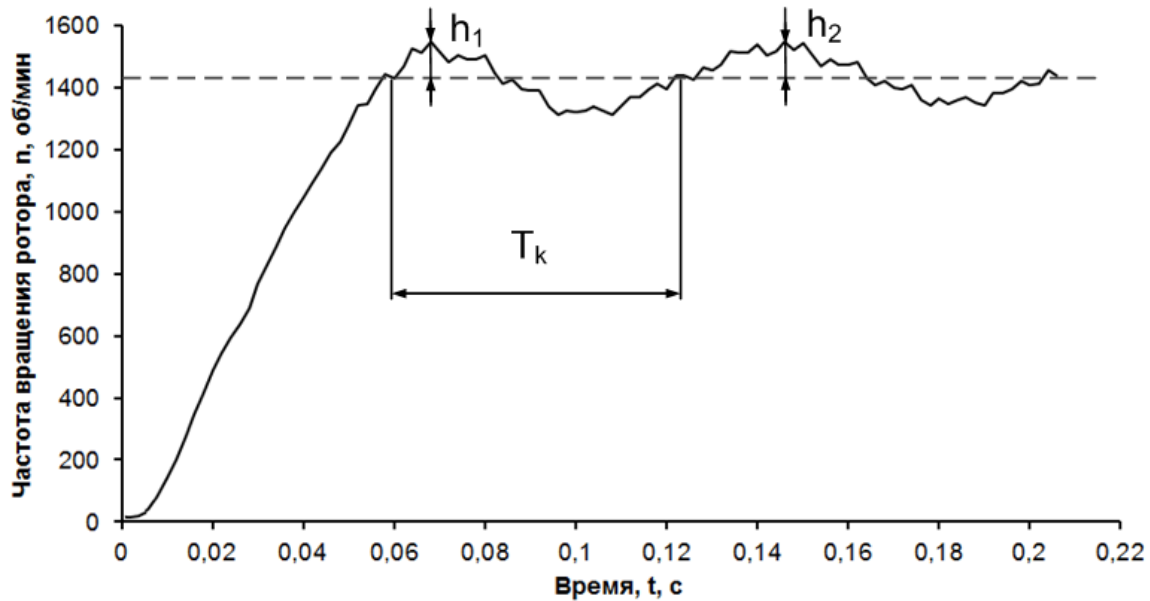


Рисунок 1 – Пусковая характеристика асинхронного двигателя

Figure 1 – Starting characteristic of an asynchronous motor

Уравнение (1) можно решить при помощи пакетов прикладных математических программ методом наименьших квадратов. При этом его нужно продифференцировать по всем переменным, в результате чего мы получим следующие зависимости:

$$\frac{dk}{dt} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = 1 - e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{\tau}} \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right) \cdot \left[ n + k \left[ 1 - e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{\tau}} \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right) \right] \right] \cdot \left[ e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{\tau}} \left[ \frac{\text{sgnum}(\cos(\varphi), 0) \sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) \sin(\varphi)}{|\sin(\varphi)|} + \frac{\text{sgnum}(\sin(\varphi), 0) \sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) \cos(\varphi) |\cos(\varphi)|}{(|\sin(\varphi)|)^2} + \frac{t \cdot \text{sgnum}(\sin(\varphi), 0) \sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) \cos(\varphi)}{T} \right] \right] \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 & \left. - \frac{t \cdot \operatorname{signum}(\sin(\varphi), 0) \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) \cos(\varphi) |\cos(\varphi)|}{T |\sin(\varphi)|} \right] - \\
 & \left. - \frac{t \cdot \operatorname{signum}(\cos(\varphi), 0) \cdot e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{T}} \sin(\varphi) \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right)}{T} \right], \\
 \\
 & \frac{dT}{dt} = 1 - e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{T}} \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right) \cdot \\
 & \cdot \left[ n + k \left[ 1 - e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{T}} \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right) \right] \right] \cdot \quad (4) \\
 & \cdot \left[ e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{T}} \left( \frac{t \cdot \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{T^2} - \frac{t \cdot \sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\sin(\varphi)|}{T^2} \right) - \right. \\
 & \left. - \frac{t \cdot e^{-\frac{|\cos(\varphi)|t}{T}} \cdot |\cos(\varphi)| \cdot \left( \cos\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) + \frac{\sin\left(\frac{|\sin(\varphi)|t}{T}\right) |\cos(\varphi)|}{|\sin(\varphi)|} \right)}{T^2} \right].
 \end{aligned}$$

Кроме того, следует иметь в виду, что

$$|\cos\varphi| = \xi, \quad (5)$$

где  $\xi$  – коэффициент колебательности звена, характеризующий степень затухания рассматриваемой характеристики.

**Выводы.** При решении уравнений (2)-(5) можно получить численные значения переменных  $T$ ,  $k$ ,  $\xi$ , что позволит судить о характере процесса затухания частоты вращения ротора асинхронного двигателя. При этом величину коэффициента колебательности рассматриваемого звена можно использовать в качестве диагностического параметра, характеризующего увеличение радиального зазора в подшипниках. Используя функциональную зависимость коэффициента колебательности от величины зазора, можно судить о техническом состоянии подшипников и спрогнозировать их остаточных ресурс.

#### Список литературы

1. Боннет, Я.В. Особенности эксплуатации электродвигателей на птицефабрике / Я.В. Боннет, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 47. – С. 8-17. – DOI 10.51215/2411-6483-2023-(2)47-8-17.
2. Егоров, К.В. Основы теории автоматического управления / К.В. Егоров. – М.: Энергия, 1967. – 648 с.
3. Логинов, А.Ю. Описание процесса изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя с помощью динамического звена второго порядка / А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 81-2. – С. 111-116.

4. Попов, Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1970. – 249 с.

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

6. Прудников, А.Ю. 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 Ивана Петровича, 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.

7. 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. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52030. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052030.

8. The results of the production tests of the method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor / A. Prudnikov, V. Bonnet, A. Loginov, Ya. Bonnet // E3s web of conferences, Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. Vol. 390. – Krasnoyarsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06020. – DOI 10.1051/e3sconf/202339006020.

## References

1. Bonnet, Ya.V. et all. Osobennosti ekspluatatsii elektrodvigatелеj na pticefabrike [Features of operating electric motors at a poultry farm]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2023, no. 47, pp. 8-17. – DOI 10.51215/2411-6483-2023-(2)47-8-17.

2. Egorov, K.V. Osnovy teorii avtomaticheskogo upravleniya [Fundamentals of automatic control theory]. Moscow: Energiya, 1967, 648 p.

3. Loginov, A.Yu., Prudnikov, A.Yu. Opisanie processa izmeneniya chastoty vrashcheniya rotora asinhronnogo dvigatelya s pomoshch'yu dinamicheskogo zvena vtorogo poryadka [Description of the process of changing the rotor speed of an asynchronous motor using a second-order dynamic link]. Vestnik IrGSKHA, 2017, no. 81-2, pp. 111-116.

4. Popov, E.P. Teoriya linejnyh sistem avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya [Theory of linear automatic regulation and control systems]. Moscow: Nauka, 1970, 249 p.

5. Prudnikov, A.Yu. Diagnostika ekscentrisiteta rotora asinhronnyh dvigatelej, ispol'zuemyh v sel'skom hozyajstve [Diagnostics of rotor eccentricity of asynchronous motors used in agriculture]: special'nost' 05.20.02 "Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v sel'skom hozyajstve": diss. kand. tekhnich. Nauk. Moscow, 2022, 198 p.

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

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных данных. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи / Article history**

Дата поступления в редакцию / Received: 4.10. 2023

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 15.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12. 2023

### **Сведения об авторах**

Прудников Артем Юрьевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0741-5877>.

Логинов Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041224153, e-mail: alexander\_loginov@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4526-9156>.

Боннет Яков Вячеславович – аспирант 1 года обучения энергетического факультета, кафедры электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@gmail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2888-7446>.

### **Information about authors**

Artem Yu. Prudnikov – candidate of technical Sciences, senior lecturer, energy faculty, Department of electrical and physics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, tel. 89247101077, e-mail: a.prudnicov@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0741-5877>.

Alexandr Yu. Loginov – candidate of technical Sciences, associate Professor, faculty of energy engineering, Department of electrical and physics of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, tel. 89041224153, e-mail: alexander\_loginov@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4526-9156>.

Yakov V. Bonnet – postgraduate student of 1 year of study at the faculty of energy engineering, Department of electrical and physics of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, tel. 89773976519, e-mail: bonnet.iakov@gmail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2888-7446>.





DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-32-41

УДК 631. 33. 021

Научная статья

## ПРОВЕРКА РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ЗАСЫПКИ ГОРШКОВ ТОРФОМ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

С.Н. Шуханов, В.Н. Хабардин, Г.Н. Поляков

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

**Аннотация.** Увеличение валового сбора картофеля является приоритетной задачей успешного функционирования растениеводческой отрасли аграрного сектора страны. Эта проблема тесно коррелирует с развитием селекции и семеноводства. Ключевые задачи селекции и семеноводства диктуются потребностью выведения разнообразных высокоурожайных сортов, характеризующихся различными сроками созревания, в том числе хозяйственным назначением. На результативность отбора существенное влияние оказывает объём выполняемой селекционной работы. Его значительное увеличение достигается за счёт формирования тепличных комплексов селекционно-семеноводческого направления. Необходимый объём селекционных работ сдерживается по причине отсутствия высокоэффективных технических средств механизации, а также автоматизации трудоёмких технологических процессов. Одним из таковых является засыпка и просеивание горшков торфом. Засыпка горшков торфом требует высокого качества. Так, значение неравномерности засыпки горшков торфом не должна быть более 5.9%, а это в свою очередь предъявляет высокие требования к средствам механизации. Очевидно, что необходимо создание таких машин, которые обеспечили бы наиболее равномерное распределение торфа с учетом его физико-механические свойства. Для осуществления засыпки горшков торфом было разработано техническое средство – бункер-дозатор на уровне патентоспособности на базе самоходного шасси Т-16 МТ. Осуществленная проверка комплексных исследований по разработке, а также обоснованию конструктивных, в том числе кинематических параметров технического средства засыпки горшков торфом при выращивании сеянцев картофеля в производственных условиях подтвердила адекватность выполненных исследований.

**Ключевые слова:** селекционные работы, засыпка горшков торфом, техническое средство, производственные условия.

**Для цитирования:** Шуханов С.Н., Хабардин В.Н., Поляков Г.Н. Проверка работы технического средства засыпки горшков торфом в условиях производства. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4 (49):32-41. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-32-41.



## CHECKING THE OPERATION OF THE TECHNICAL MEANS FOR FILLING POTS WITH PEAT UNDER PRODUCTION CONDITIONS

Stanislav N. Shukhanov, Vasilii N. Khabardin, Gennady N. Polyakov

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

**Abstract.** Increasing the gross yield of potatoes is a priority task for the successful functioning of the crop production industry of the country's agricultural sector. This problem closely correlates with the development of breeding and seed production. The key tasks of breeding and seed production are dictated by the need to develop a variety of high-yielding varieties characterized by different ripening periods, including economic purposes. The effectiveness of selection is significantly influenced by the volume of selection work performed. Its significant increase is achieved through the formation of greenhouse complexes for breeding and seed production. The required volume of breeding work is hampered due to the lack of highly effective technical means of mechanization, as well as automation of labor-intensive technological processes. One of these is filling and sifting pots with peat. Filling pots with peat requires high quality. Thus, the value of the unevenness of filling pots with peat should not be more than 5.9%, and this, in turn, places high demands on the means of mechanization. Obviously, it is necessary to create machines that would ensure the most uniform distribution of peat, taking into account its physical and mechanical properties. To fill pots with peat, a technical device was developed – a patentable dosing hopper based on the T-16 MT self-propelled chassis. A verification of complex research on the development, as well as justification of the design, including kinematic parameters, of a technical means for filling pots with peat when growing potato seedlings in production conditions confirmed the adequacy of the research performed.

**Keywords:** selection work, filling pots with peat, technical means, production conditions.

**For citation:** Shukhanov S.N., Khabardin V.N., Polyakov G.N. Checking the operation of the technical means for filling pots with peat under production conditions. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4 (49):32-41. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-32-41.

**Введение.** Успешному решению актуальных проблем аграрного сектора способствуют результаты научных исследований сельскохозяйственной науки [1-4]. При этом приоритетное значение имеют технические средства и технологии механизации агропромышленного комплекса [5-8]. Особое место в этом аспекте занимают машины и оборудование обеспечивающие процессы растениеводческой отрасли аграрного производства [9-12].

Увеличение валового сбора картофеля является собой приоритетную задачу успешного функционирования растениеводческой отрасли аграрного сектора страны. Эта проблема тесно коррелирует с развитием селекции и семеноводства. Ключевые задачи селекции и семеноводства диктуются потребностью выведения разнообразных высокоурожайных сортов,

характеризующихся различными сроками созревания, в том числе хозяйственным назначением. На результативность отбора существенное влияние оказывает объём выполняемой селекционной работы. Его значительное увеличение достигается за счет формирования тепличных комплексов селекционно-семеноводческого направления. Необходимый объём селекционных работ сдерживается по причине отсутствия высокоэффективных технических средств механизации, а также автоматизации трудоёмких технологических процессов. Одним из таковых является и засыпка просеивание горшков почвенным субстратом – торфом.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследований в условиях производства приняты: опытный образец технического средства – бункера-дозатора в технологической линии по подготовке и засыпки горшков субстратом почвы – торфом, а также собственно торф. В процессе испытаний осуществлялась проверка неравномерности засыпки горшков торфом, включая норму засыпки, в том числе производительность агрегата.

**Результаты исследования.** Засыпка горшков субстрата почвы – торфом требует высокого качества. Так, значение неравномерности засыпки горшков торфом не должна быть более 5.9%, а это в свою очередь предъявляет высокие требования к средствам механизации. Очевидно, что необходимо создание таких машин, которые обеспечили бы наиболее равномерное распределение торфа с учетом его физико-механических свойств.

Для осуществления засыпки горшков субстратом почвы (торфом) было разработано техническое устройство – бункер-дозатор на уровне патентоспособности на базе самоходного шасси Т-16 МТ (рис. 1-3).

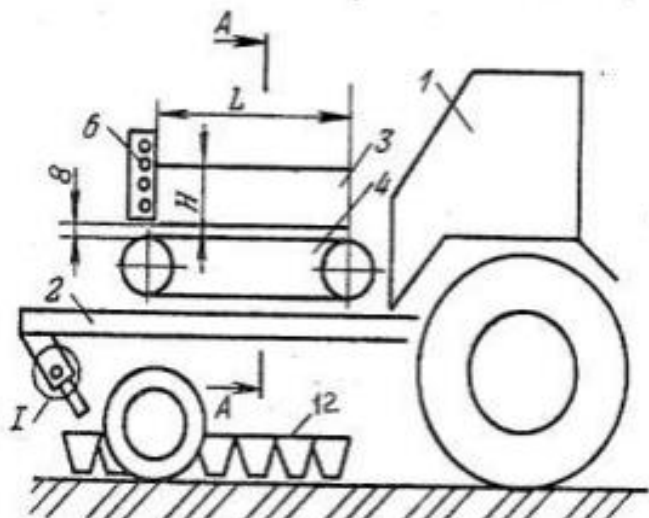


Рисунок 1 – Схема устройства, общий вид

Figure 1 – Device diagram, general view

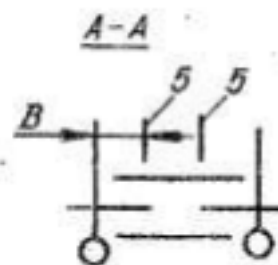


Рисунок 2 – Разрез А-А

Figure 2 – Section A-A

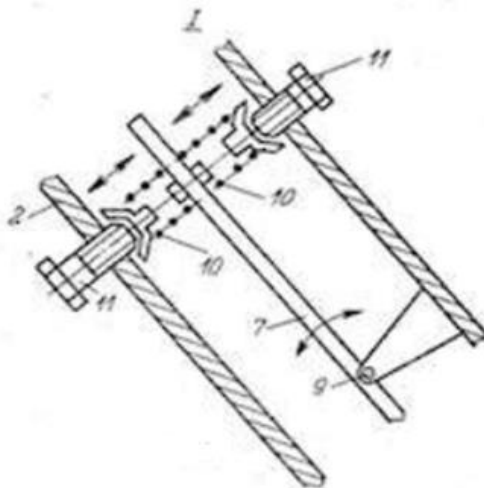


Рисунок 3 – Принципиальная схема крепления и работы подпружиненной пластины (узел I на рисунке 1)

Figure 3 – Schematic diagram of fastening and operation of a spring-loaded plate (node I in Figure 1)

Техническое решение задачи по созданию новой конструкции бункера-дозатора направлено на обеспечение равномерного наполнения горшочков субстратом почвы. Предлагаемое техническое устройство изготовлено на базе платформы самоходного шасси 1. На конструкции рамы 2 смонтирован кузов, снабженный вертикальными бортами 3, а также подвижным дном в виде бесконечной ленты транспортера 4, разделенной посредством продольных вертикальных перегородок 5 на отдельные секции. В передней части конструкции кузова размещена дозирующая борт-заслонка 6, в том числе подпружиненная пластина 7. Дозирующая щель 8 позволяет варьировать ее параметры по высоте. Пластина 7 смонтирована на оси 9, в том числе двух пар пружин 10, которые размещены с противоположно расположенных сторон, а также закреплены посредством болтов 11.

