

Электронный научно-практический журнал
ELECTRONIC SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

актуальные вопросы аграрной науки

**ACTUAL ISSUES
OF AGRARIAN SCIENCE**

**выпуск 4(53)
декабрь
VOLUME 4(53)
DECEMBER**

ISSN: 2411-6483

МОЛОДЁЖНЫЙ 2024



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

2024 Выпуск 4(53)

Electronic scientific-practical journal
“Actual issues of agrarian science”

2024 Volume 4(53)

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 10.51215/2411-6483-2024-53

Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”, 2024, выпуск 4(53), декабрь.

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

Главный редактор: Я.М. Иваньо – 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”, 2024, issue 4(53), 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 El № 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

- Болоев П.А., Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В., Гергенова Т.П.* Теоретические аспекты разработки фотонных аккумуляторов на базе солнечных преобразователей энергии 8
- Ильин П.И., Хороших О.Н.* Диагностирование эксплуатационных показателей во время и после работы машинно-тракторного агрегата 17
- Ли Р.И., Псарев Д.Н., Кололиков А.С., Лисовый И.В.* Метод расчета оптимального режима перемешивания растворов полимерных нанокомпозитов в турбинной мешалке 26
- Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Косарева А.В.* Совершенствование технологического процесса возделывания зерновых культур 36

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Деканова Н.П., Баатаржаргал Б.* Проектирование и разработка информационной системы диагностики состояний рельсовых цепей 47
- Петрова С.А., Фан Ян, Ромме А.А., Тунгускова А.С.* Моделирование изменчивости характеристик производства продовольственной продукции с динамико-стохастическими свойствами 62
- Полковская М.Н., Баймаков А.А., Замараев А.О.* Сравнительный анализ результатов многоуровневого прогнозирования по трендовым и авторегрессионным моделям 74
- Ризванов Д.А., Галеев А.Р.* Система поддержки принятия решений при оценке имущества для целей залога 85

CONTENS

MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

- Boloev P.A., Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V., Gergenova T.P.* Theoretical aspects of development of photon batteries based on solar energy converters 8
- Ilyin P.I., Khoroshikh O.N.* Diagnostics of performance indicators during and after operation of a machine-tractor unit 17
- Li R.I., Psarev D.N., Komolikhov A.S., Lisovy I.V.* Method for calculating optimum mode of polymer nanocomposites solutions in turbine mixer 26
- Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Kosareva A.V.* Improvement of the technological process of cultivation of grain crops 36

INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING, MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING

- Dekanova N.P., Baatarjargal Boldbaatar* Design and development of an information system for diagnostics of rail circuit conditions 47
- Petrova S.A., Yan Fan, Romme A.A., Tunguskova A.S.* Characteristics with dynamic-stochastic properties and modeling of their variability 62
- Polkovskaya M.N., Baymakov A.A., Zamaraev A.O.* Comparative analysis of the results of multilevel forecasting using trend and autoregressive models 74
- Rizvanov D.A., Galeev A.R.* Decision support system for property valuation for collateral purposes 85



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

DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-8-16
УДК 621.355.5

Научная статья

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ФОТОННЫХ
АККУМУЛЯТОРОВ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ЭНЕРГИИ**

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

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

²Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические аспекты перспектив разработки фотонных аккумуляторов на основе нанотехнологий. Нами предлагается использование наноматериалов для солнечных батарей в качестве зарядного устройства с целью резкого сокращения времени зарядки и совершенствования аккумуляторных батарей для автотракторной техники – электромобилей. Исследования направлены на замену жидких электролитов, подверженных испарению, и предназначены к внедрению в сенсibilизированные солнечные элементы органических твердотельных электролитов – материалов. В сенсibilизированных солнечных элементах осуществляется транспортировка носителей, включающих узкий слой диоксида титана, нанесенного на подложку с проводящим слоем, на котором находится дополнительный, уплотненный блокирующий слой диоксида титана. Фотоанод имеет меньшую толщину с хорошим заполнением пор транспорта раствором полимера, где можно выявить нужную диффузионную длину носителей. Перспективным направлением является использование полипиридиновых комплексов кобальта. Активным катализатором для восстановления формы кобальта является углерод и проводящие полимеры на основе производных политиофена. Блокирующий слой исключает непосредственный контакт между проводящими слоями, что также направлено на уменьшение рекомбинации на поверхности. Процесс преобразования солнечного (или любого источника) света в электрическую энергию более эффективен при условии высокого показателя значения эффективности сбора. В качестве электрода фотоэлектрохимического преобразователя предлагается использовать оксид цинка *n*-типа мезопористого нанокристаллического диоксида титана. В результате поглощения света S_i переходит в возбужденное электронное состояние S^* , при этом он может инжектировать электрон в зону проводимости полупроводника. Значение удельного переходного сопротивления омических контактов уменьшается с увеличением работы выхода электрона использованных металлов.

Ключевые слова: фотонные аккумуляторы, нанотехнологии, алкильные батареи, диоксид титана, кобальт.

Для цитирования: Болоев П.А., Бодякина Т.В., Елтошкина Е.В., Гергенова Т.П. Теоретические аспекты разработки фотонных аккумуляторов на базе солнечных преобразователей энергии. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):8-16. DOI: 10.51215/2411-6483-2024-53-8-16.

THEORETICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF PHOTON BATTERIES BASED ON SOLAR ENERGY CONVERTERS

¹Petr A. Boloev, ²Tatyana V. Bodyakina, ²Evgenia V. Eltoshkina, ¹Tatyana P. Gergenova

¹Buryat State University named after V.I. Dorji Banzarova,
Ulan-Ude, Russia

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

Abstract. The article considers theoretical aspects of prospects for development of photonic batteries based on nanotechnology. We propose using nanomaterials for solar batteries as a charger in order to significantly reduce the charging time and improve batteries for automotive equipment – electric vehicles. The studies are aimed at replacing liquid electrolytes subject to evaporation and introducing organic solid-state electrolytes – materials – into sensitized solar cells (SSC). In SSC, hole transport of carriers is carried out, including a thin layer of mesoporous titanium dioxide deposited on a substrate with a conductive layer, where there is an additional dense blocking layer of titanium dioxide. The photoanode has a smaller thickness with good filling of the transport pores with a polymer solution, where the desired diffusion length of carriers can be determined. A promising direction is the use of polypyridine complexes of cobalt. The active catalyst for the restoration of the cobalt form is carbon and conducting polymers based on polythiophene derivatives. The blocking layer eliminates direct contact between the conducting layers, which is also aimed at reducing recombination on the surface. The process of converting solar (or any source) light into electrical energy is more efficient provided that the collection efficiency value is high. It is proposed to use *n*-type zinc oxide of mesoporous nanocrystalline titanium dioxide as an electrode of the photoelectrochemical converter. As a result of light absorption, S_i passes into the excited electronic state S^* , and it can inject an electron into the conduction band of the semiconductor. The value of the specific transition resistance of ohmic contacts decreases with an increase in the electron work function of the metals used.

Keywords: photonic batteries, nanotechnology, alkyl batteries, titanium dioxide, cobalt.