Горшочки размещены рядами на опорной поверхности (рис. 1-3): рисунок 1 – схема технического устройства, общий вид; рисунок 2 – разрез А-А; рисунок 3 – принципиальная схема крепления и функционирования подпружиненной пластины (узел I на рисунке 1).

Техническое устройство функционирует по такому принципу. При осуществлении процесса перемещения шасси 1 с размещенным на конструкции рамы 2 кузовом 3 над рядами горшочков 12 почвенный субстрат (торф) передвигается с помощью бесконечной ленты транспортера 4. Равномерное дозирование сыпучего материала формируется с помощью увеличения сил трения о делящие конструкцию кузова на отдельные секции перегородки 5. Это достигается за счет того, что при увеличении соотношения длины секции  $L$  к её ширине  $B$  при постоянной высоте  $H$  значение бокового напряжения в почвенной смеси имеет тенденцию к увеличению, а собственно процесс дозирования сыпучего материала при

соотношении этих параметров (L, B, H) как 4:1:1 принимает устойчиво стабильный характер. Почвенная смесь подается через дозирующую щель 8, значение высота которой варьирует благодаря изменению положения борт-заслонки 6.

Следующий этап функционирования технического устройства заключается в том, что сыпучий материал перемещается на конструкцию подпружиненной пластины 7 с варьируемым значением угла наклона к действующему потоку. Далее, при попадании почвенной смеси на устройство подпружиненной пластины 7, последняя, преодолевая сопротивление пружины 10, приводится в колебательное движение вокруг оси 9, а именно, вибрирует, что содействует дополнительному измельчению, в том числе - рассеиванию сыпучего материала (торфа), а также позволяет существенно повысить равномерность заполнения горшочков почвенным субстратом.

Для изменения длины пружин 10, в том числе угла наклона пластины 7, в корреляции с физико-механическими свойствами сыпучего материала, болты 11 ввинчивают в раму 2. Варьирование длины пружины оказывает воздействие на её усилие, что дает возможность изменять величину амплитуды колебаний. При избыточно уплотненной почвенной смеси выбирается меньшее усилие пружин, что способствует достижению большего значения амплитуды, а также меньшей частоты колебаний пластины.

В научно-производственном объединении по картофелеводству были проведены комплексные исследования по разработке, а также обоснованию конструктивных, в том числе кинематических параметров технического устройства для засыпки горшков почвенным субстратом (торфом) при выращивании сеянцев картофеля с целью осуществления максимально равномерного, устойчивого и стабильного дозирования, а также обеспечения необходимой производительности, включая минимальные затраты энергии [14].

Для подтверждения полученных основных результатов теоретических и экспериментальных исследований были осуществлены опыты в производственных условиях. Испытания опытного образца технического устройства – бункера-дозатора выполнялись в опытно-производственном хозяйстве (ОПХ) “Коренево” НИИКХ.

Материалом для засыпки горшков служил торф влажностью  $W = 76-86\%$  и объемной массой  $\gamma = 651-757 \text{ кг/м}^3$ .

В процессе испытаний осуществлялась проверка:

- 1) неравномерности засыпки горшков почвенным субстратом – торфом по ширине захвата, а также длине прохода агрегата;
- 2) фактической нормы засыпки горшков торфом в процессе опорожнения технического устройства – бункера-дозатора;
- 3) действительной производительности агрегата.

Просеивание, а также засыпка горшков почвенным субстратом-смесью (торфом) осуществлялась по следующей технологической линии: экскаватор ЭО – 2621Б – бункер ПБ – 2 – опытный образец просеивателя почвенного грунта (на базе картофелесортировального пункта КСК – 15Б промышленного образца) – опытный образец технического устройства – бункера-дозатора (агрегат на базе самоходного шасси Т-16МТ серийного промышленного производства) [13].

По результатам проведенных экспериментов построены графики (рис. 4 и 5).

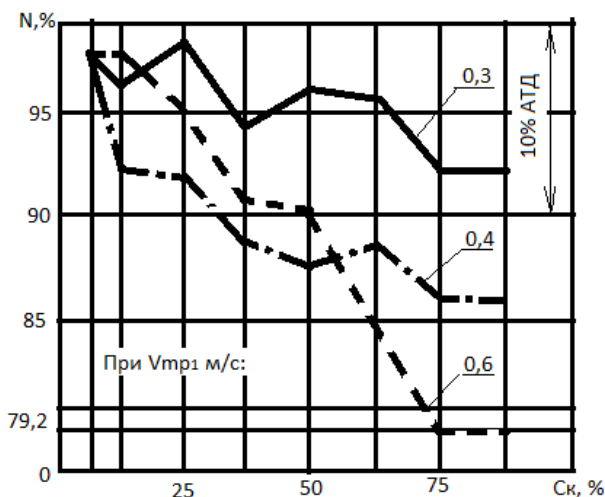


Рисунок 4 – Изменение фактической нормы засыпки горшков торфом по мере опорожнения

Figure 4 – Changing the actual rate of filling pots with peat as they are emptied

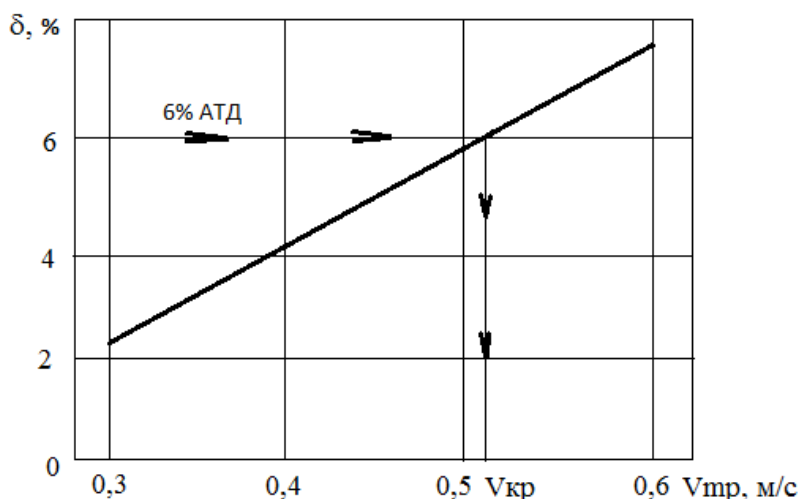


Рисунок 5 – Изменения неравномерности засыпки горшков торфом в зависимости от скорости движения ленточного питателя

Figure 5 – Changes in the unevenness of filling pots with peat depending on the speed of the belt feeder

Из анализа графика, характеризующего изменения фактической нормы засыпки горшков торфом по мере опорожнения кузова при скоростях питателя 0,6 м/с и 0,4 м/с, следует, что работа технического средства не отвечает требованиям агротехнического допуска (АТД = 10 %). Это условие соблюдается при значении скорости питателя равном 0,3 м/с.

Согласно графику изменения неравномерности засыпки горшков торфом в зависимости от скорости движения ленточного питателя явствует, что требуемое условие по 6-ти процентному значению АТД соблюдается при скорости питателя 0,51 м/с.

**Вывод.** Анализ графиков на рисунках 4 и 5 показывает, что качественные показатели технического устройства – бункера-дозатора полностью соответствуют агротехническому допуску (АТД) на основе выполненных теоретических, а также экспериментальных исследований.

Установлено, что качественные показатели бункера-дозатора полностью соответствуют агротехническому допуску (АТД), что подтверждает правильность выполненных теоретических и экспериментальных исследований. Бункер-дозатор обеспечивает подачу торфа в пределах от 41 до 150 т/ч.

#### Список литературы

1. Алтухов, И.В. Определение скорости нагрева топинамбура при сушке инфракрасным излучением / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 1. – С. 14-15.
2. Асалханов, П.Г. О некоторых алгоритмах прогнозирования дат технологических операций возделывания зерновых культур / П.Г. Асалханов, Я.М. Иванько // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 47. – С. 116-121.
3. Бодякина, Т.В. Об износе прецизионных пар топливного насоса высокого давления при работе дизеля / Т.В. Бодякина, Е.В. Елтошкина, Т.Л. Горбунова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 44. – С. 6-12.
4. Бураев, М.К. Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона / М.К. Бураев, А.В. Шистеев, Г.М. Бураева, А.И. Аносова // Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3 (86). – С. 56-62.
5. Бутенко, А.Ф. Результаты экспериментальных исследований комбинированного ленточного метателя зерна / А.Ф. Бутенко, А.В. Асатурян, С.М. Чепцов // Научное обозрение. – 2016. – № 10. – С. 79-83.
6. Поляков, Г.Н. Совершенствование технических средств для возделывания яровых зерновых культур с разработкой сеялки для посева в гряды / Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, А.В. Косарева // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2 (38). – С. 33-41.
7. Свечников, В.Н. Моделирование работы системы энергоснабжения тепличного комплекса / В.Н. Свечников, А.А. Медяков, Т.А. Кудинова, А.П. Осташенков // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С. 158.
8. Раднаев, Д.Н. Оптимизация технологического комплекса машин в растениеводстве / Д.Н. Раднаев, С.С. Калашников, С.Н. Шуханов // Аграрная наука. – 2015. – № 8. – С. 28-30.
9. Ряднов, А.И. Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 3 (118). – С. 40-51.



10. Ряднов, А.И. Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3 (63). – С. 356-366.

11. Ряднов, А.И. Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68. – № 4 (45). – С. 45-50.

12. Шуханов, С.Н. Аналитическое исследование процесса дозирования торфа бункером-дозатором / С.Н. Шуханов // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 3. – С. 56-57.

13. Шуханов, С.Н. Интерпретация качественных показателей функционирования двигателя УЗАМ-331.10 при работе на газообразном топливе / С.Н. Шуханов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2020. – № 51. – С. 32-36.

14. Шуханов, С.Н. Теоретические и практические аспекты механизации применения грунта при возделывании горшечных культур / С.Н. Шуханов, П.И. Ильин, Г.Н. Поляков, В.Д. Коваливнич. – Молодежный. – 2022. – 151 с.

### References

1. Altukhov, I.V. et all. Opredelenie skorosti nagreva topinambura pri sushke infrakrasnym izlucheniem [Determination of the heating rate of Jerusalem artichoke during drying with infrared radiation]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2013, no. 1, pp. 14-15.

2. Asalkhanov, P.G., Ivan'о, Ya.M. O nekotoryh algoritmah prognozirovaniya dat tekhnologicheskikh operacij vozdelevaniya zernovyh kul'tur [On some algorithms for predicting the dates of technological operations for cultivating grain crops]. Vestnik IrGSKHA, 2011, no. 47, pp. 116-121.

3. Bodyakina, T.V. et all. Ob iznose precizionnyh par toplivnogo nasosa vysokogo davleniya pri rabote dizelya [On the wear of precision pairs of a high-pressure fuel pump during diesel operation]. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki, 2022, no. 44, pp. 6-12.

4. Buraev, M.K. et all. Problemy tekhnicheskogo servisa agropromyshlennogo kompleksa Bajkal'skogo regiona [Problems of technical service of the agro-industrial complex of the Baikal region]. Vestnik VSGUTU, 2022, no. 3 (86), pp. 56-62.

5. Butenko, A.F. et all. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij kombinirovannogo lentochnogo metatelya zerna [The results of experimental studies of the combined belt grain thrower]. Nauchnoe obozrenie, 2016, no. 10, pp. 79-83.

6. Polyakov, G.N. et all. Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv dlya vozdelevaniya yarovyh zernovyh kul'tur s razrabotkoj seyalki dlya poseva v gryady [Improvement of technical means for the cultivation of spring crops with the development of a seeder for sowing in ridges]. Permskij agrarnyj vestnik, 2022, no. 2 (38), pp. 33-41.

7. Svechnikov, V.N. et all. Modelirovanie raboty sistemy energosnabzheniya teplichnogo kompleksa [Simulation of the operation of the power supply system of a greenhouse complex]. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, no. 4 (51), 158 p.

8. Radnaev, D.N. et all. Optimizatsiya tekhnologicheskogo kompleksa mashin v rasteniyevodstve [Optimization of the technological complex of machines in crop production]. Agrarnaya nauka, 2015, no. 8, pp. 28-30.

9. Ryadnov, A.I. et all. Sovershenstvovanie konstrukcii izmel'chatelya korneklubneplodov [Improving the design of a root crop crusher]. Vestnik NGIEI, 2021, no. 3 (118), pp. 40-51.

10. Ryadnov, A.I. et all. Rezul'taty issledovanij usiliya rezaniya kormovoj svyokly pri izmel'chenii [Results of studies of the cutting force of fodder beets during grinding]. Izvestiya

Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, 2021, no. 3 (63), pp. 356-366.

11. Ryadnov, A.I. et al. Vybor chastnyh pokazatelej kompleksnoj ocenki effektivnosti ispol'zovaniya izmel'chitelya korneklubneplodov [Selection of particular indicators for a comprehensive assessment of the efficiency of using a root crop shredder]. Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK, 2021, vol. 68, no. 4 (45), pp. 45-50.

12. Shukhanov, S.N. Analiticheskoe issledovanie processa dozirovaniya torfa bunkerom-dozatorom [Analytical study of the process of dosing peat with a dosing hopper]. Agrarnyj nauchnyj zhurnal, 2018, no. 3, pp. 56-57.

13. Shukhanov, S.N. Interpretaciya kachestvennyh pokazatelej funkcionirovaniya dvigatelya UZAM-331.10 pri rabote na gazoobraznom toplive [Interpretation of qualitative indicators of the functioning of the UZAM-331.10 engine when operating on gaseous fuel]. Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya, 2020, no. 51, pp. 32-36.

14. Shukhanov, S.N. et al. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty mekhanizacii primeneniya grunta pri vozdeleyvanii gorshechnyh kul'tur [Theoretical and practical aspects of mechanization of soil application in the cultivation of potted crops]. 2022, 151 p.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and a nalysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 9.11.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 16.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### **Сведения об авторах**

Шуханов Станислав Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 8(908)654-60-32, e-mail: shuhanov56@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2134-6871>.

Хабардин Василий Николаевич – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, инженерный факультет, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодёжный, тел. 89500809286, e-mail: [HabardinV@mail.ru](mailto:HabardinV@mail.ru); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9201-2492>.

Поляков Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 8(902)566-99-65, e-mail: [xm1953@mail.ru](mailto:xm1953@mail.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8628-2541>.



### **Information about authors**

Stanislav N. Shukhanov– doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Support of Agro-Industrial Complex, Faculty of Engineering, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 8(908)654-60-32, e-mail: shuhanov56@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2134-6871>.

Vasilij N. Habardin – Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor of Chair of Operation of Machine and Tractor Park and Health and Safety of Engineering Faculty. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, Faculty of Engineering, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89500809286, e-mail: HabardinV@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9201-2492>.

Gennady N. Polyakov– candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Support of Agro-Industrial Complex of the Engineering Faculty, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, pos. Molodezhny, tel. 8(902)566-99-65, e-mail: sxm1953@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8628-2541>.



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

**INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT,  
MATHEMATICAL MODELING**

DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-42-50

УДК 004.94: 631.15

Научная статья

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ  
АГРАРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

**П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик**

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

**Аннотация.** В работе предложена структура системы для поддержки принятия стратегических решений в управлении аграрным производством, основанная на взаимодействии правил и прецедентов. Описывается концепция создания системы поддержки принятия решений (СППР), которая плавно интегрирует алгоритмы вывода, основанные, как на правилах, так и на прецедентах, наряду с алгоритмами принятия решений, основанными на математических моделях и методологиях. Это позволяет не только создать технологически сложную, но и интеллектуально-аналитическую систему, способную эффективно справляться с непредсказуемостью аграрного производства. Первоначальное формирование базы знаний основывается на использовании прецедентов и правил. Кроме того, разработана онтологическая модель аграрного производства, которая учитывает специфику ведения сельского хозяйства региона, а также описывает структуру и свойства объектов. Система включает следующие модули: модуль поиска информации, модуль поиска решений на основе правил, модуль вывода решений на основе прецедентов, модуль адаптации решений, модуль формирования решений и оценки эффективности решений. Управление модулями осуществляется через интерфейс пользователя. Интеграция предлагаемых модулей в систему поддержки принятия решений основана на использовании общих стандартов и протоколов обмена данными. Кроме того, интеграция может быть осуществлена через использование облачных сервисов и платформ, которые предоставляют возможности для хранения, обработки и анализа данных. Такая реализация не только предоставляет удобный доступ к данным через корпоративную Intranet-сеть, что является важным для эффективного информационного обеспечения, но и способствует удобному взаимодействию территориально распределенных пользователей в процессе принятия управленческих решений.

**Ключевые слова:** управление, СППР, аграрное производство, онтология.

**Для цитирования:** Асалханов П.Г., Бендик Н.В. Система поддержки принятия решений в управлении аграрным производством. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4 (49):42-50. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-42-50.

## DECISION SUPPORT SYSTEM IN AGRICULTURAL PRODUCTION MANAGEMENT

Asalkhanov P.G., Bendik N.V.

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

**Annotation.** The work proposes a system structure to support strategic decision-making in agricultural production management, based on the interaction of rules and precedents. We describe the concept of creating a decision support system (DSS) that seamlessly integrates inference algorithms based on both rules and precedents, along with decision-making algorithms based on mathematical models and methodologies. This makes it possible not only to create a technologically complex, but also an intellectual and analytical system that can effectively cope with the unpredictability of agricultural production. The initial formation of a knowledge base is based on the use of precedents and rules. In addition, an ontological model of agricultural production has been developed, which takes into account the specifics of farming in the region, and also describes the structure and properties of objects. The system includes the following modules: information retrieval module, rule-based decision search module, precedent-based decision output module, decision adaptation module, decision generation module and evaluation of the effectiveness of solutions. The modules are controlled via the user interface. The integration of the proposed modules in the decision support system is based on the use of common standards and data exchange protocols. In addition, integration can be carried out through the use of cloud services and platforms that provide capabilities for storing, processing and analyzing data. This implementation not only provides convenient access to data through the corporate Intranet network, which is important for effective information support, but also facilitates convenient interaction between geographically distributed users in the process of making management decisions.

**Keywords:** management, DSS, agricultural production, ontology.

**For citation:** Asalkhanov P.G., Bendik N.V. Decision support system in agricultural production management. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4 (49):42-50. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-42-50.

**Введение.** В аграрном производстве существует ряд системных проблем, требующих внимательного рассмотрения и разработки эффективных стратегий решения. Во-первых, управление ресурсами представляет собой серьезный вызов. В частности, неоптимальное использование полива может привести к переизбытку или недостатку влаги, что влияет на качество урожая. Эффективное применение удобрений требует точной настройки и согласованности с потребностями почвы и растений. Прогнозирование урожая также представляет сложность, особенно в условиях изменяющегося климата. Фермеры сталкиваются с вызовами в предсказании объемов производства и выявлении потенциальных угроз в виде болезней и вредителей. Финансовый анализ в контексте агропроизводства подразумевает сложности в оценке рентабельности в условиях переменных цен на продукцию и ресурсы. Управление финансами

и оптимизация расходов требуют системного подхода, особенно в условиях нестабильного рынка.

Решение всех этих проблем представляется сложной и многогранной задачей, требующей высокой степени анализа и управленческого опыта. Однако, благодаря цифровой трансформации, открываются новые горизонты для автоматизации принятия управленческих решений в аграрном секторе, которые могут способствовать повышению эффективности производства, снижению затрат на труд и ресурсы, улучшению качества продукции и увеличению урожайности [2, 3]. Кроме того, автоматизированные системы могут помочь в управлении рисками, связанными с погодными условиями, болезнями растений и вредителями. Риски и неопределенность, присущие сельскому хозяйству, делают каждое решение для руководителя трудным и ответственным шагом. Применение соответствующих систем поддержки принятия решений (СППР), позволяет менеджерам предприятий АПК значительно снизить влияние человеческого фактора на конечный результат [4, 5, 8].

Предприятия аграрного сектора, стоящие перед вызовом современности, должны стремиться к интеграции алгоритмов и программных средств для автоматизации управленческих решений. Использование аналогичных систем не только повышает качество стратегий, но и делает сам процесс поиска решений более обоснованным и эффективным. Таким образом, сельскохозяйственные предприятия могут с легкостью адаптироваться к переменчивости условий, минимизировать риски и принимать взвешенные, основанные на данных решения для успешного развития.

**Материалы и методы.** Для исследований использовались сведения из годовых отчетов предприятий АПК Иркутской области, различные нормативно-методические материалы. В исследовании применялись следующие методологии: IDEF0, IDEEF1X, RAD, DFD и др.

**Основные результаты.** В процессе разработки системы поддержки принятия решений наиболее ресурсоемкая задача заключается в создании структуры, способной объединить в себе алгоритмы вывода на правилах и прецедентах с методами, основанными на математических моделях [1]. Уникальность аграрного производства требует индивидуального подхода, не допуская шаблонных решений для поставленных задач.

Результатом проектного решения является архитектура системы поддержки принятия решений в управлении сельскохозяйственным производством, в состав которой включены: онтологическая модель данных сельскохозяйственного производства, база знаний, содержащая правила и прецеденты. Кроме того, обязательными являются: модуль поиска информации, модуль поиска решений на основе правил, модуль вывода решений на основе прецедентов, модуль адаптации решений, модуль

формирования решений, и оценки эффективности решений (рис. 1). Управление модулями осуществляется через интерфейс пользователя.

Онтология аграрного производства разработана для того, чтобы описать структуру и свойства объектов сельского хозяйства, а также отношения между этими объектами. Подобные онтологические модели используются в системах искусственного интеллекта, экспертных системах, системах поддержки принятия решений и других приложениях, где требуется моделирование предметной области для решения различных задач [6, 7, 9].

Эмпирические знания, полученные путем опыта, наблюдения и эксперимента, необходимы для того, чтобы понимать и объяснять явления в сельском хозяйстве, а также для разработки новых методов и способов стратегических решений, которые выражены в форме прецедентов для адаптации решений к конкретным ситуациям. В основе базы знаний лежат знания экспертов в области сельского хозяйства, которые структурированы в соответствии с онтологической моделью данных (рис. 2).

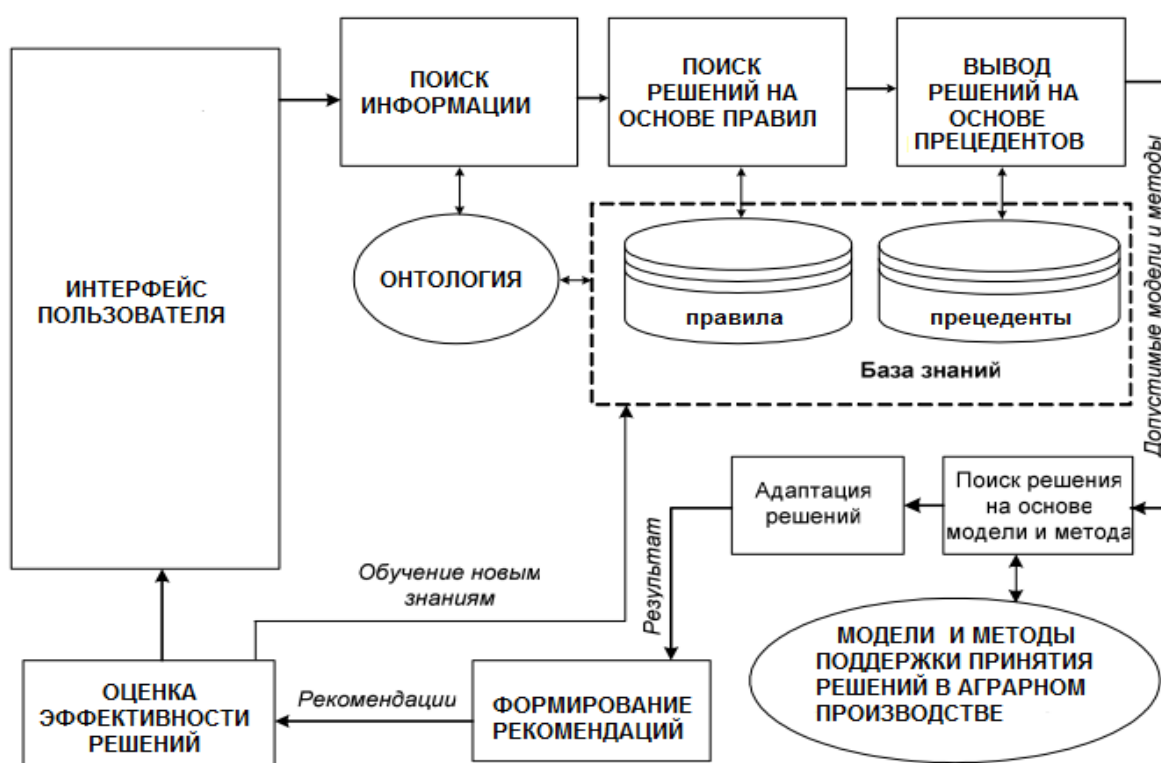


Рисунок 1 – Архитектура СППР в управлении аграрным производством

Figure 1 – DSS architecture in agricultural production management

Помимо этого, в системе предлагается использовать математические модели планирования аграрного производства [10] для улучшения поиска оптимальных решений. Следующим этапом разработки системы является создание соответствующего программного обеспечения на основе моделей, которые будут дополнять алгоритмы вывода, основанные на правилах и

прецедентах. К важным задачам аграрного производства относятся: повышение урожайности сельскохозяйственных культур, развитие устойчивого животноводства, защита сельскохозяйственных угодий от эрозии и опустынивания, улучшение системы хранения и транспортировки сельскохозяйственной продукции; стимулирование развития органического земледелия. Для решения этих задач требуется соответствующее программное обеспечение, в основе которого должны лежать модели многокритериальной оптимизации, имитационные модели для принятия стратегических решений в условиях неопределенности, методологий интеллектуального анализа данных и т.п.

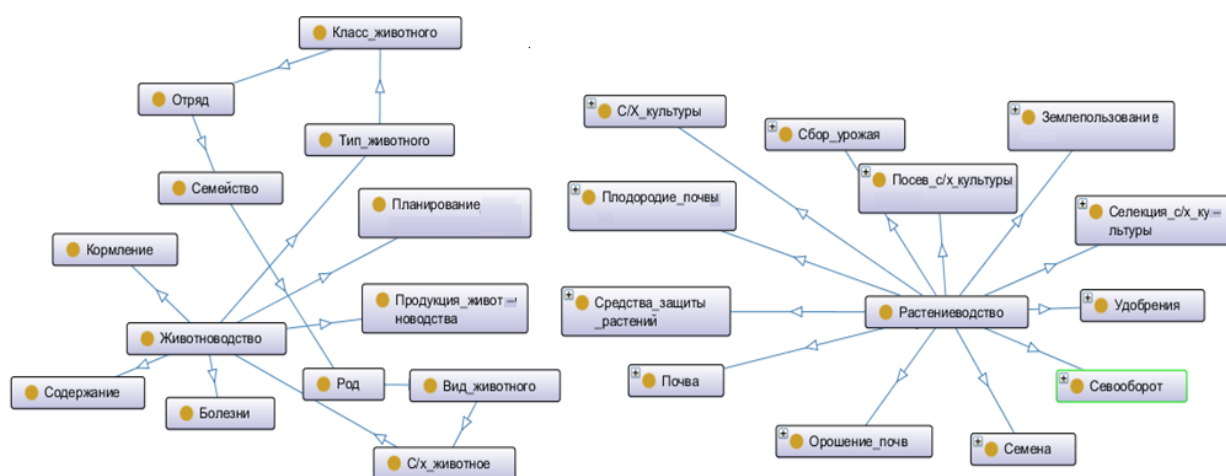


Рисунок 2 – Онтологическая модель сельскохозяйственного производства

Figure 2 – Ontological model of agricultural production

Первоначальное формирование базы знаний основывается на СППР, которая позиционируется как центральный элемент среды управления и берет на себя ключевую роль в поддержке принятия решений, основанных на знаниях. Semantic Web – современная концепция, которая является базовой для технологии взаимодействия модулей и единой среды в СППР. Использование систем поддержки принятия решений, основанных на технологии Semantic Web, обеспечивает эффективное взаимодействие территориально удалённых друг от друга пользователей и их информационную поддержку, а также доступность данных в корпоративной сети (рис. 3).

Для решения интеллектуальных задач в СППР содержатся специализированные модули, такие как серверы онтологий и баз знаний, сервер математического моделирования и другие. Кроме того, для выполнения функций вычислений и мониторинга, эти системы могут содержать веб-серверы, серверы базы данных и приложений. Общение с пользователем в системе выполняется с терминала лица, принимающего решения, при этом пользовательский интерфейс проявляется через

активные страницы сервера. Такая конструкция облегчает пользование основными функциями системы поддержки принятия решений с применением стандартного веб-обозревателя. При этом лица, принимающие решения, администраторы и эксперты могут пользоваться своими терминалами независимо от платформы.

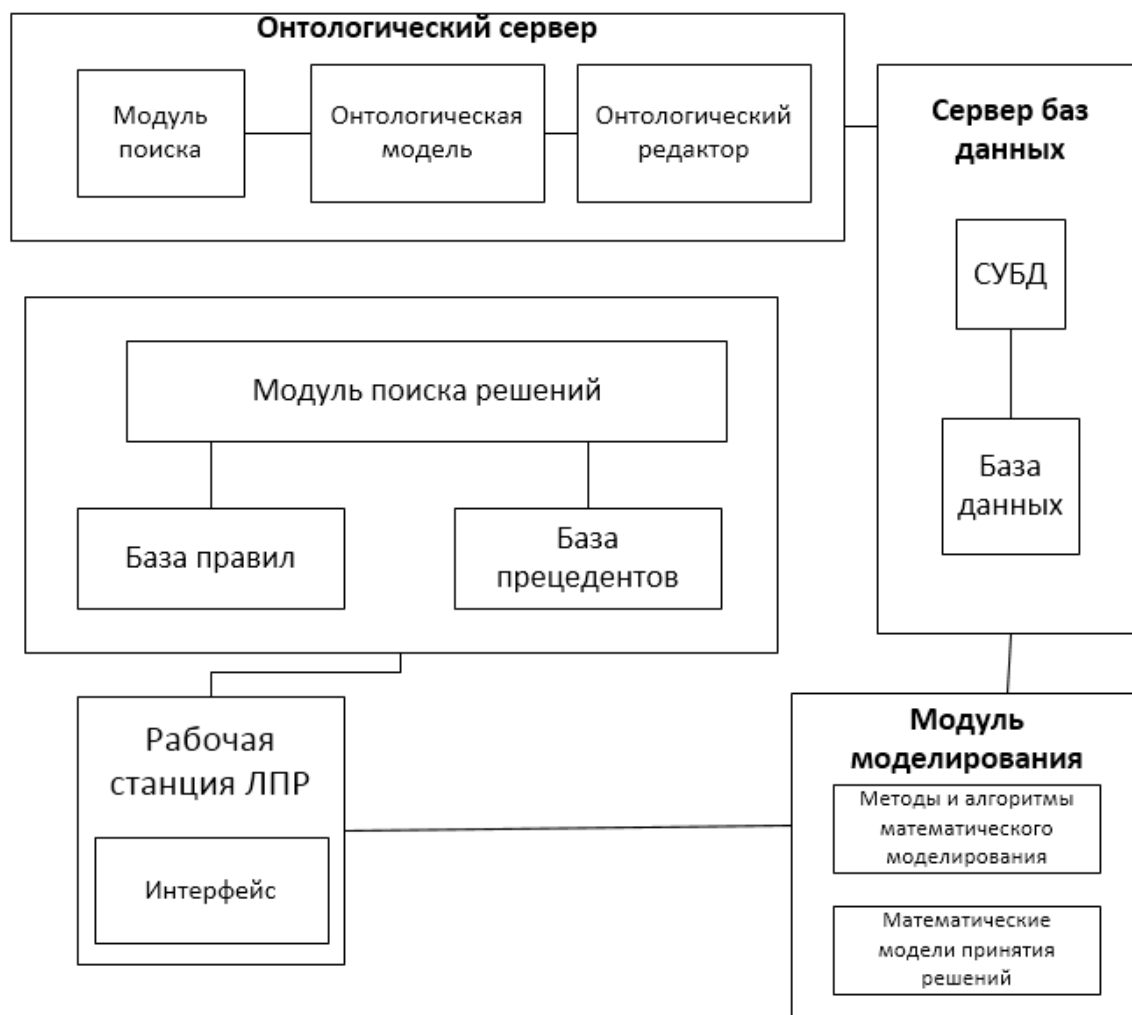


Рисунок 3 – Взаимодействие модулей СППР в управлении сельскохозяйственным производством

Figure 3 – Interaction of DSS modules in agricultural production management

**Выводы.** Разработка системы поддержки принятия решений в сельском хозяйстве требует уникального подхода из-за сложности аграрного производства. Предложена архитектура системы с онтологической моделью, базой знаний, модулями поиска и вывода решений. Внедрение онтологической модели позволяет описывать структуру сельскохозяйственных объектов. Система использует эмпирические знания (прецеденты) и математические модели для адаптации и поиска оптимальных решений в аграрном производстве. Эта система, может быть внедрена в действующую ИТ-инфраструктуру аграрного предприятия, образуя единую среду управления.



### Список литературы

1. Асалханов, П.Г. О концепции разработки системы поддержки принятия решений для отраслей сельского хозяйства / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 43. – С. 35-42.
2. Асалханов, П.Г. О программных комплексах моделирования разных сторон аграрного производства / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иванько // Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом: матер. всерос. (национальной) научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию со дня образования экономического факультета (ныне Института экономики, управления и прикладной информатики), Иркутск, 19-20 ноября 2020 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – С. 29-36.
3. Асалханов, П.Г. Цифровая трансформация сельского хозяйства по созданию облачной многофункциональной платформы "Умный фермер 4.0" / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Я.М. Иванько, А.И. Лобыцин // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2019. – № 31. – С. 39-47.
4. Варич, М.И. Цифровизация сельского хозяйства в рамках проекта развития сельского хозяйства в Российской Федерации до 2025 года / М.И. Варич, Р.Р. Давлетшин // Молодой ученый. – 2020. – № 2(292). – С. 354-357.
5. Годин, В.В. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения / В.В. Годин, М.Н. Белоусова, В.А. Белоусов, А.Е. Терехова // E-Management. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 4-15.
6. Гончаров, И.Ю. Основные аспекты онтологического инжиниринга различных предметных областей / И.Ю. Гончаров, А.А. Сергиенко // International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences: Conference Proceedings, Morrisville, USA, 30 ноября 2019 года. – Morrisville, USA: SPO “Professional science”, 2019. – С. 39-44.
7. Кочеткова, О.В. Создание запросов в онтологической модели архитектуры сельскохозяйственного предприятия, реализующего технологию интернета вещей / О.В. Кочеткова, П.Н. Талдыкин // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: матер. междунар. научно-практ. конф., проведенной в рамках Междунар. научно-практ. форума, посвящ. 75-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945 гг., Волгоград, 29–31 января 2020 года. Том 4. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – С. 228-235.
8. Программа “Цифровая экономика Российской Федерации” (28 июля 2017 г. № 1632-р). Официальная страница Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPg u4bvR7M0.pdf>.
9. Черняховская, Л.Р. Онтологический подход к разработке систем поддержки принятия решений / Л.Р. Черняховская, Р.А. Шкундина, К. Нугаева // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2006. – Т. 8, № 4. – С. 68-77.
10. Ivanyo, Ya.M. Management of the Agro-Industrial Enterprise: optimization Uncertainty Expert Assessments / Ya.M. Ivanyo, P.G. Asalkhanov, N.V. Bendik // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01-04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 8934788. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8934788.