For citation: Boloev P.A., Bodyakina T.V., Eltoshkina E.V., Gergenova T.P. Theoretical aspects of development of photon batteries based on solar energy converters. *Electronic scientific-practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4(53):8-16. DOI: 10.51215/2411-6483-2024-53-8-16.

Зарядка аккумуляторных батарей занимает весьма продолжительное время (от 30 минут до 20 часов). Фотонные аккумуляторы – аккумуляторы на основе солнечных элементов широкозонных полупроводников наноматериалов – диоксид титана. Из литературных источников известно, что это время можно значительно сократить (до 3 минут) при разработке и использовании фотонных аккумуляторов на базе нанотехнологий. Нами предлагается использование наноматериалов для солнечных батарей в качестве зарядного устройства с целью резкого сокращения времени зарядки и совершенствования аккумуляторных батарей, в частности, для автотракторной техники – электромобилей [1, 2].

В качестве элементов электрода фотоэлектрохимического преобразователя (ФЭХП) применяется напыление оксида цинка *n*-типа мезопористого диоксида титана. Пленка образованная мезопористым диоксидом титана имеет гораздо более улучшенную поверхность по сравнению с гладкой поверхностью (\approx в 1000 раз больше), поэтому она более способна адсорбировать молекулы (заштрихованная область представленного рисунка согласно [4] указывает на предельную интенсивность излучения). Отличия элементов кремневого состава проявляются в разделении фотогенерированных солнечных элементов, которые находятся на границе полупроводника, при этом перенос электрона происходит в глубине полупроводника.

Цель работы – исследование разработок фотонных аккумуляторов на базе солнечных преобразователей энергии для улучшения их работы.

Материалы и методики исследования. В результате поглощения света S_i сенсibilизированные солнечные элементы (ССЭ) переходят в наэлектризованное электронное состояние S^* . При этом наблюдается инжектирование электрона в зоне проводимости используемого полупроводника. В окисленное состояние электрон переходит после передачи полупроводнику, и может быть воспроизведен в результате захвата от донора электронов в виде редокс-пары (медиатор).

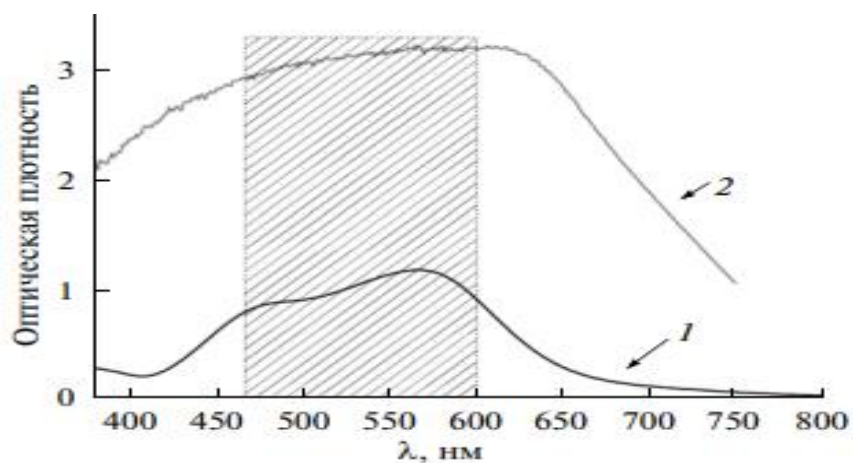


Рисунок – Электронные спектры соединения [4]:

кривая 1 соответствует спектру раствора в метаноле, кривая 2 соответствует спектру фотоанода из оксида титана с нанесенным сенсibilизатором

Figure – Electronic spectra of the compound [4]:

curve 1 corresponds to the spectrum of a solution in methanol;
curve 2 corresponds to the spectrum of a titanium oxide photoanode coated with a sensitizer

Электронные зоны проводимости полупроводника собираются на электроде (проводящее покрытие из SnO_2 , допированного Zn_2O_3 (ИТО)), далее проходят через внешнюю цепь и поступают на противоположный электрод, где принимают участие в обратной реакции восстановления окисленного компонента медиатора.

Диоксид титана осаждается в вакууме на основу углеродных материалов или другими способами. В качестве методики исследования применяется замещение используемых жидких испаряемых электролитов наноматериалами, и внедрение в ССЭ органических твердотельных материалов.

Максимальное значение эффективности может быть достигнуто при выполнении следующих условий: каждый поглощенный квант света вызывает фотовозбужденные молекулы ($S \rightarrow S^*$), ее окисление ($S^* \rightarrow S^+$) с инжекцией электрона в зону проводимости полупроводника и последующее восстановление ($S^+ \rightarrow S$) за счет редокс-пары.

Наибольшее распространение в качестве фотоанода ССЭ получил диоксид титана – нетоксичный, биосовместимый, недорогой и широко распространенный в природе материал. TiO_2 является широкозонным полупроводником *n*-го типа. Эффективность работы фотоанода в значительной степени определяется пористостью и шероховатостью поверхности [3, 5, 9].

Редокс – “электролит или медиатор является компонентом ССЭ и его характеристики влияют на эффективность устройства в целом”. Они бывают трех категорий: жидкие, полимерные или электролиты с неорганическим наполнителем (TiO_2). Функция редокс-системы представляется переносом электронов от электрода к окисленному красителю [4].

Наиболее применяемыми и эффективными оказываются жидкие электролиты на редокс-паре иодид/триодид I^-/I_3^- .

Перспективным направлением является использование полипиридиновых комплексов кобальта, лишенных предыдущих недостатков (коррозия металлических коллекторов тока, дорогостоящие платиновые катоды – катализаторы). Активным катализатором восстановленной окисленной формы кобальта является углерод (графен) и проводящие полимеры на основе производных политиофена.

Результаты исследований. В ССЭ осуществляется транспортировка носителей, включающих узкий слой диоксида титана, нанесенного на подложку с проводящим слоем TiO_2 , на котором находится дополнительный, уплотненный блокирующий слой диоксида титана. При этом фотоанод имеет меньшую толщину с хорошим заполнением пор раствором полимера. Блокирующий слой исключает непосредственный контакт между проводящим слоем *ITO* и *НТМ*, что также направлено на уменьшение рекомбинации на поверхности.

Поскольку одной из ключевых проблем является заполнение пор раствором *НТМ*, то естественным при создании твердотельных ССЭ представляется подход с использованием фотоанодов на основе различных одномерных форм диоксида титана – нанотрубки, наностержни, нановолокна и т.п. В работе [11] для изготовления фотоанода «методом анодирования металлического титана на стеклянной подложке со слоем фторированного диоксида олова были систематизированы высокоупорядоченные вертикально ориентированные нанотрубки диоксида титана». Диаметр

отверстий в нанотрубках составлял порядка 40-50 нм, толщина стенок была примерно аналогичной, верхняя поверхность трубок была плоской (хороший контакт с электролитом и противоэлектродом).

Работы по новым твердотельным электролитом в настоящее время находятся в стадии исследований по проблеме заполнения пор органическим раствором полимерного электролита [10]

Краситель или сенсibilизатор применяется в качестве поглотителя солнечного света, который можно при этом жестко “закрепить” на пористой планке полупроводника. Интегральный параметр эффективности сбора солнечного света зависит от различных характеристик красителя, коэффициента поглощения, а также от ширины полосы поглощения волны для сенсibilизированной пленки TiO_2 описываемой уравнением:

$$\lambda = 1 - 10^{-A(2)}.$$

Процесс преобразования солнечного света является более эффективным при условии высокого значения показателя эффективности сбора λ .

Металлоорганические и органические красители некоторые из наиболее часто используемых красителей на основе комплексов рутения производится промышленностью (*N3*, *N719*, *Z907*). Данные соединения имеют хорошую эффективность при работе в ССЭ с жидким электролитом типа иодид/триодид. Преимущества органических красителей по сравнению с рутениевыми комплексами состоит в том, что процедура их синтеза более проста, характеризуются более высокими коэффициентами экстинции с токопленочными ССЭ. Толщина солнечных (фотонных) элементов также существенна для ячеек с твердотельными электролитами. Недостаток органических красителей – более узкая полоса поглощения по сравнению с комплексами рутения.

Полипиридиновые комплексы рутения (II) химически более стабильны, и легко принимают и отдают электрон, при этом обладают окислительно-восстановительным потенциалом, который можно варьировать.

В применяемых сенсibilизаторах на основе координационных комплексов рутения одним из используемых лигандов является 1,10 – фенантропин и его производные со значительным коэффициентом молярного поглощения в указанном диапазоне длин волн, а величина окислительно-восстановительного потенциала отвечает необходимым функциональным значениям для ФЭХП [7].

Одним из перспективных направлений является в ССЭ использование органических донорно - π - акценторных (*D- π -A*) содержащий донор (*D*) и акцентр электронов (*A*) и, соединяющий эти два фрагмента, π - мостик. В молекуле такого красителя верхняя занятая молекулярная орбиталь расположена на доноре, а нижняя свободная находится на акценторе, что делает возможным перенос заряда с донора на акцентор при фотовозбуждении молекулы. В работе [12] были исследованы два подобных органических сенсibilизатора с разными алкильными заместителями (*p-N*,

N- диметиланилин и *O*,*p* – дибутоксифенил), работающими совместно с медиатором на основе кобальта. Кроме того, выявлено, что использование более длинных алкильных фрагментов в молекуле красителя является эффективным подходом для замедления поверхностной рекомбинации, что положительно сказывается на эффективности ССЭ.

Смешанные органо-неорганические перовскиты ($CaTiO_3$) обладают редкими физико-химическими свойствами, такие как сверхпроводимость, транспортность и др. Тригалогеноп्लомбаты (II) метиламмония применяют как поглощающие свет вещества в мезопористых солнечных (оптических) элементах, поскольку имеют широкую полосу поглощения в видимой области и большое сечение захвата квантов света. В широких пределах варьируют свойства органо-неорганических перовскитов в зависимости от используемых размеров иона металла и органического катиона. В работе [13] “широкозонный полупроводник TiO_2 ” был заменен на “диэлектрик Al_2O_3 ” для формирования мезопористой структурированной солнечной батареи. Слой перовскита служит остовом для заполнения оксидом алюминия. При исследовании установлено, что транспорт носителей заряда происходит в слое диоксида титана. Отмечается, что гибридный перовскит имеет более подходящие спектральные характеристики видимой и ближней ИК-области по сравнению со своим неорганическим аналогом. Интересно, что заложенный слой перовскита выполняет двойную функцию представленную в виде поглощающего материала и полупроводника *n*-типа для транспорта электрозаряда во внешнюю цепь.

Функциональные слои являются твердотельными (нанопористый *n*- $TiO_2/Se/p-CuSCN$ и др.) – монослой органического красителя на поверхности наноструктурированного материала *n*-типа заменен на тонкий слой полупроводника (150-250 Нм), а электролит – на полупроводник *p*- типа. Согласно существующим представлениям, перенос носителей заряда в TiO_2 осуществляется посредством диффузии [8].

В работе [6] исследовано влияние удельного переходного сопротивления омических контактов на основе *In, Cu, Au, Ni* к слою $CuSCN$ на характеристики основы $SnO_2:F/TiO_2/In_2S_3/In_xPb_{1-x}S_3 / CuSCN$, где значение удельного переходного сопротивления омических контактов уменьшается с увеличением работы выхода электрона использованных металлов.

Выводы. Перспективным направлением является использование полипиридиновых комплексов кобальта в фотонных аккумуляторах.

Исследования разработок фотонных аккумуляторов на базе солнечных преобразователей энергии показали, что через слой перовскита транспорт носителей электрозаряда происходит в прослойке диоксида титана.

Гибридный перовскит имеет более подходящие спектральные характеристики по сравнению со своим неорганическим аналогом.

Выявлено, что значение удельного переходного сопротивления омических контактов уменьшается с увеличением работы выхода электрона

ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ.

Список литературы

1. Бодякина, Т.В. Анализ технологий преобразования возобновляемых источников энергии в моторное топливо / Т.В. Бодякина, П.А. Болоев, Т.П. Гергенова // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 5. – С. 3-6. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-5-3-6. – EDN YMZCGA.
2. Бодякина, Т.В. Бортовая диагностика системы впрыска дизельных двигателей / Т.В. Бодякина, Е.В. Елтошкина, П.А. Болоев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 49. – С. 8-16. – DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16. – EDN KOSRLQ.
3. Гидротермальный синтез и каталитические свойства суперкислотного сульфатированного диоксида титана / Л.Л. Юркова, В.К. Иванов, А.С. Лермонтов [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2010. – Т. 55, № 5. – С. 713-717. – EDN MAXLMV.
4. Нижниковский, Е.А. Перспективы создания солнечных батарей на основе цветосенсибилизированных и перовскитных наноматериалов / Е.А. Нижниковский // Естественные и технические науки. – 2022. – № 7(170). – С. 35-44. – DOI 10.25633/ETN.2022.07.01. – EDN CVKJAE.
5. Механизм и кинетика формирования диоксида титана в гидротермальных условиях / Ф.Ю. Шариков, В.К. Иванов, Ю.В. Шариков, Ю.Д. Третьяков // Журнал неорганической химии. – 2006. – Т. 51, № 12. – С. 1957-1962. – EDN HYJSAL.
6. Пути повышения эффективности солнечных элементов с экстремально тонкими поглощающими слоями / С.А. Гаврилов, А.А. Дронов, В.И. Шевяков [и др.] // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т. 4, № 3-4. – С. 123-129. – EDN KASSMV.
7. Синтез и фотоэлектрохимические свойства циклометаллированного комплекса рутения (II) / С.А. Курзеев, А.В. Медведько, В.А. Гринберг [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2014. – Т. 59, № 7. – С. 866. – DOI 10.7868/S0044457X14070150. – EDN SFAITJ.
8. Фаренбрух, А.Л., Бьюб, Р.Х. Солнечные элементы: теория и эксперимент. Пер. с англ. П. Гавриловой, А.С. Даревского; под ред. М.М. Колтуна. – М.: Энергоатмиздат, 1987. – 277 с.
9. Шариков, Ф.Ю. Исследование процесса формирования ультрадисперсных порошков ZnO в гидротермальных условиях методом калориметрии Кальве / Ф.Ю. Шариков, В.К. Иванов, Ю.Д. Третьяков // Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 410, № 6. – С. 771-774. – EDN HVVXYR.
10. Brian O'Regan, Frank Lenzmann, Ruud Muis and Jeannette Wienke. A Solid-State Dye-Sensitized Solar Cell Fabricated with Pressure-Treated P25-TiO₂ and CuSCN: Analysis of Pore Filling and IV Characteristics. *Chemistry of Materials* 2002, 14 (12), 5023-5029. <https://doi.org/10.1021/cm020572d>.
11. Chen P., Brilliet J., Bala H., Wang P., Zakkeruddin S.M., Gratzel M., *J. Mater. Chem.*, 2009. vol.19. pp. 5325.
12. Feldt S.M., Gibson E. A., Gabrielsson E., Sun L., Boshloo G., Hagfeldt A. Design of organic dyes and cobalt polypyridine redox mediators for high-efficiency dye-sensitized solar cells// *Journal of the American Chemical Society*, 2010, vol. 132 (46), pp. 16714-16724.
13. Lee M.M., Tomscher J., Miyasaka Ts., Murakami T.H., Snaith H.J. Efficient hybrid solar cells based on meso-super structured organometal halide perovskites// *Science*. 2012, vol. 338, p. 643, doi: 10.1126/science.1228604.