### References

1. Asalkhanov, P.G., Bendik, N.V. O kontseptsii razrabotki sistemy podderzhki prinyatiya resheniy dlya otrasley sel'skogo khozyaystva [On the concept of developing a

decision support system for agricultural sectors]. Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki. 2022, no. 43, pp. 35-42.

2. Asalkhanov, P.G. et al. O programmnykh kompleksakh modelirovaniya raznykh storon agrarnogo proizvodstva [On software systems for modeling different aspects of agricultural production]. Irkutsk, 2020, pp. 29-36.

3. Asalkhanov, P.G. et al. Tsifrovaya transformatsiya sel'skogo khozyaystva po sozdaniyu oblachnoy mnogofunktsional'noy platformy "Umnyy fermer 4.0" [Digital transformation of agriculture to create a cloud-based multifunctional platform “Smart Farmer 4.0”]. Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki. 2019, no. 31, pp. 39-47.

4. Varich, M.I., Davletshin, R.R. Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaystva v ramkakh proyekta razvitiya sel'skogo khozyaystva v Rossiyskoy Federatsii do 2025 goda [Digitalization of agriculture within the framework of the project for the development of agriculture in the Russian Federation until 2025]. Molodoj uchenyj. 2020, no. 2(292), pp. 354-357.

5. Godin, V.V. et al. Sel'skoye khozyaystvo v tsifrovuyu epokhu: vyzovy i resheniya [Agriculture in the digital era: challenges and solutions]. E-Management. 2020, vol. 3, no. 1, pp. 4-15.

6. Goncharov, I.Yu., Sergienko, A.A. Osnovnyye aspekty ontologicheskogo inzhiniringa razlichnykh predmetnykh oblastey [Main aspects of ontological engineering of various subject areas]. Volgograd, 2019, pp. 39-44.

7. Kochetkova, O.V., Taldykin, P.N. Sozdaniye zaprosov v ontologicheskoy modeli arkhitektury sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya, realizuyushchego tekhnologiyu interneta veshchey [Creation of queries in the ontological model of the architecture of an agricultural enterprise implementing the technology of the Internet of things]. Volgograd, 2020, pp. 228-235.

8. Programma “Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii” (28 iyulya 2017 g. № 1632-р). Ofitsial'naya stranitsa Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii [Program “Digital Economy of the Russian Federation” (July 28, 2017 No. 1632-r). Official page of the Government of the Russian Federation]. <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPg u4bvR7M0.pdf>.

9. Chernyakhovskaya, L.R. et al. Ontologicheskij podkhod k razrabotke sistem podderzhki prinyatiya resheniy [Ontological approach to the development of decision support systems]. Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta. 2006, vol. 8, no. 4, pp. 68-77.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных данных. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 16.12.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 19.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### **Сведения об авторах**

Асалханов Петр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный, тел. 89500621107, e-mail: asalkhanov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7328-1323>.

Бендик Надежда Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный, e-mail: starkovan@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3097-8953>.

#### **Information about authors**

Petr G. Asalkhanov – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of informatics and mathematical modeling of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89500621107, e-mail: asalkhanov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7328-1323>.

Nadezhda V. Bendik – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of Department of informatics and mathematical modeling of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, e-mail: starkovan@list.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3097-8953>.



DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-51-60

УДК 004.91:378.1

Научная статья

## ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ “1С: УНИВЕРСИТЕТ ПРОФ” КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИРКУТСКОГО ГАУ

А.А. Баймаков, Н.И. Федурин

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского  
*п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., Россия*

**Аннотация.** В последние годы вопрос о цифровой трансформации образования и, в частности, университетской среды стоит очень остро. Большинство вузов разработали программы цифровых преобразований образовательной деятельности. Тем не менее, уровень применения цифровых технологий в университетах требует ускоренного развития. В работе приведены результаты оценки интеграции информационных систем на платформе “1С: Университет ПРОФ” в Иркутском ГАУ на основе изучения состояния информационных технологий, оценки возможности создания единого информационного пространства посредством интеграции имеющихся информационных ресурсов и сервисов, определения проблем, связанных с интеграционными процессами и обмена данными между различными цифровыми сервисами. Предлагается развивать процесс объединения используемых в вузе информационных систем на базе “1С: Университет ПРОФ”. В статье приведен положительный опыт работы некоторых модулей данной системы. Апробируемые модули позволили изменить и улучшить организационные принципы и технологии управления процессами разработки документационного обеспечения для образовательного процесса. Это способствовало повышению эффективности процесса подготовки отчетности и выгрузки информации в различные федеральные информационные системы. Помимо “1С” в университете функционируют другие информационные системы. Для качественного улучшения взаимодействия между ними авторами разработана модель интеграции имеющихся систем и сервисов в единое информационное пространство. В работе изложены проблемы и преимущества, связанные со сложным процессом объединения разнородных платформ. Показаны возможные варианты интеграции. Подробно описаны процедуры и выгоды, получаемые в результате интеграционных процессов. Раскрыт положительный опыт интеграции ЭИОС университета с системой “1С: Университет ПРОФ” и возможность автоматизированной выгрузки данных в ГИС СЦОС.

**Ключевые слова:** цифровой сервис, интеграция, платформа, 1С: Университет ПРОФ, электронно-информационная образовательная среда, федеральная информационная система.

**Для цитирования:** Баймаков А.А., Федурин Н.И. Интеграция информационных систем на платформе “1С: Университет ПРОФ” как основа цифровой трансформации Иркутского ГАУ. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4 (49):51-60. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-51-60.

## INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS ON THE “1C:UNIVERSITY PROF” PLATFORM AS THE BASIS FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF IRKUTSK STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY

Alexander A. Baymakov, Nina I. Fedurina

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

**Abstract.** In recent years, the issue of digital transformation of education and, in particular, the university environment has become very acute. Most universities have developed programs for digital transformation of educational activities. However, the level of application of digital technologies in universities requires accelerated development. The paper presents the results of an assessment of the integration of information systems on the platform “1C: University PROF” at Irkutsk State Agricultural University based on studying the state of information technologies, assessing the possibility of creating a unified information space through the integration of existing information resources and services, identifying problems associated with integration processes and data exchange between different digital services. It is proposed to develop the process of unifying the information systems used at the university on the basis of “1C: University PROF”. The article describes the positive experience of some modules of this system. The tested modules made it possible to change and improve the organizational principles and technologies for managing the processes of developing documentation support for the educational process. This contributed to increasing the efficiency of the reporting process and uploading information into various federal information systems. In addition to “1C: University PROF”, the university operates other information systems. To qualitatively improve the interaction between them, the authors have developed a model for integrating existing systems and services into a single information space. The article outlines the problems and benefits associated with the complex process of combining disparate platforms. Possible integration options are shown. The procedures and benefits obtained as a result of integration processes are described in detail. The positive experience of integrating the university's EIEE with the “1C: University PROF” system and the possibility of automated uploading of data into the GIS MDEE are revealed.

**Keywords:** digital service, integration, platform, 1C:University PROF, electronic information educational environment, federal information system.

**For citation:** Baymakov A.A., Fedurina N.I. Integration of information systems on the 1C:PROF University platform as the basis for the digital transformation of Irkutsk State Agrarian University. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4 (49):51-60. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-51-60.

**Введение.** Проблема цифровой трансформации управлением университета связана с его многоплановой деятельностью. В образовательном учреждении имеются особенности и специфика в организации учебного процесса, в управлении научной деятельностью. Помимо этого, требуется автоматизация финансовой, кадровой и административно-хозяйственной деятельностью. Вследствие этого необходимо информатизация всех сторон деятельности на базе информационной системы, способной организовать этот

процесс с использованием современных информационно-коммуникационных технологий отечественных разработчиков [6]. Поэтому руководством Иркутского ГАУ было принято решение о поэтапном внедрении информационной системы “1С:Университет ПРОФ”, как наиболее апробированного программного продукта. К тому же в бухгалтерии, планово-договорном отделе и отделе кадров используются программы на платформе 1С, что облегчает возможность их интеграции и создания единого информационного пространства на платформе “1С: Университет ПРОФ”.

**Целью работы** является оценка возможности создания интеграционной системы на базе “1СУниверситетПРОФ” для управления деятельностью университета.

В ряде научных статей [1-5] рассмотрен опыт внедрения системы “1С: Университет ПРОФ” в Иркутском ГАУ для решения разных задач, а также возможности создания цифрового контента на платформе 1С. В данной статье рассматриваются основные аспекты, проблемы и перспективы создания интегрального продукта исходя из тенденций цифровых преобразований в университете.

**Материалы и методы.** В результате анализа методов и способов интеграции с использованием платформы 1С в работе проанализированы возможные варианты создания интегрального решения, а также использовались методы логического синтеза и анализа, аналогии и конкретизации.

**Результаты и обсуждение.** В настоящее время в университете функционируют несколько информационных систем и сервисов: ЭБС, Мониторинг трудоустройства, ФИС ГИА, ФРДО, ГИС СЦОС, LMS Moodle, GosInsp, “1С: Зарплата и кадры бюджетного учреждения (1С: ЗиКГУ)”, “1С: Бухгалтерия бюджетного учреждения (1С: БГУ)”, “1С: ниверситет ПРОФ”, официальный сайт университета, электронно-информационная образовательная среда университета (ЭИОС) и другие. Все выше перечисленные системы функционируют и развиваются не независимо друг от друга. Зачастую обмен информацией между этими системами либо отсутствует, либо затруднен, что приводит к дублированию информации при ее вводе, невозможности консолидации данных и получения своевременной актуальной информации.

На протяжении трех последних лет в Иркутском ГАУ внедрены и используются следующие модули системы “1С: Университет ПРОФ”.

1. Приемная комиссия – средствами программного модуля реализованы различные сценарии подачи заявлений абитуриентами, в том числе через Портал вуза или Единый портал государственных и муниципальных услуг, обработка личных дел, ранжирование абитуриентов и их зачисление. Организована возможность формирования конкурсных групп на основе вступительных испытаний, обмен данными с ФИС ГИА прием и загрузка результатов ЕГЭ, а также учет индивидуальных достижений абитуриента.

2. Планирование учебным процессом – с помощью модуля ежегодно заполняются учебные планы по всем уровням и направлениям подготовки и специальностям. На основании планов в подсистеме разрабатываются и формируются документы, связанные с освоением образовательной программы: рабочие программы дисциплин, программы всех видов практик, программы государственной итоговой аттестации, описание ОПОП, справка МТО, литература ОПОП и др. Система осуществляет централизованный контроль над этапами и правильностью разработки рабочих программ и ОПОП.

3. Распределение нагрузки – самостоятельно спроектированный и выведенный в отдельную подсистему модуль, позволяющий настроить расчет нагрузки для сотрудников кафедры и составления расписания занятий [5, 11].

При внедрении модуля “Управление студенческим составом” возникла следующая задача проекта – интеграция “1С: Университет ПРОФ” с ЭИОС университета, так как в ЭИОС организован веб-кабинет сотрудника и студента. Основным недостатком ЭИОС в том, что она функционировала как отдельная информационная система без синхронизации с другими системами, в том числе с “1С: Университет ПРОФ”. С помощью специальных “обработок” (рис. 1) удалось в автоматическом режиме организовать выгрузку результатов обучения студентов из ЭИОС в модуль “Управление студенческим составом”, формировать там специальные и типовые отчеты и дальнейшую выгрузку данных о студентах и их успеваемости в цифровой образовательный сервис ГИС СЦОС.

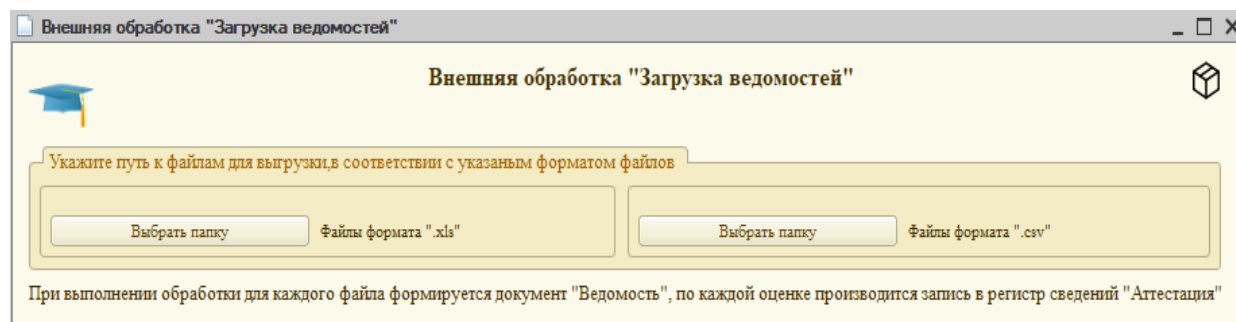


Рисунок 1 – Окно внешней обработки “Загрузка ведомостей”

Figure 1 – External processing window “Loading statements”

Следует отметить, что в процессе интеграции “1С: Университет ПРОФ” с ГИС СЦОС при импорте данных из ЭИОС возник ряд трудностей, связанных с неполнотой указанных данных. Поэтому потребовалась разработка дополнительных документов и отчетов на платформе 1С для обеспечения контроля внесения исходных данных. Так, например, создан специализированный отчет “Контингент (корректность данных)”. Данный отчет позволяет в автоматическом режиме получить информацию о корректности внесенных данных об обучающихся в системе “1С: Университет ПРОФ”.



Другой задачей интеграции стало внедрение модуля “Мониторинг трудоустройства”. В работе [8] изложены основные возможности системы “IC: Университет ПРОФ” в автоматизации данной задачи. Однако кроме сбора данных о трудоустроенных выпускниках потребовался ежеквартальный мониторинг и выгрузка информации в ФИС Мониторинг. Поэтому рабочей группой внутри типового решения “IC” разработан отчет, как отдельная подсистема. Благодаря данной подсистеме можно иметь полную картину о трудоустройстве выпускников. При этом появилась возможность проводить анализ, выявлять тенденции видов занятости и причины, по которым некоторые студенты не трудоустроены.

Цифровая трансформация университета [9, 12] предполагает обновление методов, форм и средств обучения. Для улучшения качества образовательной деятельности привлечен образовательный ресурс LMS Moodle – бесплатная система электронного обучения. Система LMS Moodle в части разработки оценочных средств интегрирована с подсистемой “Планирование учебного процесса” для формирования фондов оценочных средств (ФОС) при проведении промежуточной аттестации и организации контроля остаточных знаний студентов. В качестве примера можно привести автозаполнение ФОС в системе “IC:Университе ПРОФ” из тестовых заданий системы LMS Moodle (рис. 2).

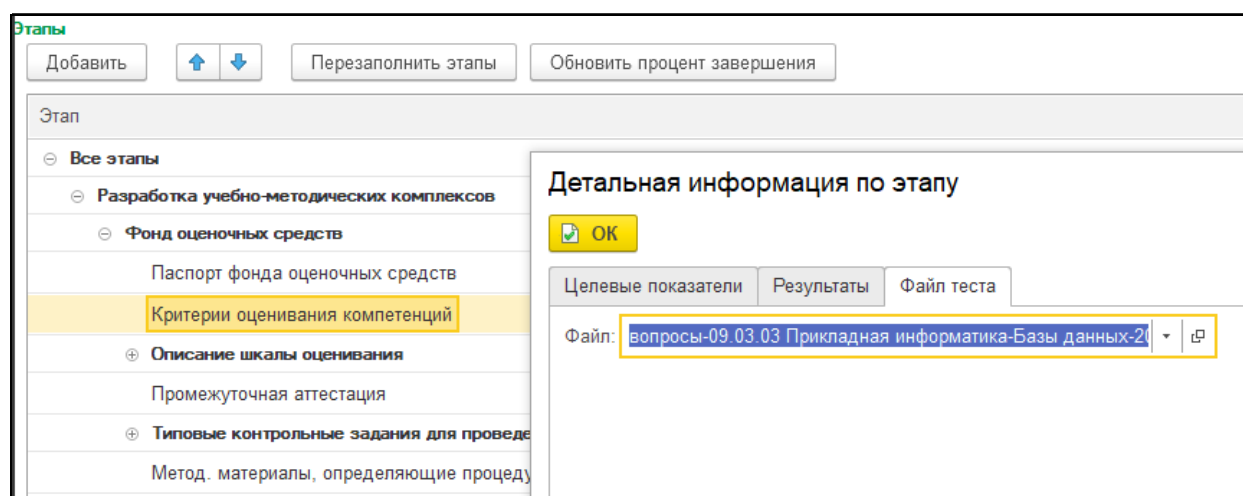


Рисунок 2 – Программное окно “Заполнение этапа ФОС”

Figure 2 – Program window “Filling out the FOS stage”

Помимо этого, требуется синхронизации обмена информацией в личных кабинетах ЭИОС университета и электронными курсами в LMS Moodle.

Процесс цифровой трансформации в университете только начат. С ним связана автоматизация и цифровизация большинства процессов деятельности вуза: научно-исследовательская, общественная, международная, культурно-массовая работа, расчет эффективного контракта, рейтинг деятельности структурных подразделений, работа аспирантуры, военный учет, работа

студенческого кампуса и многое другое.

Учитывая тот факт, что уже работающие модули системы “1С: УниверситетПРОФ” взаимодействуют со многими компонентами ЭИОС и другими информационными системами, а также обобщая исследовательский опыт коллектива авторов [1-5, 6, 7] и разработчиков из других вузов, нами предложена схема интеграции информационных систем университета (рис. 3).

Решение такой задачи может быть обеспечено созданием интегрального решения на базе единой платформы “1С: УниверситетПРОФ”. Углубление интеграционных процессов для более качественной и бесшовной интеграции потребует внедрения и использования “1С:Документооборот” государственного учреждения” (“1С:ДГУ”)” [7, 10]. Однако такой подход является весьма затратным, так как требует дополнительного финансирования и привлечения высококвалифицированных специалистов. Поэтому предложенная нами модель интеграционного решения наиболее приемлема в условиях нашего университета (рис.3).

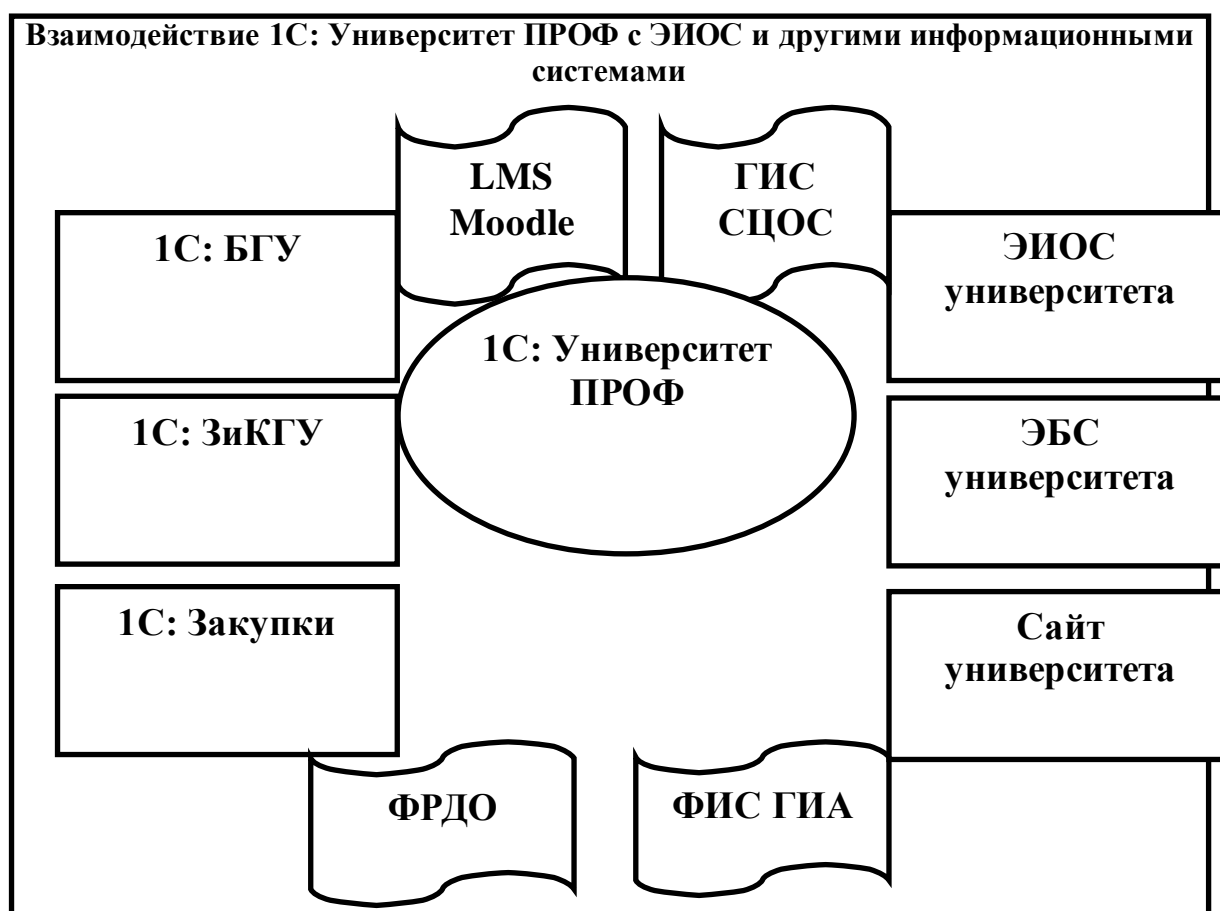


Рисунок 3 – Интеграция информационных систем Иркутского ГАУ

Figure 3 – Integration of information systems of Irkutsk State Agricultural University

Интеграция на платформе 1С, с нашей точки зрения, имеет

существенные преимущества, однако, не лишена недостатков.

Среди плюсов можно отметить открытость конфигураций и гибкость настроек, наличие информационно-технологического сопровождения. При этом интеграция возможна по трем направлениям.

Первое направление – обмен информацией между конфигурациями 1С. Интеграция может быть осуществлена между активно эксплуатируемыми в Иркутском ГАУ системами “1С:ЗКиБУ”, “1С:БГУ”, “1С:Закупки” и “1С: Университет ПРОФ”. Обмен данными может происходить не только между конфигурациями, но и между филиалом и головным вузом. В этом случае создается общее информационное пространство.

Второе направление – интеграция с внешними системами, например, ЭИОС и ЭБС университета, LMS Moodle, ГИС СЦОС и прочие. Основное преимущество в том, что интеграционные задачи можно решать при помощи обмена данными, как с внешними приложениями, так и с целыми платформами. Это приводит к регулярному обмену информацией и выгрузке данных в Федеральные и государственные информационные системы и цифровые сервисы.

Третье направление – интеграция сайта университета с 1С позволяет повысить эффективность загрузки данных из базы 1С в автоматическом режиме; и актуализировать сведения об образовательной организации. Частично такой процесс уже внедрен, в частности, выгрузка из “1С: Университет ПРОФ” информации в раздел “Образование” по имеющимся в университете ОПОП с их приложениями в виде электронного документа.

Еще одним преимуществом использования 1С для интеграции является наличие готовых инструментов интеграции.

Имеются и минусы интеграции на платформе 1С: сложность внедрения без специалиста, необходимость платы за обновление конфигурации, двуязычный код программирования 1С, недостаточный уровень безопасности. Впрочем, при соблюдении базовых требований обмен данными проходит довольно быстро и не приводит к возникновению сложностей. Главным условием является соблюдение ключевого принципа: информация должна быть одного определенного формата и требуется достаточного места для загрузочных файлов.

**Выводы.** 1. Внедрение “1С: Университет ПРОФ” позволило автоматизировать большую часть образовательной деятельности университета. Реализован обмен данными между ЭИОС, ГИС СЦОС и сайтом университета, что значительно уменьшило затраты труда по созданию документов, формированию отчетов и их выгрузке, а также способствовало сокращению ошибок и появлению механизма контроля своевременного заполнения документов.

2. Предложенная схема создания единого интегрального решения на платформе “1С: Университет ПРОФ” позволит получить единое

информационное пространство, автоматизировать процессы, протекающие в университете; свести к минимуму ошибки с единой проверкой в различных системах.

Кроме того, интеграция на базе “1С: Университет ПРОФ” обладает существенным преимуществом в связи с тем, что это российский программный продукт, который хорошо взаимодействует с другими системами и платформами.

### Список литературы

1. Ананьев, Л.С. Использование внешней обработки “Выгрузка и загрузка данных XML” при внедрении “1С: Университет ПРОФ” в Иркутском ГАУ / Л.С. Ананьев, Н.И. Федурин, А.О. Замараев // Развитие агропромышленного комплекса в условиях становления цифровой экономики в России и за рубежом: матер. всерос. (национальной) научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения Почетного работника высшего профессионального образования РФ, доктора экономических наук Винокурова Геннадия Михайловича. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 15-20. – EDN NJMWRZ.
2. Ананьев, Л.С. Обмен данными для интеграции с цифровыми сервисами в информационной системе “1С: Университет ПРОФ” / Л.С. Ананьев, Н.И. Федурин // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: матер. междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 480-485. – EDN XGZSII.
3. Асалханов, П.Г. Формирование цифрового образовательного контента / П.Г. Асалханов, Н.В. Бендик, Н.И. Федурин // Информационные и математические технологии в науке и управлении: тезисы XXVIII Байкальской Всерос. конф. с междунар. участием. – Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2023. – С. 14.
4. Бендик, Н.В. Приложение “1С: Университет ПРОФ” для улучшения документооборота образовательной деятельности / Н.В. Бендик, Н.И. Федурин // Цифровые технологии в науке, образовании и производстве: матер. Всерос. научно-практ. семинара. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 17-18. – EDN PLPEJT.
5. Бендик, Н.В. Проблемы и перспективы внедрения модуля “Планирование учебного процесса” системы “1С: Университет ПРОФ” в Иркутском ГАУ / Н.В. Бендик, Н.И. Федурин, А.А. Ромме // Развитие агропромышленного комплекса в условиях становления цифровой экономики в России и за рубежом: матер. всерос. (национальной) научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения Почетного работника высшего профессионального образования РФ, доктора экономических наук Винокурова Геннадия Михайловича. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 39-44. – EDN QPXRFR.
6. Кедрин, В.С. Ключевые факторы развития информационной системы управления вузом на базе платформы “1С:Предприятие 8” / В. С. Кедрин, А. В. Родюков // Информатика и образование. – 2019. – № 3. – С. 17-26.
7. Кодолова, И.А. Создание автоматизированной системы управления учебным процессом вуза на базе “1С: Университет ПРОФ” / И.А. Кодолова, И.Р. Фактулло, А.М. Гафиятова // Новые информационные технологии в образовании: Сб. научных трудов 20-й междунар. научно-практ. конф. / под общ. Ред. Д.В. Чистова. – Москва, 2020. – С. 17-21. – EDN KGESOQ.
8. Муравьева, А.С. Возможности внедрения модуля “Трудоустройство” системы 1С: Университет ПРОФ в Иркутском ГАУ / А.С. Муравьева, Н.И. Федурин // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: матер. Всерос. студ. научно-

практ. конф.: в 3-х томах. – Молодёжный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2023. – Т. 2. – С. 273-278. – EDN SXRHDW.

9. Перспективы цифровой трансформации аграрного университета / А.А. Баймаков, А.О. Замаев, Я.М. Иваньо, Н.И. Федурин // Цифровые технологии в образовании, науке и сельском хозяйстве: матер. национального форума с международным участием. – Молодёжный: Изд-во Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 3-10. – EDN ZRDKFI.

10. Проблемы интеграции в корпоративных информационных системах / И.Г. Толоконников, А. Мамиев, Н. Дзеранов, В. Еремин // Современная наука как фактор инновационного развития мировой экономики: матер. междунар. научно-практ. конф., Уфа, 17 мая 2018 года / отв. ред. А.А. Зарайский. – Уфа: Центр профессионального менеджмента “Академия Бизнеса”, 2018. – С. 161-164. – EDN UVAOUO.

11. Федурин, Н.И. Опыт внедрения подсистемы “Расчет нагрузки” системы 1С: Университет ПРОФ в Иркутском ГАУ / Н.И. Федурин // Научные дискуссии в эпоху глобализации: матер. XXIII Всерос. научно-практ. конф. – Смоленск: Полиграф, 2022. – С. 310-313. – EDN ТОКФАЖ.

12. Цифровые технологии в аграрном производстве и образовании: монография / Я.М. Иваньо, П.Г. Асалханов, М.Н. Барсукова [и др.]. – Молодёжный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2022. – 126 с. – EDN ТУСХХН.

### References

1. Anan'ev, L.S., Fedurina, N.I., Zamaraev, A.O. Ispol'zovanie vneshnej obrabotki “Vygruzka i zagruzka dannyh XML” pri vnedrenii “1С: Universitet PROF” v Irkutskom GAU [Using external processing “Uploading and loading XML data” when implementing “1С: PROF University”]. *Molodezhnyj*, 2021, pp. 15-20.

2. Anan'ev, L.S., Fedurina, N.I. Obmen dannymi dlya integracii s cifrovymi servisami v informacionnoj sisteme “1S: Universitet PROF” [Data exchange for integration with digital services in the information system “1С: PROF University”]. *Molodezhnyj*, 2023, pp. 480-485.

3. Asalhanov, P.G., Bendik, N.V., Fedurina, N.I. Formirovanie cifrovogo obrazovatel'nogo kontenta [Formation of digital educational content ] *Irkutsk*, 2023, pp. 14.

4. Bendik, N.V., Fedurina, N.I. Prilozhenie “1S: Universitet PROF” dlya uluchsheniya dokumentooborota obrazovatel'noj deyatel'nosti [Application "1С: PROF University" for improving document flow of educational activities]. *Molodezhnyj*, 2022, pp. 17-18.

5. Bendik, N.V., Fedurina, N.I., Romme, A.A. Problemy i perspektivy vnedreniya modulya “Planirovanie uchebnogo processa” sistemy “1S: Universitet PROF” v Irkutskom GAU [Problems and prospects for implementing the module “Planning the educational process” of the 1С: PROF University system]. *Molodezhnyj*, 2021, pp. 39-44.

6. Kedrin, V.S., Rodyukov, A.V. Klyuchevye faktory razvitiya informacionnoj sistemy upravleniya vuzom na baze platformy “1S:Predpriyatie 8” [Key factors in the development of a university management information system based on the 1С:Enterprise 8 platform]. *Informatika i obrazovanie*, 2019, № 3, pp. 17-26.

7. Kodolova, I.A., Faktullov, I.R., Gafiyatova, A.M. Sozdanie avtomatizirovannoj sistemy upravleniya uchebnym processom vuza na baze “1S:Universitet PROF” [Creation of an automated system for managing the educational process of a university based on “1С: PROF University”]. *Moskva*, 2020, pp. 17-21.

8. Murav'yova, A.S., Fedurina, N.I. Vozmozhnosti vnedreniya modulya “Trudoustrojstvo” sistemy 1S: Universitet PROF v Irkutskom GAU [Possibility of implementing the “Employment” module of the 1С system: PROF University at Irkutsk State Agrarian University]. *Molodyozhnyj*, 2023, Vol. 2, pp. 273-278.

9. Bajmakov, A.A. et all. Perspektivy cifrovoj transformacii agrarnogo universiteta [Prospects for digital transformation of an agricultural university]. *Molodezhnyj*, 2023, pp. 3-10.

10. Tolokonnikov, I.G. et all. Problemy integracii v korporativnyh informacionnyh sistemah [Problems of integration in corporate information systems]. Ufa, 2018, pp. 161-164.

11. Fedurina, N.I. Opyt vnedreniya podsistemy “Raschet nagruzki” sistemy 1S: Universitet PROF v Irkutskom GAU [Experience in implementing the “Load Calculation” subsystem of the 1C system: PROF University at Irkutsk State Agrarian University. Smolensk, 2022, pp. 310-313.

12. Ivan'o, YA.M. et all. Cifrovye tekhnologii v agrarnom proizvodstve i obrazovanii [Digital technologies in agricultural production and education]. Molodezhnyj, 2022, 126 p.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных данных. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### История статьи / Article history:

Дата поступления в редакцию / Received: 14.12.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 19.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### Сведения об авторах

Баймаков Александр Александрович – аспирант, руководитель отдела информационных разработок центра информационных технологий Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89086537731, e-mail: web@igsha.ru.

Федурин Нина Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования, руководитель центра управления качеством образования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, тел. 89149175104, e-mail: fedurina\_n@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8714-6859>.

### Information about authors

Alexander A. Baymakov – PhD-student, Head of The Information Development Department of The Information Technology Center of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, тел. 89086537731, e-mail: web@igsha.ru.

Nina I. Fedurina – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof. of the Department of Informatics and Mathematical Modeling, Head of the Education Quality Management Center of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 89149175104, e-mail: fedurina\_n@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8714-6859>.



DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-61-71

УДК 004.8

Научная статья

## ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТНО-СЕРВИСНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

<sup>1</sup>А.Г. Массель, <sup>1</sup>Д.А. Гаськова, <sup>2</sup>П.А. Туктарова

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук,  
*г. Иркутск, Иркутская область, Россия*

<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные вопросы, связанные с разработкой цифровых двойников (ЦД), приводится анализ современного состояния в этой области и дается определения понятия цифровых двойников. Предложен агентно-сервисный подход к построению цифровых двойников. В качестве объектов для апробации подхода выбраны объекты солнечной и ветровой энергетики, с последующим расширением на другие объекты с использованием опыта и наработок Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. Дается обоснование его актуальности, и приводится формализованная модель ЦД. Выделены основные требования к разработке агентно-сервисного подхода, основных методов и инструментальных средств к построению цифровых двойников энергетических объектов. Уделяется внимание применяемым технологиям при построении, включающим использование математических моделей, онтологического инжиниринга для формирования баз знаний и построения на их основе баз данных. Выделены два этапа разработки цифровых двойников: разработка прототипа с использованием научного инструментария исследователей и отладка информационных взаимодействий с реальными информационными потоками для решения конкретных задач. Описан этап применения методов машинного обучения для эмуляции данных, который основан на применении LSTM сетей и цепей Маркова. Рассматривается этап визуализации данных, описаны методы визуальной и когнитивной графики для анализа проблемы и визуализации решаемых цифровым двойником задач. Основной упор делается на применение и разработке дашбордов для визуализации различных показателей функционирования цифровых двойников и применении Unity для целей проекта, в частности для визуализации объектов и их состояния. Приводится типовая архитектура цифровых двойников энергетических объектов как обобщение архитектур разрабатываемых цифровых двойников солнечной и ветровой электростанций.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, агентно-сервисный подход, онтологический инжиниринг, эмуляция данных, визуализация.