References

1. Bodyakina, T.V. et all. Analiz texnologij preobrazovaniya vozobnovlyaemy`x istochnikov e`nergii v motornoe toplivo [Analysis of technologies for converting renewable energy sources into motor fuel]. *Traktory` i sel`xozmashiny`*, 2019, no. 5, pp. 3-6, DOI 10.31992/0321-4443-2019-5-3-6. – EDN YMZCGA.

2. Bodyakina, T.V. et all. Bortovaya diagnostika sistemy` vpry`ska dizel`ny`x dvigatelej [On-board diagnostics of diesel engine injection systems]. Aktual`ny`e voprosy` agrarnoj nauki, 2023, no. 49, pp. 8-16, DOI 10.51215/2411-6483-2023-49-8-16. – EDN KOSRLQ.

3. Yurkova, L.L. et all. Gidrotermal`ny`j sintez i kataliticheskie svojstva superkislotnogo sul`fatirovannogo dioksida titana [Hydrothermal synthesis and catalytic properties of superacid sulfated titanium dioxide]. Zhurnal neorganicheskoy khimii, 2010, vol. 55, no. 5, pp. 713-717. – EDN MAXLMV.

4. Nizhnikovskij, E.A. Perspektivy sozdaniya solnechnyh batarej na osnove cvetosensibilizirovannyh i perovskitnyh nanomaterialov [Prospects for the creation of solar cells based on color-sensitized and perovskite nanomaterials]. Estestvennye i tekhnicheskie nauki, 2022, no. 7(170), pp. 35-44, DOI 10.25633/ETN.2022.07.01. – EDN CVKJAE.

5. Sharikov, F.Yu. et all. Mexanizm i kinetika formirovaniya dioksida titana v gidrotermal`ny`x usloviyax [Mechanism and kinetics of titanium dioxide formation under hydrothermal conditions]. Zhurnal neorganicheskoy khimii, 2006, vol. 51, no. 12, pp. 1957-1962. – EDN HYJSAL.

6. Gavrilov, S.A. et all. Puti povu`sheniya e`ffektivnosti solnechny`x e`lementov s e`kstremaal`no tonkimi pogloshhayushhimi sloyami [Ways to improve the efficiency of solar cells with extremely thin absorber layers]. Rossijskie nanotexnologii, 2009, vol. 4, no. 3-4, pp. 123-129. – EDN KASSMV.

7. Kurzeev, S.A. et all. Sintez i fotoe`lektroximicheskie svojstva ciklometallirovannogo kompleksa ruteniya (II) [Synthesis and photoelectrochemical properties of cyclometallated ruthenium complex (II)]. Zhurnal neorganicheskoy khimii, 2014, vol. 59, no. 7, 866 p, DOI 10.7868/S0044457X14070150. – EDN SFAITJ.

8. Farenbrux, A.L., B`yub, R.X. Solnechny`e e`lementy`: teoriya i e`ksperiment [Solar cells: theory and experiment]. Moscow: E`nergoatmizdat, 1987, 277 p.

9. Sharikov, F.Yu. et all. Issledovanie processa formirovaniya ul`tradispersny`x poroshkov ZnO v gidrotermal`ny`x usloviyax metodom kalorimetrii Kal`ve [Study of the formation process of ultra-dispersed ZnO powders under hydrothermal conditions using the Calvet calorimetry method]. Doklady` Akademii nauk, 2006, vol. 410, no. 6, pp. 771-774. – EDN HVWXYR.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие 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: 26.11 2024

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 18.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

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. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3940-1296>

Бодякина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования ИЭУПИ. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел. 89148781789, e-mail: Bodt1981@yandex.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4328-5232>.

Елтошкина Евгения Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математики. Иркутский государственный аграрный университет 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>.

Гергенова Татьяна Петровна – старший преподаватель кафедры инновационных технологий и наукоемких отраслей. Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова

Контактная информация: ФГБОУ ВО Бурятский ГУ, 670000, Россия, Республика Бурятия, Улан-Удэ, тел. 89500801880, e-mail: lemex74@mail.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-5926-3755>.

Information about the authors:

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. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3940-1296>

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: Bodt1981@yandex.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>.

Tatyana P. Gergenova - Senior Lecturer, 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: lemex74@mail.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-5926-3755>.



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-17-25

УДК 629.114.2

Научная статья

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ РАБОТЫ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

П.И. Ильин, О.Н. Хороших

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

Аннотация. Повышая качество выпускаемой продукции, отечественная промышленность разработала и внедрила в производство комплекс конструктивных и технологических мероприятий, направленных на дальнейшее повышение надёжности и долговечности сельскохозяйственной техники. В результате значительно увеличился срок службы машин и их узлов.

К настоящему времени накоплен значительный опыт по безразборным методам проверки технического состояния машин. Разработано и изготовлено много диагностических приборов и приспособлений, но применение их в практике эксплуатации ограничено. Это объясняется в основном сложностью их устройства, не универсальностью, дороговизной, не подготовленностью обслуживающего персонала.

Мероприятия, направленные на уменьшение простоев машинно-тракторных агрегатов (МТА) и повышение их работоспособности, имеют большое значение. Важное место в комплексе мероприятий, направленных на поддержание МТА в исправном состоянии, принадлежит технической диагностике. Она является важнейшим направлением научно-технического прогресса в области эксплуатации, обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка в агропромышленном комплексе. При применении безразборных методов и средств определения технического состояния машин по сравнению с разборными почти вдвое сокращаются затраты труда и значительно экономится время на техническое обслуживание, уменьшается трудоемкость выявления и устранения неисправностей. Особенно ощутимо значение диагностики МТА в напряжённые периоды полевых работ.