Для цитирования: Массель А.Г., Гаськова Д.А., Туктарова П.А. Применение агентно-сервисного подхода при разработке цифровых двойников возобновляемых источников. Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”. 2023; 4(49):61-71. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-61-71.



## APPLICATION OF THE AGENT-SERVICE APPROACH IN THE DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

<sup>1</sup>Aleksei G. Massel, <sup>1</sup>Daria A. Gaskova, <sup>2</sup>Polina A. Tuktarova

<sup>1</sup> Energy Systems Institute named after L.A. Melentiev of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences., *Irkutsk, Russia*

<sup>2</sup>Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky  
*Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk Region, Russia*

**Abstract.** The article discusses the main issues related to the development of digital twins, provides an analysis of the current state of affairs in the field of development of digital twins, analyzes and defines the concept of digital twins. An agent-service approach to building digital twins is proposed. Solar and wind energy facilities were selected as objects for testing the approach, with subsequent expansion to other facilities using the experience and developments of the Institute of Energy Systems named after L.A. Melentyeva. A rationale for its relevance is given, and a formalized model of digital twins is presented. The main requirements for the development of an agent-service approach, basic methods and tools for constructing digital twins of energy facilities are highlighted. Attention is paid to the technologies used in construction, including the use of mathematical models, the use of ontological engineering for the formation of knowledge bases and the construction of databases based on them. Two stages of the development of digital twins are identified: developing a prototype using the scientific tools of researchers and debugging information interactions with real information flows to solve specific problems. The stage of applying machine learning methods for data emulation, which is based on the use of LSTM networks and Markov chains, is described. The stage of data visualization is considered, methods of visual and cognitive graphics for analyzing the problem and visualizing the tasks solved by the digital twin are described. The main emphasis is on the use and development of dashboards for visualizing various indicators of the functioning of digital twins and the use of Unity for project purposes, in particular for visualizing objects and their condition. A typical architecture of digital twins of energy facilities is presented as a generalization of the architectures of the developed digital twins of solar and wind power plants.  
**Keywords:** digital twins, agent-service approach, ontological engineering, data emulation, visualization.

**For citation:** Massel A.G., Gaskova D.A., Tuktarova P.A. Application of the agent-service approach in the development of digital twins of renewable energy sources. Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”. 2023; 4(49):61-71. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-61-71.

**Введение.** Одним из современных трендов цифровизации, получивших уже достаточно широкое распространение в мире, являются цифровые двойники (ЦД) (Digital Twin) и цифровые тени (Digital Shadow). В ряде случаев создание и распространение цифровых двойников считают синонимом цифровизации энергетики. Согласно данным института Гартнера цифровые двойники в 2018-2019 гг. находились в верхней точке графика,

иллюстрирующего тенденции развития технологий. Их активное развитие прогнозируется на ближайшие 5 - 10 лет.

В то же время этот термин нельзя считать абсолютно новым. Большинство авторов сходится во мнении, что первоначально концепция ЦД была озвучена Майклом Гривсом на PLM (Product Lifecycle Management) курсе в Мичиганском университете в начале 2002 г. и позднее, в 2003 г., была представлена на конференции по PLM.

Уровень технологий в то время не позволил реализовать в полной мере предложенную концепцию, поэтому всплеск интереса к этой тематике произошел в последние годы. По интенсивности исследований в этой области (согласно количеству научных публикаций, БД Scopus) Россия занимает 5-е место в мире (после США, Германии, Китая и Соединенного Королевства), а по степени востребованности ЦД-технологии – на втором месте.

Понятие цифрового двойника еще не устоялось и имеет ряд определений, которые рассматриваются в [9, 11], а обзор современного состояния в этой области выполнен в работе [10]. Применение цифровых двойников в электроэнергетике рассмотрено, например, главным инженером подразделения “Интеллектуальные сети” компании Siemens Е. Никитиной [4]. Согласно этому источнику приводится определение ЦД как: “наиболее подходящее определение цифрового двойника – это реальное отображение всех компонентов в жизненном цикле продукта с использованием физических данных, виртуальных данных и данных взаимодействия между ними, то есть цифровой двойник создает виртуальный прототип реального объекта, с помощью которого можно проводить эксперименты и проверять гипотезы, прогнозировать поведение объекта и решать задачу управления его жизненным циклом”.

Анализ исследований, выполняемых в области использования концепции цифровых двойников, подтверждает актуальность построения цифровых двойников для применения в интеллектуальных системах управления развитием энергетики. При этом для разных уровней энергетических систем и объектов возможны разные типы цифровых двойников.

В идеале, цифровой двойник основан на больших данных, которые поступают в реальном времени по множеству измерений. Эти измерения могут создать развивающийся профиль объекта или процесса в цифровом мире, который может дать важную информацию о производительности системы, что приведет к принятию решения в физическом мире, таким, как изменение разработки продукта, так и производственного процесса. В то же время цифровой двойник отличается от традиционной системы автоматизированного проектирования (САПР) и не служит просто еще одним решением с поддержкой датчиков Интернета вещей (IoT).

Несмотря на все более частое использование термина “Цифровые двойники”, единого подхода и общей методологии разработки таковых не существует.

В рамках данной статьи авторы предлагают использовать агентно-сервисный подход к построению цифровых двойников.

**1. Требования к разработке агентно-сервисного подхода, основных методов и инструментальных средств к построению цифровых двойников энергетических объектов.** Реализация агентно-сервисного подхода включает ряд этапов. Опираясь на результаты, полученные ранее, можно сформулировать следующие требования к разработке агентно-сервисного подхода к построению цифровых двойников (ЦД) энергетических объектов:

- 1) необходимо определить цель создания, выделить множество задач  $\{T\}$ , которые нужно решать, определить множество функций ЦД как многоагентной системы  $\{F\}$  на основе множества определенных выше задач;
- 2) построить формализованную модель ЦД, которая имеет вид:

$$M_{\text{ЦД}} = \{A_F, C_B, P_A, S_A, E_S\},$$

где  $\{A_F\}$  – перечень будущих агентов на основании множеств задач  $\{T\}$  и функций  $\{F\}$  ЦД;  $\{C_B\}$  – набор базовых компонентов ЦД;  $\{P_A\}$  – порядок вызова агентов;  $\{S_A\}$  – сценарии вызова агентов;  $\{E_S\}$  – событийные модели на основе теории Joiner-сетей для описания разработанных сценариев вызова агентов;

- 3) разработать типовую архитектуру ЦД;
- 4) выполнить конкретизацию типовой архитектуры и реализацию конкретного ЦД;
- 5) осуществить тестовую отладку ЦД на реальных или эмулированных данных.

При разработке методов и инструментальных средств берем за основу пять основных компонентов ЦД, определенных в [3]:

- 1) ядро ЦД – математические, имитационные и информационные модели;
- 2) системы наблюдения, распознавания и сбора данных, системы мониторинга и управления, обеспечивающие сбор данных с физического объекта, мониторинг и управление физическим объектом (физический элемент/физическая часть ЦД);
- 3) системы, обеспечивающие хранение собранных данных – классические СУБД (*Oracle, MS SQL, DB2*), СУБД с открытым исходным кодом (*PostgreSQL*), облачные хранилища (*S3, RedShift, Greenplum*), распределённые файловые системы *HDFS* и др.;

4) сервисные элементы, предоставляющие сервисы и интерфейс для клиентов – инструменты для поддержки сервисов оптимизации, математического моделирования, прогнозирования и т.д.;

5) платформа Интернета вещей (IoT), обеспечивающая связи между вышеперечисленными элементами.

В основе разработки ЦД лежит онтологический подход, предложенный ранее и который предполагается развивать далее. Для построения ЦД требуется применение методов онтологического инжиниринга, выполняемого в авторском коллективе [13].

Исходя из состава базовых компонентов, требуется:

1) разработка методов построения ядра ЦД на основе выбора математических и построения информационных моделей на основе онтологий;

2) разработка методов сбора данных и/или эмуляции данных;

3) выбор систем, обеспечивающих хранение собранных данных; предпочтение отдается СУБД с открытым исходным кодом;

4) разработка методов построения агентов-сервисов – инструментов для поддержки сервисов оптимизации, математического моделирования, прогнозирования;

5) разработка методов связи между вышеперечисленными элементами на основе платформы Интернета вещей (IoT).

В ходе выполнения работы было предложено использовать существующие математические модели солнечной (СЭС) и ветровой электростанции (ВЭС), ЦД которых разрабатываются на 1-м этапе.

Для построения ЦД СЭС используется подход, предложенный в [3] для моделирования солнечной электростанции с учетом изменения параметров окружающей среды.

Для разработки ЦД ВЭС был выбран подход, предлагаемый в [8].

Для вычисления генерируемой мощности ветроэнергетической установки требуется использовать такие параметры, как: скорость ветра, коэффициент использования энергии ветра, быстроходность, КПД и площадь ометаемой поверхности.

Рассмотренные модели необходимы для получения данных о поведении системы. Использование этих данных открывает возможность цифровому двойнику прогнозировать поведение объекта и решать задачу управления его жизненным циклом.

Аналогичным образом выбираются математические модели для построения ЦД традиционных источников энергии, транспортировки и потребления электроэнергии, которые будут рассмотрены на следующем этапе проекта. При этом авторы опираются на уже разработанный научный инструментарий, в первую очередь в ИСЭМ СО РАН [1, 5].

**2. Выбор и разработка средств сбора оперативной информации, эмуляции данных, средств хранения.** В [1] определены два этапа разработки цифровых двойников:

1) разработка прототипа с использованием научного инструментария исследователей;

2) отладка информационных взаимодействий с реальными информационными потоками для решения конкретных задач.

Работа с реальными данными допустима только на втором этапе, потому появляется необходимость в создании генератора правдоподобных синтетических данных (эмуляции данных), которые впоследствии могли бы использоваться во время тестирования цифрового двойника уже на первом этапе. Авторами было принято решение разработать модель генерации и импутации данных для цифрового двойника солнечной электростанции на основе имеющихся погодных данных, полученных от реального объекта [6].

Импутацией данных обычно называют отсутствующие значения в наборе данных и заменяют их подходящим числовым значением. Вместо импутации можно также встретить термин “восстановление пропущенных значений” [2].

Простой и популярный подход импутации данных включает использование статистических методов для оценки значения столбца на основе имеющихся значений, а затем замену всех отсутствующих значений в столбце рассчитанными данными.

Импутации, как правило, предшествует метод прогнозирования. Например, для ЦД возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым относятся СЭС и ВЭС, актуально прогнозирование погодных характеристик, для чего предлагается использовать методы машинного обучения.

Предлагается использовать рекуррентные нейронные сети и цепь Маркова. Рекуррентная нейронная сеть позволяет предсказывать информацию на основе исторических данных, а также анализировать входные данные. В качестве примера были взяты такие популярные сети, как LSTM (рекуррентная *нейросеть* с долгой краткосрочной памятью) и GRU (Gated Recurrent Units).

Также предлагается использовать цепь Маркова для расчета вероятностей появления определенного класса. Для расчета вероятностей класса требуется преобразовать исходный набор данных и использовать кластерный анализ для получения классов для матрицы перехода. В задаче кластеризации используется метод  $k$  – ближайших соседей и метод локтя для расчета количества кластеров.

У авторов имеется опыт применения методов машинного обучения [7].

Для сбора оперативной информации на втором этапе разработки ЦД целесообразно использовать детальную текущую измерительную информацию, получаемую от традиционных и векторных средств измерений систем SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и СМПП (Система мониторинга переходных режимов). На основе получаемых данных формируются текущие информационные модели ЕЭС, Объединенных и Региональных энергетических систем, являющиеся основой для решения

технологических задач мониторинга и прогнозирования режимов и управления ими, реализуемых системой EMS (Energy Management System) на каждом уровне территориальной иерархии. Для управления режимами ЕЭС вырабатываются управляющие воздействия, выполняемые диспетчером и системой автоматического управления.

При разработке средств хранения на первом этапе предполагается ориентация на СУБД с открытым исходным кодом (как, например, *PostgreSQL*) и облачные хранилища. На втором этапе выбор средств хранения будет определяться спецификой реального объекта.

**3. Методы визуальной и когнитивной графики для анализа проблемы и визуализации решаемых цифровым двойником задач, и типовая архитектура цифрового двойника.** Важными этапами реализации цифровых двойников являются проектирование и разработка пользовательского интерфейса. В качестве методов визуальной и когнитивной графики для анализа проблемы проектирования ЦД используются методы онтологического моделирования (иллюстрируются в следующем разделе).

Визуализация цифровых двойников энергетических объектов включает визуализацию данных, получаемых с датчиков (и самого реального объекта) для отображения рабочего состояния физического объекта.

Сам подход к визуализации зависит от масштаба реального объекта и от технических требований к цифровому двойнику. Были выделены следующие варианты технической реализации визуализации: панели индикаторов (дашборды), CAD и BIM системы (рассматриваются ниже), специализированное программное обеспечение (ПО).

Самым простым подходом к реализации, с технической точки зрения, является создание панелей индикаторов (дашбордов). С помощью дашбордов можно наглядно продемонстрировать работу реального объекта. Также возможны сочетания дашбордов и CAD-моделей. Существуют предложения по архитектуре киберфизической системы мониторинга и управления компрессорным оборудованием (CPS) на базе IoT-платформы InfluxData. CPS состоит из трех подсистем: подсистемы физического объекта, цифрового двойника и интерфейса.

Как отдельный подход, было выделено специализированное ПО, поскольку крупнейшие разработчики программного обеспечения Unity и Unreal Engine предоставили возможность создания цифрового двойника с подробной визуализацией. Отличие Unreal Engine от Unity заключается в том, что Unreal Engine делает акцент исключительно на урбанистике, за счет своего графического потенциала. Также для него требуются знания C++, в то время как Unity базируется на языке C#.

В ходе проведенного анализа не было обнаружено публикаций, где бы применялось упомянутое выше специализированное ПО (Unity и Unreal Engine) в области возобновляемой энергетики, однако работа [12] наглядно демонстрирует уровень технического потенциала данного инструментария

для будущих исследований в области энергетики. Детальная и качественная визуализация, а также доступность и оптимизация специализированного ПО позволят ускорить проектирование цифровых двойников.

В коллективе авторов ведутся работы по применению Unity для целей проекта. Кроме того, при реализации ЦД была предложена типовая архитектура ЦД энергетического объекта (рисунок), как обобщение архитектур разрабатываемых цифровых двойников солнечной и ветровой электростанций.

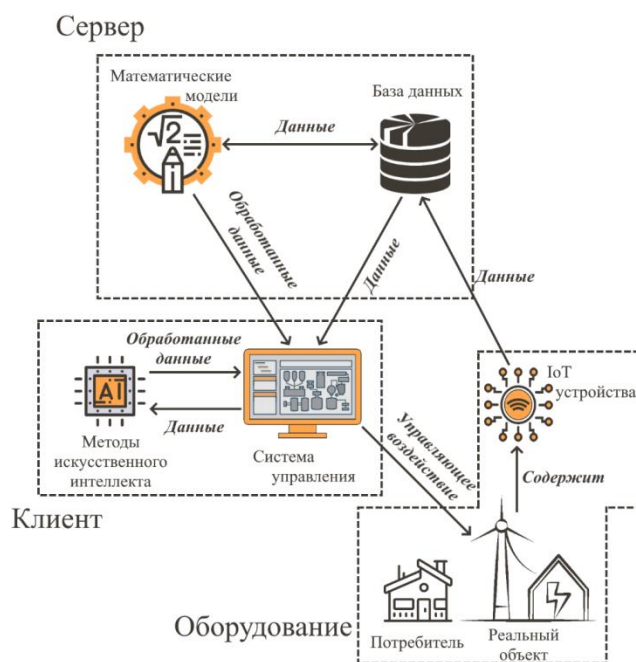


Рисунок – Типовая архитектура ЦД энергетического объекта

Figure – Typical architecture of a DT of an energy facility

Учитывая трудоемкость вычислений с использованием математических моделей, предложено реализовать их на серверной стороне приложения цифрового двойника.

Базу данных также предлагается хранить на серверной стороне приложения. Проектирование базы данных основано на онтологическом инжиниринге рассматриваемых областей.

**Заключение.** В статье рассмотрен агентно-сервисный подход к построению цифровых двойников на примере возобновляемых источников энергии, который заключается в интеграции получения реальных данных от объектов, их эмуляции при необходимости, использовании методов машинного обучения и средств визуализации. Интеграция всех этих методов при построении единой системы в виде цифрового двойника позволяет получить новое качественное преимущество, как при проектировании объектов, за счет имитации их работы, так и в дальнейшем при их управлении.



Причем реализация в виде агент-сервисов всех компонентов позволяет видоизменять различные элементы цифровых двойников в зависимости от необходимости без вмешательства в основную архитектуру. В заключение статьи предлагается типовая архитектура цифровых двойников возобновляемых источников энергии.