В процессе эксплуатации наблюдаются большие простои МТА по техническим неисправностям. Кроме того, не полностью используются его энергетические возможности. Даже в напряжённые периоды полевых работ простаивают около 15% МТА. Из всего времени смены на полезную работу используется только 5 часов. Хозяйства несут от такой эксплуатации большие убытки.

Ключевые слова: диагностика, машина, затраты труда, классификация, машинно-тракторный агрегат.

Для цитирования: Ильин П.И., Хороших О.Н. Диагностирование эксплуатационных показателей во время и после работы машинно-тракторного агрегата. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):17-25. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-17-25.

DIAGNOSTICS OF PERFORMANCE INDICATORS DURING AND AFTER OPERATION OF A MACHINE-TRACTOR UNIT

Peter I. Ilyin, Olga N. Khoroshikh

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

Abstract. Increasing the quality of products, the domestic industry has developed and implemented a set of design and technological measures aimed at further increasing the reliability and durability of agricultural machinery. As a result, the service life of machines and their components has significantly increased.

To date, considerable experience has been accumulated in in-place methods for checking the technical condition of machines. Many diagnostic instruments and devices have been developed and manufactured, but their use in operational practice is limited. This is mainly explained by the complexity of their design, lack of versatility, high cost, and lack of preparedness of the operating personnel.

Measures aimed at reducing MTU downtime and increasing their performance are of great importance. An important place in the complex of measures aimed at maintaining the MTU in good condition belongs to technical diagnostics. It is the most important area of scientific and technological progress in the field of operation, maintenance and repair of machine and tractor fleet (MTU) in the agro-industrial complex. When using in-place methods and means for determining the technical condition of machines, compared to disassembled ones, labor costs are almost halved and time for maintenance is significantly saved, and troubleshooting is made easier. The importance of MTU diagnostics is especially noticeable during intense periods of field work.

During operation, MTUs experience significant downtime due to technical faults. In addition, their energy capabilities are not fully utilized. Even during intense periods of field work, about 15% of MTUs are idle. Of the entire shift time, only 5 hours are used for useful work. Farms suffer large losses from such operation.

Keywords: diagnostics, machine, labor costs, classification, machine-tractor unit.

For citation: Ilyin P.I., Khoroshikh O.N. Diagnostics of operational indicators during and after operation of a machine-tractor unit. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4(53):17-25. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-17-25.

Введение. Высокопроизводительная работа машин способствует сокращению сроков проведения работ, снижению затрат и повышению устойчивости развития сельскохозяйственных культур. При правильной эксплуатации и хорошем обслуживании машинно-тракторные агрегаты могут работать длительное время без существенных ухудшений основных эксплуатационных показателей.

Однако в практике эксплуатации срок работы машин и их узлов значительно меньше гарантированного заводом-изготовителем. Основные причины недолговечности – преждевременные необоснованные разборки и недостаточный уровень культуры эксплуатации МТА в реальных условиях производства продукции в хозяйствах.

Целью работы является описание контроля технического состояния МТА на всех этапах, от сборки до эксплуатации.

Методы исследования. В различных производственных ситуациях диагностика машин может быть разной. Разной будет и система диагностики [4, 5]. Однако структурная схема и существующие классификации в полной мере не предусматривают все аспекты диагностики, в частности, время, необходимость и возможность её проведения. Поэтому в дополнение к существующим классификациям предлагается в общем виде различать следующие виды диагностики:

- заводскую технологическую;
- ремонтную;
- эксплуатационную и специальную диагностику.

Заводская технологическая диагностика предназначена для определения технического состояния деталей, узлов и механизмов машины во время её изготовления, сборки и заводских испытаний.

Ремонтная диагностика может быть подразделена на предремонтную, ремонтно-технологическую и послеремонтную. Задача предремонтной диагностики заключается в том, чтобы определить техническое состояние машины с целью выявления объёма ремонтных работ. При ремонтно-технологической диагностике контроль отдельных деталей, узлов и механизмов машины должен проводиться во время их ремонта, сборки, обкатке и испытаниях. Послеремонтную диагностику нужно проводить с целью определения качества ремонта машины.

Эксплуатационная диагностика может проводиться в период полевых и плановых работ станций технического обслуживания (СТО). При этом в период полевых работ диагностика может проводиться перед, во время и после окончания полевых работ, а также при появлении неисправностей. Проведение диагностики каждого машинно-тракторного агрегата (МТА) до начала полевых работ даёт возможность выявить его техническую готовность для выполнения заданного объёма работ. Основное внимание при этом должно уделяться общему техническому состоянию МТА, характеризующие способность его выполнять свои функции.

Основные результаты. Диагностика МТА во время его работы чаще всего вызывается необходимостью контроля основных эксплуатационных показателей, например, при нарушении технологического процесса и его качества. О состоянии машин агрегата можно судить по производительности и качественным показателям технологического процесса.

Диагностику МТА после работы следует проводить тогда, когда нужно решить вопрос о необходимости ремонта или технического обслуживания (ТО). В большинстве случаев для этой диагностики достаточно проанализировать работу МТА (наработка, условия работы, загрузка, эксплуатационные показатели, замечания тракториста и т.п.). На основании этого анализа решаются вопросы о дальнейшей работе МТА.

В практики эксплуатации довольно часто МТА простаивают по техническим неисправностям. При этом не всегда неисправность проявляется открыто и обнаруживается визуально. Чаще всего неисправность неявная. Диагностика неисправностей и их устранения – важный резерв сокращения простоев МТА при их эксплуатации [1, 9].

Согласно структурной схеме диагноза МТА (рис. 1) и предложенной классификации эксплуатационных показателей следует диагностировать не только перед работой, но также и во время, и после неё. Диагностирование МТА во время работы возможно двумя вариантами. Один из них предусматривает временное подключение измерительной аппаратуры на период проверки. При этом необходимо знать закономерность изменения этого выходного контролируемого прогнозируемого параметра.

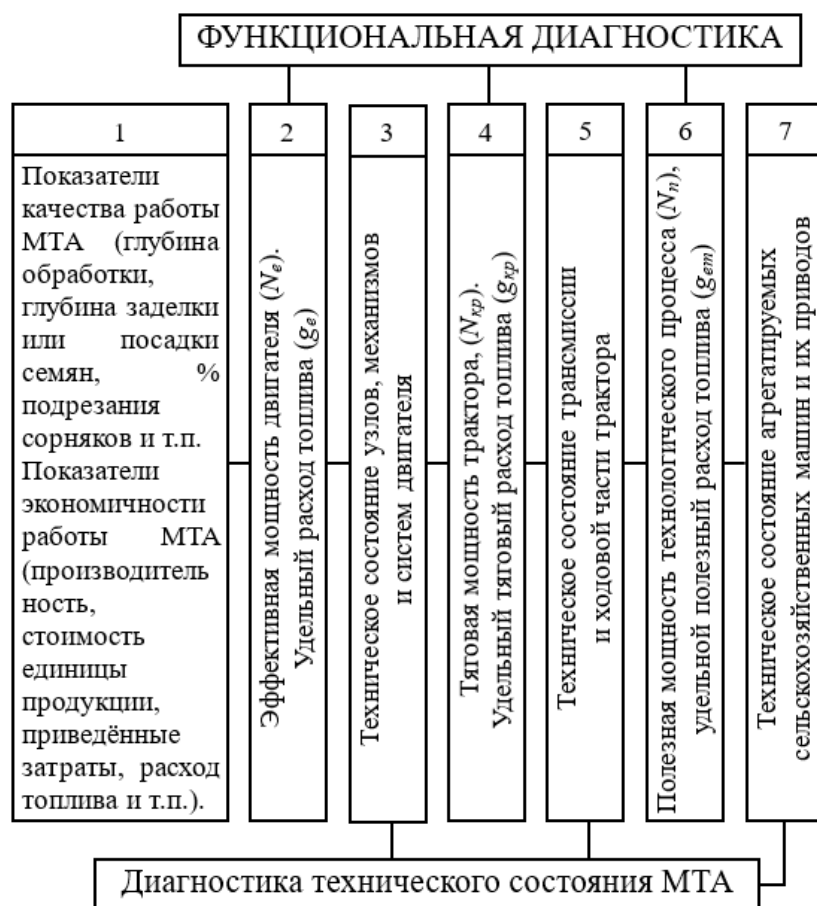


Рисунок 1 – Структурная схема диагностики функционирования МТА

Figure 1 – Block diagram of diagnostics of MTA functioning

Этот параметр можно получить на основе длительных статистических наблюдений за работой однотипных агрегатов и изменением их выходных параметров. Схематично изменение контролируемого параметра во времени показано на рис. 2 [2, 3].

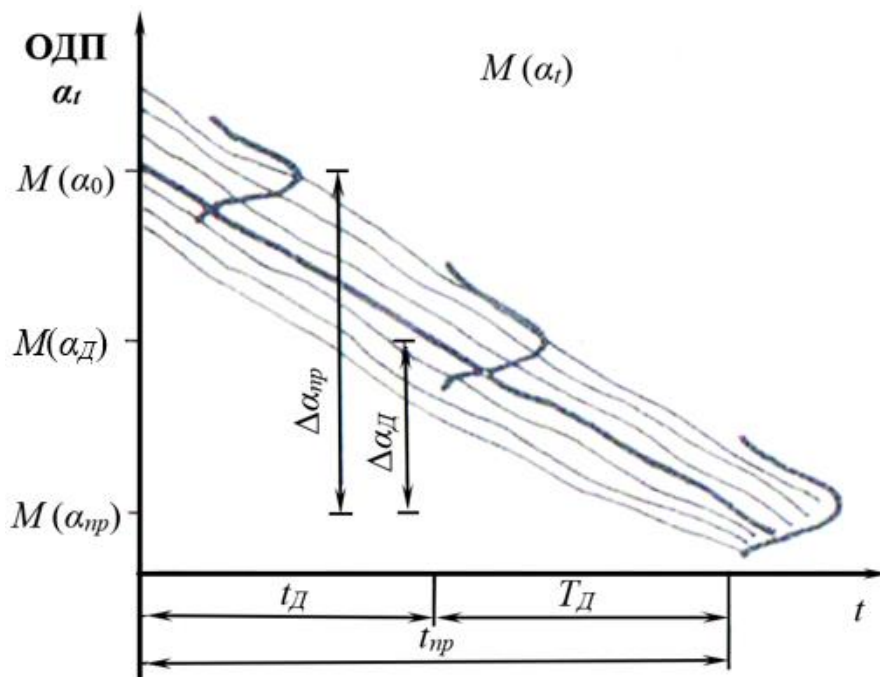


Рисунок 2 – К обоснованию необходимости постоянного контроля диагностическим параметрам:

$M(\alpha_0)$, $M(\alpha_{pr})$, $M(\alpha_D)$ – математические ожидания соответственно разброса начальных значений параметров, предельных и периодичности диагностирования;
 $M(\alpha_t)$ – математическое ожидание функций, характеризующих изменение во времени контролируемого параметра; t_D , T_D , t_{pr} – время работы соответственно до первого диагностирования, между двумя диагностированиями и предельное до отказа;
 $\Delta\alpha_{pr}$, $\Delta\alpha_D$ – запас надёжности и соответственно общий и между диагностическими процедурами.

Figure 2 – To justify the need for constant monitoring diagnostic parameters:

$M(\alpha_0)$, $M(\alpha_{pr})$, $M(\alpha_D)$ – mathematical expectations, respectively, of the spread of initial values of parameters, limit values and frequency of diagnosis; $M(\alpha_t)$ – mathematical expectation of functions characterizing the change in time of the controlled parameter; t_D , T_D , t_{pr} – operating time, respectively, before the first diagnosis, between two diagnoses and the maximum before failure; $\Delta\alpha_{pr}$, $\Delta\alpha_D$ – reliability margin and, accordingly, general and between diagnostic procedures.

Период диагностирования и технического обслуживания определяется скоростью изменения параметров во времени:

$$V_\alpha = \frac{M(\alpha_0) - M(\alpha_t)}{t}, \quad (1)$$

где α_t – случайная величина, чаще всего описываемая для начального момента времени нормальным законом распределения.

$$\psi(\alpha_t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{((\alpha_t) - [M(\alpha_0 - V_\alpha(t)])]^2}{2\sigma^2}}. \quad (2)$$

В данном случае плотность распределения $\psi(\alpha_t)$ характеризует выход случайной величины α_t за допуски $M(\alpha_{t_{пр}})$. Этому способу контроля

присущи такие же недостатки, какие имеются при определении вероятности безотказной работы по среднестатистическим данным [8].

Удобнее и надёжнее осуществлять контроль за выходными параметром по показанию измерительного прибора, постоянно следящего за изменением эксплуатационного показателя. В случае резких отклонений этого параметра за допустимые пределы необходимы диагностика и поиск неисправностей. В таких случаях система ТО и диагностика максимального упростятся. Уход за МТА будет необходим для проведения обязательных операций, а периодичность диагностирования и ТО по потребности определится по результатам постоянного контроля за выходным диагностируемым параметром (эксплуатационным показателем). Непрерывный контроль эксплуатационных показателей позволит в будущем ввести их в автоматизированную систему управления (АСУ) хозяйства и проще решать вопросы периодичности и потребности диагностирования МТА [10, 11].

Техническая диагностика после окончания полевых работ должна проводиться с целью определения вида ремонта или технического ухода и возможности постановки машин на хранение. Диагностика этого вида в основном сводится к анализу сведений о работе машины [6, 7].

На основании анализа даётся предварительное заключение о техническом состоянии машины, глубине диагностирования и необходимости ремонта. К основным анализируемым показателям относятся:

- вид и дата последнего ремонта или ТО;
- данные о замене деталей и узлов машины во время последнего ремонта или ТО;
- виды, объём и качество выполненной работы;
- количество отработанных часов с начала эксплуатации и за проверяемый период времени;
- расход горючее-смазочных и эксплуатационных материалов;
- условия работы МТА;
- информация механизатора о работе МТА, возникающих неисправностях, их симптомах и показания контрольно-измерительных приборов, смонтированных на машине;
- время пуска двигателя;
- маневренность и способность МТА преодолевать временные перегрузки и т.п.

Выводы. Полученная информация о диагностируемых параметрах, даёт возможность определить приближённо степень изношенности узлов МТА и наметить мероприятия по их обслуживанию.

В общем случае, если диагностируемые параметры находятся в допустимых пределах, то машину следует поставить на хранение, предварительно проведя её техническое обслуживание в соответствии с

техническими указаниями. Если диагностируемые параметры имеют существенные отклонения, то следует провести предремонтную техническую диагностику с целью определения степени изношенности машины и выявления объёма ремонта или обслуживания.

Список литературы

1. Аносова, А.И. Функциональная диагностика двигателей внутреннего сгорания / А.И. Аносова, П.И. Ильин, С.Н. Шуханов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 58. – С. 10-13.
2. Болоев, П.А. Влияние условий эксплуатации на динамику работы двигателя / П.А. Болоев, Т.П. Гергенова, А.И. Аносова, П.И. Ильин // 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 ГАУ, 2022. – С. 11-15.
3. Гусев, А.А. К обоснованию технического сервиса машинно-тракторного парка крестьянско-фермерских хозяйств / А.А. Гусев, М.К. Бураев, А.В. Шистеев // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 8(119). – С. 110-114.
4. Елтошкина, Е.В. Обеспечение работоспособности и отказоустойчивости машин резервированием сменных элементов / Е.В. Елтошкина, М.К. Бураев, Т.В. Бодякина // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 6. – С. 54-57. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-6-54-57. – EDN WVFNGW.
5. Ильин, П.И. Определение оптимальной частоты вращения коленчатого вала при диагностировании / П.И. Ильин // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2018. – № 28. – С. 5-14. – EDN RBMUFV.
6. Ильин, П.И. Диагностирование карбюраторного двигателя по моменту сопротивления прокручиванию коленчатого вала: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ильин Петр Иванович. – Иркутск, 2002. – 171 с.
7. Шистеев, А.В. Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6(128). – С. 120-123.
8. Шистеев, А.В. Восстановление работоспособности импортной сельскохозяйственной техники с использованием сменно-обменных элементов / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 3(102). – С. 35-40. – EDN TMVCVJ.
9. Метод уточнения потребности запасных частей при техническом сервисе машин / А.И. Аносова, М.К. Бураев, С.Ю. Луговнин, А.В. Шистеев // Engineering Studies. – 2018. – Т. 10, № 3-2. – С. 646-652. – EDN AUWFOO.
10. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture / M. Buraev, P. Ilyin, S. Ilyin [et al.] // IOP conference series: Materials science and engineering : 2019 International conference on innovations in automotive and aerospace engineering, IC12AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 632. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012019. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012019. – EDN AWTAGQ.
11. To clarify the standards of spare parts for technical service of autotractors in zone conditions / M. Buraev, A. Shisteev, A. Zhabin [et al.] // E3S Web of Conferences: 13, Rostovon-Don, 26-28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 05001. – DOI 10.1051/e3sconf/202017505001. – EDN PNZJLI.

References

1. Anosova, A.I. et all. Funkcional'naya diagnostika dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Functional diagnostics of internal combustion engines]. *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*, 2022, no. 58, pp. 10-13.
2. Boloev, P.A. et all. Vliyanie uslovij ekspluatatsii na dinamiku raboty dvigatelya [Influence of operating conditions on the dynamics of engine operation]. *Molodyozhnyj*, 2022, pp. 11-15.
3. Gusev, A.A. et all. K obosnovaniyu tekhnicheskogo servisa mashinno-traktornogo parka krest'yansko-fermerskih hozyajstv [To the substantiation of technical service of the machine and tractor fleet of peasant farms]. *Vestnik KrasGAU*, 2016, no. 8(119), pp. 110-114.
4. Eltoshkina, E.V. et all. Obespechenie rabotosposobnosti i otkazoustojchivosti mashin rezervirovaniem smennyh elementov [Ensuring the operability and fault tolerance of machines by reserving replaceable elements]. *Traktory i sel'hozmashiny*, 2019, no. 6, pp. 54-57, DOI 10.31992/0321-4443-2019-6-54-57. – EDN WVFNGW.
5. Ilyin, P.I. Opredelenie optimal'noj chastoty vrashcheniya kolenchatogo vala pri diagnostirovanii [Determination of the optimal crankshaft rotation speed during diagnostics]. *Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki*, 2018, no. 28, pp. 5-14. – EDN PBMUFV.
6. Ilyin, P.I. Diagnostirovanie karburatornogo dvigatelya po momentu soprotivleniya prokruchivaniyu kolenchatogo vala [Diagnosis of a carburetor engine by the moment of resistance to crankshaft cranking]. *Cand. Diss., Irkutsk*, 2002, 171 p.
7. Shisteev, A.V., Buraev M.K. Rezervy sistemy obsluzhivaniya importnoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Reserves of the system for servicing imported agricultural machinery]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 6(128), pp. 120-123.
8. Shisteev, A.V., Buraev M.K. Vosstanovlenie rabotosposobnosti importnoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki s ispol'zovaniem smenno-obmennyh elementov [Restoring the performance of imported agricultural machinery using replaceable exchange elements]. *Vestnik KrasGAU*, 2015, no. 3(102), pp. 35-40. – EDN TMVCVJ.
9. Anosova, A.I. et all. Metod utochneniya potrebnosti zapasnyh chastej pri tekhnicheskome servise mashin [Method for clarifying the need for spare parts during technical service of machines]. *Engineering Studies*, 2018, vol. 10, no. 3-2, pp. 646-652. –EDN AUWFOO.

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: 09.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 19.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

Ильин Петр Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры “Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение” инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежовского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1421-4037>.

Хороших Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры “Техническое обеспечение АПК” инженерного факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодёжный, тел.: 89148857684, e-mail: larina197708@rambler.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5797-4162>.

Information about the authors:

Petr I. Ilyin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Operation of Machine and Tractor Fleet, Life Safety and Vocational Training” of the 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.: 89025191511, e-mail: ipi.academy@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1421-4037>.

Olga N. Khoroshikh – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Support of the Agro-Industrial Complex of the 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.: 89148857684, e-mail: larina197708@rambler.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5797-4162>.