**Благодарность.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00382, <https://rscf.ru/project/23-21-00382/>

### Список литературы

1. Воропай, Н.И. ИТ-инфраструктура для построения интеллектуальных систем управления развитием и функционированием систем энергетики на основе цифровых двойников и цифровых образов / Н.И. Воропай, Л.В. Массель, И.Н. Колосок, А.Г. Массель // Известия РАН. Энергетика. – 2021. – №1. – С. 3-13. DOI: 10.31857 / S0002331021010180.
2. Канищев, И.С. Восстановление пропущенных значений в задачах классификации при несбалансированности данных / И.С. Канищев // Естественные и технические науки. – 2021. – № 5. – С. 63-66.
3. Карамов, Д.Н. Моделирование солнечной электростанции с учётом изменения параметров окружающей среды / Д.Н. Карамов, И.В. Наумов // Электрические станции. – 2020. – №1. – С. 21-28.
4. Кокорев, Д.С. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Д.С. Кокорев, А.А. Юрин // Colloquium-journal. Technical science. 2019. № 10(34). С. 31–35. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10264.
5. Массель, Л.В. Использование научной ИТ-инфраструктуры исследований энергетики для построения цифровых теней и цифровых двойников объектов и систем энергетики / Л.В. Массель, А.Г. Массель, Т.Н. Ворожцова // Применение технологий виртуальной реальности и смежных информационных систем в междисциплинарных задачах FIT-M 2020: сб. Трудов междунар. научной конф. Москва: Знание-М, 2020. С. 163-169. ISBN 978-5-907345-75-1 DOI 10.38006/907345-75-1.2020.1.310.
6. Массель, А.Г. Прогнозирование солнечной радиации и импутация данных для цифрового двойника солнечной электростанции / А.С. Лосев, А.Г. Массель // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 1 (25). – С. 91-101. DOI:10.38028/ESI.2022.25.1.008.
7. Массель, Л.В. Оценка устойчивости энергетических систем с применением методов машинного обучения / Л.В. Массель, А.Г. Массель, Т.Г. Мамедов, Д.А. Гаськова, А.Р. Цыбиков, Н.И. Щукин // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 4 (28). – С. 248-260. DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.020.
8. Оганесян, Э.В. Математическая модель для определения параметров работы ветроэнергетической установки / Э.В. Оганесян, Э.А. Бекиров, М.М. Асанов // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – №3 (55). – С. 82-86.
9. Прохоров, А.М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное / А.М. Прохоров, М.Н. Лысаче // М.: ООО “АльянсПринт”, 2020. – 401 с.
10. Цифровой двойник. Индустрия 4.0 / Информатизация и системы управления в промышленности [Электронный ресурс]. [https://zen.yandex.ru/media/isup/cifrovoy-dvoynik-industriia-40-5b83b7155b27990\\_0a96c54e8](https://zen.yandex.ru/media/isup/cifrovoy-dvoynik-industriia-40-5b83b7155b27990_0a96c54e8) (дата обращения: 09.12.2023).
11. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [Electronic resource]. [https://www.researchgate.net/publication/306223791\\_Digital\\_Twin\\_Mitigating\\_Unpredictable\\_Undesirable\\_Emergent\\_Beha](https://www.researchgate.net/publication/306223791_Digital_Twin_Mitigating_Unpredictable_Undesirable_Emergent_Beha)

viор\_in\_Complex\_Systems10.1007/978-3-319-38756-7\_4 (Дата обращения: 09.12.2023).

12. Lee, J.-H. The Effectiveness of Virtual Reality Simulation on the Qualitative Analysis of Lighting Design. / J.-H. Lee, Y. Lee // J Digit Landsc Archit 195–202, doi:10.14627/537705016.

13. Massel, L.V. Ontologies as a basis for constructing digital twins in energy / L.V. Massel, A.G. Massel // Proceedings of the International Conference “Knowledges, Ontologies, Theory” (KNOTH-2021) (IEEE, Scopus)

## References

1. Voropay, N.I. IT-инфраструктура для построения интеллектуальных систем управления развитием и функционированием систем энергетики на основе цифровых двойников и цифровых образов [IT infrastructure for building intelligent management systems for the development and operation of energy systems based on digital twins and digital images]. Izvestiya RAN. Energetika. 2021, no. 1, pp. 3-13. DOI: 10.31857 / S0002331021010180.

2. Kanishchev, I.S. Vosstanovleniye propushchennykh znacheniy v zadachakh klassifikatsii pri nesbalansirovannosti dannykh [Restoring missing values in classification tasks when data is unbalanced]. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. 2021, no. 5, pp. 63-66.

3. Karamov, D.N. Modelirovaniye solnechnoy elektrostantsii s uchotom izmeneniya parametrov okruzhayushchey sredy [Simulation of a solar power plant taking into account changes in environmental parameters]. Elektricheskiye stantsii. 2020, no. 1, pp. 21-28.

4. Kokorev, D.S. Tsifrovyye dvoyniki: ponyatiye, tipy i preimushchestva dlya biznesa [Digital twins: the concept, types and benefits for business]. Colloquium-journal. Technical science. 2019, no. 10(34), pp. 31-35. DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10264.

5. Massel', L.V. Ispol'zovaniye nauchnoy IT-инфраструктуры issledovaniy energetiki dlya postroyeniya tsifrovyykh teney i tsifrovyykh dvoynikov ob'yektov i sistem energetiki [Using the scientific IT infrastructure of energy research to build digital shadows and digital counterparts of energy facilities and systems]. Moscow: Znaniye-M, 2020, pp. 163-169. ISBN 978-5-907345-75-1 DOI 10.38006/907345-75-1.2020.1.310.

6. Massel', A.G. Prognozirovaniye solnechnoy radiatsii i imputatsiya dannykh dlya tsifrovogo dvoynika solnechnoy elektrostantsii [Solar radiation prediction and data imputation for the digital twin of a solar power plant]. Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii. 2022, no. 1 (25), pp. 91-101. DOI:10.38028/ESI.2022.25.1.008.

7. Massel', L.V. Otsenka ustoychivosti energeticheskikh sistem s primeneniym metodov mashinnogo obucheniya [Assessment of the stability of energy systems using machine learning methods]. Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii. 2022, no. 4 (28), pp. 248-260. DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.020.

8. Oganessian, E.V. Matematicheskaya model' dlya opredeleniya parametrov raboty vetroenergeticheskoy ustanovki [A mathematical model for determining the operating parameters of a wind power plant]. Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2016, no. 3 (55), pp. 82-86.

9. Prokhorov, A.M. Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoy opyt. Izdaniye pervoye, ispravlennoye i dopolnennoye [Digital twin. Analysis, trends, world experience]. Moscow: Al'yansPrint, 2020, 401 p.

10. Tsifrovoy dvoynik. Industriya 4.0 / Informatizatsiya i sistemy upravleniya v promyshlennosti [Digital twin. Industry 4.0/ Informatization and management systems in industry]. <https://zen.yandex.ru/media/isup/cifrovoy-dvoynik-industriya-40-5b83b7155b27990>.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данной публикации. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author Contributions.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи/ Article history:**

Дата поступления в редакцию/ Received: 22.12.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 26.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### **Сведения об авторах**

Массель Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела систем искусственного интеллекта в энергетике Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук.

**Контактная информация:** ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: amassel@isem.irk.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0351-0415>.

Гаськова Дарья Александровна – кандидат технических наук, научный сотрудник отдела Систем искусственного интеллекта в энергетике Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук.

**Контактная информация:** ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: gaskovada@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1281-2335>

Туктарова Полина Андреевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

**Контактная информация:** ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный, e-mail: ptuktarova@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0773-3138>.

### **Information about authors**

Aleksei G. Massel– Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Department of Artificial Intelligence Systems in Energy.

**Contact information:** Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russia, 130 Lermontov St., e-mail: amassel@isem.irk.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0351-0415>.

Daria A. Gaskova– Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Department of Artificial Intelligence Systems in Energy.

**Contact information:** Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, Russia, 130 Lermontov St., e-mail: gaskovada@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1281-2335>.

Polina A. Tuktarova– Candidate of Economic Sciences, Ass. Prof. of the Department of informatics and mathematical modeling of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

**Contact information:** FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, e-mail: ptuktarova@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0773-3138>.



DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-72-79

УДК 332.64

Научная статья

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ОЦЕНКИ ИМУЩЕСТВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЗАЛОГА

Д.А. Ризванов, А.Р. Галеев

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий  
г. Уфа, Россия

**Аннотация.** В статье представлен обзор современных тенденций в области оценки имущества для целей залога. Определение адекватной рыночной стоимости имущества, подлежащего залогоу, играет важную роль в банковской сфере для выдачи кредита. Отклонения в меньшую сторону ведет к возможному отказу в выдаче клиенту необходимой суммы кредита, и, наоборот, завышенная стоимость увеличивает риски банка, связанные с возвратом кредита в случае возникновения проблем у клиента. Помимо этого, большое значение имеет срок определения стоимости в связи с достаточно высокой конкуренцией финансово-кредитных организаций.

Рассмотрены основные источники получения дополнительной информации о предмете залога. В связи с активным внедрением электронного документооборота, минимизируется количество документов, запрашиваемых у клиентов в отношении объекта залога, снижаются масштабы рутинной работы сотрудников банков и сокращается количество ошибок при внесении информации. Для проведения осмотра предметов залога активно используются современные информационно-коммуникационные технологии, а также специализированные мобильные приложения. Приведены сведения об автоматизированных средствах проведения расчетов о стоимости предметов залога. Отмечается, что эти сервисы для оценки объектов недвижимости могут выполнять автоматизированную оценку только в отношении стандартных объектов недвижимости, имеющих относительно развитый рынок. В то же время имеются проблемы с автоматизированной оценкой нетиповых объектов недвижимости, связанные с нестандартностью оцениваемого объекта, малым количеством объектов-аналогов, низким качеством информации об объектах-аналогах в открытых источниках и т.д. Данное обстоятельство требует дополнительных усилий, в том числе и людских затрат на проведение всесторонней комплексной оценки такого рода объектов.

**Ключевые слова:** оценка, определение стоимости, залог, цифровые технологии.

**Для цитирования:** Ризванов Д.А., Галеев А.Р. Обзор современных тенденций оценки имущества для целей залога. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2023; 4 (49):72-79. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-72-79.

## OVERVIEW OF MODERN TRENDS IN VALUING PROPERTY FOR COLLATERAL PURPOSES

Dmitry A. Rizvanov, Albert R. Galeev

Ufa University of Science and Technology  
Ufa, Russia

**Abstract.** The article provides an overview of current trends in the field of property valuation for collateral purposes. Determining the adequate market value of the property subject to collateral plays an important role in the banking industry for issuing a loan. Deviations to the smaller side lead to a possible refusal to issue the client the required loan amount, and, conversely, an inflated cost increases the bank's risks associated with repaying the loan in the event of problems with the client. In addition, the period for determining the cost is of great importance due to the fairly high competition of financial and credit organizations.

The main sources for obtaining additional information about the subject of pledge are considered. In connection with the active implementation of electronic document management, the number of documents requested from clients in relation to the collateral is minimized, the scale of routine work of bank employees is reduced and the number of errors when entering information is reduced. Modern information and communication technologies, as well as specialized mobile applications, are actively used to conduct inspections of collateral. Information is provided on automated means of making calculations about the value of collateral. It is noted that these real estate valuation services can perform automated valuations only for standard real estate properties that have a relatively developed market. At the same time, there are problems with the automated assessment of non-standard real estate objects associated with the non-standard nature of the object being valued, the small number of analogue objects, the low quality of information about analogous objects in open sources, etc. This circumstance requires additional efforts, including human costs, to conduct a comprehensive comprehensive assessment of such objects.

**Keyword:** assessment, cost determination, collateral, digital technologies.

**For citation:** Rizvanov D.A., Galeev A.R. Overview of modern trends in valuing property for collateral purposes. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2023; 4 (49):72-79. DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-72-79.

В современной динамично меняющейся экономической ситуации и в условиях высокой конкуренции среди банков эффективность процесса определения стоимости залога оказывает существенное влияние на успешность деятельности финансово-кредитных организаций. Например, точность определения стоимости залога имеет большое значение для банков, поскольку заниженная стоимость может привести к невозможности выдачи необходимого клиенту кредита, а завышенная стоимость увеличивает риски банка при возникновении проблем с возвратом кредита. Кроме того, важными для банков являются сроки определения стоимости залога. Чем быстрее будет проведена оценка залогового имущества, тем быстрее будет

принято решение о выдаче кредита, что позволит уменьшить вероятность того, что потенциальный клиент банка уйдет к конкуренту.

В целом процесс определения стоимости залоговых объектов в финансово-кредитных организациях состоит из следующих этапов [1, 6, 7]:

- 1) анализ документов на имущество и сбор дополнительной информации о залоговом объекте;
- 2) осмотр имущества;
- 3) проведение расчетов;
- 4) подготовка заключения об оценке стоимости залогового объекта.

Рассмотрим эти этапы более подробно.

**Анализ документов на имущество и сбор дополнительной информации о предмете залога.** В Российской Федерации в последние годы широко внедряется электронный документооборот. Например, бумажные свидетельства о государственной регистрации прав на недвижимое имущество заменяются выписками из единого государственного реестра недвижимости, которые могут быть получены как в бумажном, так и в электронном виде. В отношении транспортных средств происходит постепенный переход от бумажных паспортов транспортных средств к электронным [5].

Это обстоятельство, с одной стороны, позволяет финансовым и кредитным организациям получать часть документов на имущество самостоятельно в электронном виде, тем самым минимизируя количество документов, запрашиваемых у клиентов в отношении предмета залога. Это уменьшает время, затрачиваемое клиентами и сотрудниками банков, упрощает и ускоряет процесс выдачи кредитов.

С другой стороны, электронные документы удобны для обработки, что позволяет финансовым и кредитным учреждениям автоматически получать актуальную информацию о предметах залога: описании имущества, его характеристике и наличии обременений. Это снижает масштабы рутинной работы сотрудников банков и сокращает количество ошибок при внесении информации об имуществе в информационные системы финансовых учреждений.

Один из важных трендов на рассматриваемом этапе – это расширение информации о залоговых объектах на основе данных из открытых источников. Такие источники включают в себя:

- 1) реестр уведомлений о залоге движимого имущества (содержит информацию о статусе залога движимого имущества);
- 2) государственная инспекция безопасности дорожного движения (содержит данные о ДТП, повреждениях, розыске, регистрации транспортных средств с ограничениями);
- 3) электронный паспорт (содержит информацию о текущем статусе электронного паспорта транспортного средства);

- 4) Российский союз автостраховщиков (содержит данные о наличии и статусе ОСАГО);
- 5) Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (содержит данные о характеристиках и обременениях объектов недвижимости).

Обогащение информации о залоговом имуществе может включать использование платных источников. Некоторые финансовые учреждения включают в процесс сбора данных об имуществе отчеты, сформированные специализированными сервисами, например, “Автокод”. Эти сервисы предоставляют дополнительную информацию о предлагаемых в залог транспортных средствах, включая историю пробега, использование в такси или аренде, а также историю технического обслуживания.

**Осмотр имущества.** Осмотр заложенного имущества проводится с целью подтверждения наличия, изучения свойств, хранения и эксплуатации, проверки наличия повреждений, анализа соответствия и сбора другой информации для правильной оценки заложенного имущества.

Ранее осмотр заложенного имущества осуществлялся только путем посещения сотрудниками банка места нахождения имущества и его фотографирования. В настоящее время финансово-кредитные учреждения активно внедряют в процесс проверки залогового имущества специализированные мобильные приложения (например, ViewApp, MobileAppraiser, собственные разработки банков).

Указанные мобильные приложения позволяют:

- строго формализовать процесс осмотра (осмотр осуществляется по специальной схеме, фотографирование и видеосъемка выполняются в соответствии с подсказками, приведенными в приложении);
- снизить финансовые и временные затраты банков на проведение осмотра предметов залога, передав их выполнение клиентам;
- минимизировать риски мошенничества во время осмотра предмета залога (осуществляется фиксация геолокации, задаются временные рамки для проведения осмотра, внедряются контрольные операции, связанные с видеосъемкой, запрещается загрузка в приложение фотографий и видеофайлов из памяти смартфона).

Кроме того, разрабатываются и внедряются сервисы, позволяющие выполнять автоматизированный анализ фотоматериалов. Например, в июле 2023 года сервис “Авто.ру” запустил специальную нейросеть, которая распознает комплектацию автомобиля на основании фотографий, предоставленных собственником [3].

**Выполнение расчетов.** Для выполнения расчетов стоимости предметов залога применяются различные подходы: сравнительный, доходный и затратный. Выбор подходов и методов оценки осуществляется в зависимости от вида оцениваемого имущества, наличия достоверной информации, необходимой для выполнения расчетов [2, 4, 8].



Ранее расчеты стоимости осуществлялись исключительно вручную. В настоящее время банками разрабатываются собственные, а также используются сторонние сервисы для автоматизированного определения стоимости предметов залога:

- для транспортных средств: сервисы “MotorWert”, “PriceStat”;
- для объектов недвижимости: сервисы “SRG”, “Мобильный оценщик”.

Согласно данным ПАО “Сбербанк” точность автоматизированной оценки предметов залога, выполняемой с помощью собственных сервисов данной финансово-кредитной организации, находится на уровне 98% [9].