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-26-35

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

Научная статья

МЕТОД РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ В ТУРБИННОЙ МЕШАЛКЕ

Р.И. Ли¹, Д.Н. Псарев², А.С. Комоликов¹, И.В. Лисовый¹

¹Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия

²ФГБОУ ВО “Мичуринский государственный аграрный университет”,
г. Мичуринск, Россия

Аннотация. При восстановлении посадочных отверстий в корпусных деталях техники полимерными композитами их допустимый износ не более 0,3 мм, поэтому разовое количество для перемешивания не превышает 100 г материала. Вопрос перемешивания механизированным способом таких малых объемов ранее не рассматривался и требует исследования. Аппараты с мешалками, производимые по ГОСТ 20680-200, невозможно использовать при перемешивании т.к. они имеют избыточный объем сосудов (более 0,01 м³). Ученые ЛГТУ разработали метод расчета конструкции и режимов работы турбинной мешалки при перемешивании раствора нанокompозита, предназначенного для восстановления посадочных мест подшипников. В статье приведены параметры конструкции трех аппаратов перемешивания различного типоразмера. Описан технологический режим 3D-печати деталей аппарата и турбинной мешалки. При этом использован 3D-принтер марки Flying Bear Ghost 5, а в качестве расходного материала – пластик PETG. В ЛГТУ разработан оригинальный состав эластомерного нанокompозита, наполненный не металлическими наночастицами. Материал обладает уникальными деформационно-прочностными свойствами. Удельная работа разрушения этого нанокompозита больше, в отличие от эластомеров, наполненных металлическими наночастицами в 2,54 раза, углеродными нанотрубками – в 1,24 раза. Проведен эксперимент, который подтвердил применимость разработанной в ЛГТУ программы расчета к растворам эластомерных нанокompозитов, наполненных не металлическими наночастицами. Установлена высокая сходимости расчетных значений оптимальной частоты вращения турбинной мешалки при перемешивании с фактическими данными (расхождение не более 6%). Оценка эффективности перемешивания раствора нанокompозита проводилась по двум критериям. Первым критерием принят коэффициент пропускания K_f . Определена величина K_f после ручного и механизированного перемешивания и осуществлено их сравнение. Вторым критерием принята прочность образцов нанокompозита после различных режимов перемешивания. Чем выше качество перемешивания, тем больше прочность образцов. Исследования показали непригодность первого критерия. Это объясняется оптическими свойствами наночастиц наполнителя, которые не поглощают, а отражают световой поток.

Ключевые слова: полимер, раствор, наночастицы, перемешивание, мешалка, режим, расчет.

Для цитирования: Ли Р. И., Псарев Д.Н., Комоликов А.С., Лисовый И.В. Метод расчета оптимального режима перемешивания растворов полимерных нанокompозитов в турбинной мешалке. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4 (53):26-35. DOI: 10.51215/2411-6483-2024-53-26-35.

METHOD FOR CALCULATING OPTIMUM MODE OF POLYMER NANOCOMPOSITES SOLUTIONS IN TURBINE MIXER

R.I. Lee, D.N. Psarev, A.S. Komolikov, I.V. Lisovoy

Lipetsk State Technical University,
Lipetsk, Russia

Abstract. When restoring the mounting holes in the body parts of the equipment with polymer composites, their permissible wear is not more than 0.3 mm, so a single amount for mixing does not exceed 100 g of material. The issue of mechanized mixing of such small volumes has not been previously considered and requires research. Devices with stirrers manufactured in accordance with GOST 20680-200 cannot be used when mixing because they have an excessive volume of vessels (more than 0.01 m³). LSTU scientists have developed a method for calculating the design and operating modes of a turbine stirrer while stirring a nanocomposite solution designed to restore bearing seats. The article presents the design parameters of three mixing devices of different sizes. Technological mode of 3D-printing of apparatus parts and turbine mixer is described. At the same time, a 3D printer of the Flying Bear Ghost 5 brand is used, and PETG plastic is used as a consumable material. LSTU has developed an original composition of an elastomeric nanocomposite filled with non-metal nanoparticles. The material has unique deformation and strength properties. The specific destruction work of this nanocomposite is greater, in contrast to elastomers filled with metal nanoparticles 2.54 times, carbon nanotubes 1.24 times. An experiment was carried out that confirmed the applicability of the calculation program developed at LSTU to solutions of elastomeric nanocomposites filled with non-metal nanoparticles. A high convergence of the calculated values of the optimal rotation frequency of the turbine stirrer while stirring with the actual ones (discrepancy of not more than 6%) was established. The mixing efficiency of the nanocomposite solution was evaluated by two criteria. The first criterion was the transmittance. The value after manual and mechanized mixing was determined and compared. The second criterion was the strength of the nanocomposite samples after various mixing modes. The higher the quality of mixing, the greater the strength of the samples. The study showed the unsuitability of the first criterion. This is due to the optical properties of the filler nanoparticles, which do not absorb, but reflect the light flux.

Keywords: polymer, solution, nanoparticles, mixing, mixer, mode, calculation.

For citation: Li R.I., Psarev D.N., Komolikov A.S., Lisovoy I.V. Method for calculating optimum mode of polymer nanocomposites solutions in turbine mixer. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4 (53):26-35. DOI: 10.51215/2411-6483-2024-53-26-35.

Введение. Деформационно-прочностные свойства полимерных нанокомпозитов существенным образом зависят от качества перемешивания компонентов в растворе в процессе приготовления. Наличие агрегатов, равномерность распределения частиц наполнителя в объеме полимерной матрицы кардинально влияют на формирование механических свойств материала [1, 4, 9].

Технология восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях сельскохозяйственной техники полимерными нанокompозитами отличается крайне малым расходом материала, который не превышает 100 г. [7, 10]. Поэтому большую перспективу для перемешивания растворов полимерных композитов представляют аппараты, оснащенные турбинными мешалками. Такие аппараты отличаются конструктивной простотой и поэтому имеют высокую надежность при эксплуатации [3]. Аппараты с мешалками, производимые в соответствии с требованиями ГОСТ 20680-200, нельзя использовать при перемешивании т.к. минимальная емкость сосуда в аппаратах составляет 0,01 м³. Вопрос перемешивания механизированным способом таких малых объемов ранее не рассматривался и требует исследования.

Профессором Ли Р.И. и инженером Ерохиным В.Е. в ЛГТУ: «получена математическая модель перемешивания раствора нанокompозита турбинной мешалкой. Разработана компьютерная программа расчета конструктивных и технологических параметров турбинной мешалки при перемешивании раствора нанокompозита. Программа включает: базу данных о физических свойствах полимерного раствора и наночастиц, конструктивных параметрах базовой многолопастной турбинной мешалки, перечень инвариантов геометрического подобия с учетом разового объема раствора полимерного нанокompозита для перемешивания, рассчитывает конструктивные параметры разрабатываемого аппарата с мешалкой, определяет оптимальную частоту вращения мешалки. В конце расчета программа печатает: конструктивные и режимные параметры аппарата с мешалкой» [5].

В таблице 1 представлены конструктивные параметры разработанных турбинных мешалок

Таблица 1 – Конструктивные параметры турбинных мешалок [5]

Table 1 – Design parameters of turbine agitators

Параметр	Обозначение	Размерность	Мешалка		
			№1	№2	№3
Диаметр мешалки	d	мм	34	68	90
Внутренний диаметр аппарата с мешалкой	D	мм	37	74	98
Ширина лопатки мешалки	b	мм	7	14	18,5
Угол наклона лопатки	α	градус	43	43	43
Высота столба жидкости