Необходимо отметить, что сервисы для оценки объектов недвижимости могут выполнять автоматизированную оценку только в отношении стандартных объектов недвижимости, имеющих относительно развитый рынок. К таким объектам относятся квартиры, апартаменты, типовая коммерческая недвижимость. С автоматизированной оценкой нетиповых объектов недвижимости имеются проблемы, обусловленные следующим:

- нестандартность оцениваемого имущества и, соответственно, сложности с автоматизированным подбором сопоставимых объектов-аналогов и выполнением расчетов (например, оцениваемая производственно-складская база может состоять из различных объектов недвижимости, отличающихся как по назначению (офисы, склады, производство), характеристикам (материал стен, этажность, площадь), так и по имеющимся коммуникациям (электро-, тепло-, газо-, водоснабжение, водоотведение, вентиляция, кондиционирование);

- малое количество объектов-аналогов для нетиповых объектов (текущая ситуация на рынке недвижимости такова, что предложений о продаже производственно-складских объектов существенно меньше, чем предложений о продаже квартир);

- низкое качество информации об объектах-аналогах, приведенной в открытых источниках (ввиду нестандартности объектов недвижимости, для выявления характеристик имущества необходимо анализировать не только значения, указанные в формализованных полях объявлений на сайтах-агрегаторах, но и изучать сам текст объявления/фотографии, а также уточнять информацию непосредственно у продавца).

Банками и сторонними сервисами ведется работа по повышению доли нетиповых объектов недвижимости, оценка которых может выполняться в автоматическом режиме. Так, например, в октябре 2023 года на XIII Международной конференции по оценочной деятельности представителем ПАО “Сбербанк” сообщалось, что в 2023 году автоматизированная оценка выполняется в отношении 76% [11] от общего количества предметов залога (годом ранее данное значение составляло 62% [10]).

Для оценки предметов залога в ПАО "Сбербанк" применяется 10 моделей машинного обучения, используемых для предсказания стоимости имущества [9]. Автоматизированная оценка, выполняемая с помощью данных инструментов, позволяет значительно снизить сроки определения стоимости предметов залога. Для сравнения, по данным ПАО "Сбербанк" автоматизированная оценка выполняется в среднем за 30 секунд, оценка силами специалистов банка выполняется в среднем за 90 минут [9].

**Подготовка заключения об оценке стоимости предмета залога.** В процесс подготовки заключений об оценке стоимости предметов залога внедряются цифровые технологии:

- заключения формируются в электронном виде, а не в бумажном;
- заключения заполняются в автоматическом режиме на основе данных, полученных на предыдущих этапах оценки стоимости имущества, что минимизирует трудозатраты сотрудников;
- информация из готовых заключений автоматически передается в учетные системы банка, что исключает ошибки, возникающие при ручном переносе данных.

В результате приведенного в данной статье обзора современных тенденций в области оценки имущества для целей залога можно сделать **вывод** о том, что они непосредственно связаны с использованием цифровых технологий. Указанные технологии повышают эффективность процесса оценки предметов залога, так как в результате их применения сокращаются временные и материальные затраты финансово-кредитных организаций, упрощается обработка и передача информации, снижается объем рутинной работы и количество ошибок, а также обеспечивается высокая точность оценки имущества. Решение существующей проблемы, связанной с оценкой сложных нетиповых объектов недвижимости, позволит еще больше снизить долю объектов, оценка которых не может быть выполнена в автоматическом режиме, что также увеличит эффективность процесса оценки предметов залога.

#### Список литературы

1. Гражданский кодекс РФ, часть первая (в ред. Федерального закона от 27.07.2006 г. № 183-ФЗ).
2. Джангириян Р.Г. Модели оценки ликвидационной стоимости объектов залога / Р.Г. Джангириян // Аудит и финансовый анализ – 2015. – № 4, – С. 91-100.
3. Нейросеть поможет пользователям Авто.ру автоматически определить комплектацию машины [Электронный ресурс] // [ir.yandex.ru](https://ir.yandex.ru): [сайт], URL: <https://ir.yandex.ru/press-releases?year=2023&id=20-07-23> (дата обращения: 15.12.2023).
4. Оценка для целей залога: теория, практика, рекомендации / М.А. Федотова, В.Ю. Рослов, О.Н. Щербакова, А.И. Мышанов. М.: Финансы и статистика, 2008.
5. Постановление Правительства РФ от 5 октября 2017 г. № 1212 "О некоторых вопросах, связанных с введением в Российской Федерации электронного паспорта транспортного средства и электронного паспорта шасси транспортного средства".

6. Федеральный закон “Об ипотеке (залоге недвижимости)” от 16.07.1998 г. № 102-ФЗ.
7. Федеральный закон “Об оценочной деятельности в РФ” от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ.
8. Шитикова А.Н. Банки: определение рыночной и справедливой стоимости залогового имущества / А.Н. Шитикова // Бухгалтерия и банки. – 2014. – № 2. – С. 25-28
9. Щеглов, Е.В. Автоматизация и цифровизация залогового процесса. XI Международная конференция по оценочной деятельности, 2021 г. [Электронный ресурс] // asros.ru: [сайт], URL: <https://asros.ru/events/xi-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti/> (дата обращения: 15.12.2023).
10. Щеглов, Е.В. Адаптация инструментов и подходов в динамичных условиях. XII Международная конференция по оценочной деятельности, 2022 г. [Электронный ресурс] // asros.ru: [сайт], URL: <https://asros.ru/events/xii-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti/> (дата обращения: 15.12.2023).
11. Щеглов, Е.В. DeFi в России: Цифровые права на имущественные активы-вызовы и операционная модель при кредитовании под залог: матерю. XIII Междунар. конф. по оценочной деятельности, 2023 г. [Электронный ресурс] // asros.ru: [сайт], URL: <https://asros.ru/events/xiii-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti/> (дата обращения: 15.12.2023).

### References

1. Grazhdanskiy kodeks RF, chast' pervaya (v red. Federal'nogo zakona ot 27.07. 2006 g. № 183-FZ) [The Civil Code of the Russian Federation, vol. 1].
2. Dzhangiryan, R.G. Modeli ocenki likvidacionnoj stoimosti ob'ektov zaloga [Models for estimating the liquidation value of collateral objects]. Audit i finansovyy analiz. 2015, no. 4, pp. 91-100.
3. Nejroset' pomozhet pol'zovatelyam Avto.ru avtomatichieski opredelit' komplektaciyu mashiny [The neural network will help Car users.ru automatically determine the complete set of the machine]. <https://ir.yandex.ru/press-releases?year=2023&id=20-07-23> (data obrashcheniya: 15.12.2023).
4. Fedotova, M.A. et all. Ocenka dlya celej zaloga: teoriya, praktika, rekomendacii [Assessment for collateral purposes: theory, practice, recommendations]. Moscow, Finansy i statistika, 2008.
5. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 5 oktyabrya 2017 g. № 1212 “O nekotoryh voprosah, svyazannyh s vvedeniem v Rossijskoj Federacii elektronного pasporta transportного sredstva i elektronного pasporta shassi transportного sredstva” [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1212 dated October 5, 2017 "On some Issues related to the Introduction of an electronic vehicle Passport and an electronic vehicle Chassis Passport in the Russian Federation"].
6. Federal'nyj zakon “Ob ipoteke (zaloge nedvizhimosti)” ot 16.07.1998 g. № 102-FZ [Federal Law “On Mortgages (Mortgages of Real Estate)” from 07/16/1998, no. 102-FZ].
7. Federal'nyj zakon “Ob ochenoj deyatelnosti v RF” ot 29.07.1998 g. № 135-FZ [Federal Law “On Valuation Activities in the Russian Federation” dated 07/29/1998, no. 135-FZ].
8. Shitikova, A.N. Banki: opredelenie rynochnoj i spravedlivoj stoimosti zalogovogo imushchestva [Banks: determining the market and fair value of collateral]. Buhgalteriya i banki. 2014, no. 2, pp. 25-28.
9. Shcheglov, E.V. Avtomatizaciya i cifrovizaciya zalogovogo processa [Automation and digitalization of the collateral process]. <https://asros.ru/events/xi-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti/>.

10. Shcheglov, E.V. Adaptaciya instrumentov i podhodov v dinamichnyh usloviyah [Adapting tools and approaches in a dynamic environment]. <https://asros.ru/events/xii-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti>.

11. Shcheglov, E.V. DeFi v Rossii: Cifrovye prava na imushchestvennye aktivy-vyzovy i operacionnaya model' pri kreditovanii pod zalog [DeFi in Russia: Digital rights to property assets-challenges and operational model in secured lending]. <https://asros.ru/events/xiii-mezhdunarodnaya-konferentsiya-po-otsenochnoy-deyatelnosti>.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of the article reviewed and approved the final version of the manuscript.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### **История статьи / Article history:**

Дата поступления в редакцию / Received: 17.12.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 18.12.2023

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2023

### **Сведения об авторах**

Ризванов Дмитрий Анварович – доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики института информатики, математики и робототехники Уфимского университета науки и технологий.

**Контактная информация:** Уфимский университет науки и технологий, 450008, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, тел. 89174095406, e-mail: ridmi@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2378-5587>.

Галеев Альберт Русланович – аспирант Уфимского университета науки и технологий. (450008, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12).

**Контактная информация:** Уфимский университет науки и технологий, 450008, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

### **Information about authors**

Dmitry A. Rizvanov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics of Ufa University of Science and Technology.

**Contact information:** Ufa University of Science and Technology, 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, K. Marks Strtel. 12, tel. 89174095406, e-mail: ridmi@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2378-5587>.

Albert R. Galeev – PhD-student Ufa University of Science and Technology.

**Contact information:** Ufa University of Science and Technology, 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, K. Marks Strtel. 12.

## **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. Представление статьи осуществляется в электронном виде через электронную редакцию (адрес: <http://agronauka-irsau.ru>). После регистрации в системе электронной редакции автоматически формируется персональный профиль автора. Затем необходимо загрузить статью через меню “Мои публикации”. Все взаимодействия с редактором происходят через электронную редакцию. **Вниманию авторов, имеющих соавторов:** регистрационную форму заполняет основной контактный автор, остальные авторы указываются специальным списком в отдельном окне.
2. В электронной форме подачи статьи необходимо заполнить обязательные поля: “УДК”, “Название статьи”, “И.О. Фамилия автора”, “Название организации”, “Аннотация статьи”, “Ключевые слова”. Далее все поля дублируются на английском языке.
3. Текст статьи должен быть тщательно вычитан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

### **Структура статьи**

1. УДК размещается в левом верхнем углу: полужирный шрифт, размер – 12 пт.
2. Название статьи (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ), полужирный шрифт, 14 пт, межстрочный интервал – 1.0.
3. И.О. Фамилия автора(ов), полужирный шрифт, 12 пт.
4. Название организации, 12 пт, 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 рисунков и таблиц согласно стандарту (ГОСТ 7.1-2003). Названия рисунков и таблиц дублируются на английском языке.
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. Сведения об авторе(ах) дублируются на английском языке.
16. Нумерация страниц статьи обязательна.

### **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. Главный редактор 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. Главный редактор 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 главным редактором 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(ам) мотивированный отказ.
8. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору(ам) по электронной или обычной почте.
9. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редакционным советом.
10. После принятия редакционным советом решения о допуске статьи к публикации главный редактор информирует об этом автора(ов) 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](http://www.elibrary.ru)) и электронного научно-практического журнала “Актуальные вопросы аграрной науки” (<http://agronauka.igsha.ru>).
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 редакционным советом в течение месяца.

4. Редакционный совет правомочен отправить статью на дополнительное рецензирование.

5. Редакционный совет правомочен осуществлять научное и литературное редактирование поступивших материалов, при необходимости сокращать их по согласованию с автором(ами), либо, если тематика статьи представляет интерес для журнала, направлять статью на доработку автору(ам).

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

7. В случае отклонения представленной статьи редакционный совет дает автору(ам) мотивированное заключение.

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

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



**Requirements  
to articles published in the electronic scientific and practical journal  
“Actual issues of agrarian science”**

**Conditions for publishing an article**

1. The article submitted for publication must be relevant, have novelty, contain the statement of tasks (problems), a description of the main research results obtained by the author, and conclusions.
2. Comply with the rules of registration.
3. The author can publish one article per half a year and twice a year as a co-author.

**Article formatting rules**

1. Submission of the article is carried out in electronic form through the electronic editorial office (address: <http://agronauka-irsau.ru>). After registration in the electronic editorial system, a personal profile of the author is automatically generated. Then you need to upload the article through the menu "My publications". All interactions with the editor occur through the electronic edition. To the attention of authors with co-authors: the main contact author fills out the registration form, the other authors are indicated in a special list in a separate window.
2. In the electronic form for submitting an article, it is necessary to fill in the required fields: “UDC”, “Article title”, “Author's initials and surname”, “Organization name”, “Article abstract”, “Keywords”. Further, all fields are duplicated in English.
3. The text of the article must be carefully proofread by the author, who is responsible for the scientific and theoretical level of the published material.

**Article structure**

1. UDC is placed in the upper left corner: bold, size - 12 pt.
2. Title of the article (in CAPITAL LETTERS), bold, 14 pt, line spacing – 1.0.
3. Author's initials and surname, bold, 12 pt.
4. Name of the organization, 12 pt, line spacing – 1.0.
5. The abstract of the article should reflect the main provisions of the work and contain from 200 to 250 words (font - Times New Roman, size - 12 pt, spacing - 1.0).
6. After the abstract, keywords are placed (font - Times New Roman, italics, size - 12 pt.).
7. Further: points 1, 2, 3, 4, 5, 6 are duplicated in English.
8. The main text of the article - Times New Roman font, size - 14 pt., line spacing - 1.0 pt.
9. At the end of the article there is a list of references (in alphabetical order) in Russian, drawn up in accordance with GOST 7.1-2003.
10. Next - transliteration of the entire list of references.
11. References to the literature are given in the text in square brackets.
12. Acknowledgment(s) or an indication(s) of what funds the research was carried out are given at the end of the main text after the conclusions (Times New Roman, 12 pt.).
13. Design of figures and tables according to the standard (GOST 7.1-2003). The names of figures and tables are duplicated in English.
14. A set of formulas is carried out in Microsoft Equation in version 3.0 or higher.
15. Information about the author(s): last name, first name, middle name (in full), academic degree, academic title, position, place of work (place of study or job seeker), contact numbers, e-mail, postal code and address of the institution. Information about the author(s) is duplicated in English.
16. The numbering of the pages of the article is obligatory.

**Registration of articles**

1. The received article is registered in the general list by the date of receipt.
2. The author(s) are notified by e-mail or by contact phone about the publication of the

article(s) in the corresponding issue.

3. The editor-in-chief notifies the author(s) of receipt of the article within 7 days.

### **The procedure for reviewing articles**

1. Scientific articles received by the editors are reviewed.

2. Forms of reviewing articles:

– internal (review of manuscripts of articles by members of the editorial board);

– external (direction for reviewing manuscripts of articles to leading experts in the relevant industry).

3. The editor-in-chief determines the compliance of the article with the profile of the journal, the requirements for registration and sends it for review to a specialist (doctor or candidate of sciences) who has the closest scientific specialization to the topic of the article.

4. The terms of reviewing in each individual case are determined by the editor-in-chief, taking into account the creation of conditions for the promptest publication of the article.

5. The review should cover the following issues:

– whether the content of the article corresponds to the topic stated in the title;

– how the article corresponds to modern achievements of scientific and theoretical thought;

– is the article accessible to readers for whom it is designed in terms of language, style, arrangement of material, visibility of tables, diagrams, figures, etc.;

– whether the publication of the article is appropriate, taking into account the previously published scientific literature on this issue;

– what exactly are the positive aspects, as well as the disadvantages; what corrections and additions should be made by the author;

– a conclusion about the possibility of publishing this manuscript in the journal: “recommended”, “recommended taking into account the correction of the shortcomings noted by the reviewer” or “not recommended”.

6. Reviews are certified in the manner prescribed by the institution where the reviewer works.

7. In case of rejection of the article from publication, the editors send a reasoned refusal to the author(s).

8. An article not recommended by the reviewer for publication is not accepted for re-consideration. The text of the negative review is sent to the author(s) by e-mail or regular mail.

9. The presence of a positive review is not a sufficient reason for publishing an article. The final decision on the expediency of publication is made by the editorial board.

10. After the editorial board decides on the admission of the article for publication, the editor-in-chief informs the author(s) about this and indicates the terms of publication.

11. The originals of the reviews are stored in the editorial office of the journal.

### **Order of consideration of articles**

1. By submitting an article for publication, the author thereby agrees to place its full text on the Internet on the official websites of the scientific electronic library ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) and the electronic scientific and practical journal “Actual issues of agrarian science” (<http://agronauka.igsha.ru>).

2. Articles are accepted according to the established schedule:

- in No. 1 (March) - until January 1 of the current year;

- in No. 2 (June) - until April 1 of the current year;

- in No. 3 (September) - until June 1 of the current year;

- in No. 4 (December) - until September 1 of the current year.

In exceptional cases, in agreement with the editors, the deadline for submitting an article to the next issue can be extended by no more than three weeks.

3. Received articles are considered by the editorial board within a month.

4. The editorial board is authorized to send the article for additional review.

5. The editorial board is authorized to carry out scientific and literary editing of the received materials, if necessary, reduce them in agreement with the author(s), or, if the subject of the article is of interest to the journal, send the article for revision to the author(s).

6. The editorial board reserves the right to reject an article that does not meet the established requirements for the design or subject matter of the journal.

7. In case of rejection of the submitted article, the editorial board gives the author(s) a reasoned opinion.

8. The author(s) within 7 days receive a notification about the received article. A month after the registration of the article, the editors inform the author(s) about the results of the review and about the plan for publishing the article.

Detailed information about the design of articles can be obtained by e-mail: *iydex@rambler.ru*.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
“АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АГРАРНОЙ НАУКИ”**

**Выпуск 4(49)**

**декабрь**

**Технический редактор – Н.В. Спиридонова**

**Перевод – П.Г. Асалханов**

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Дата выхода: 27.12.2023.

Усл. печ. л. 5,375.

Адрес редакции, издателя, типографии:

664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный,  
ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ.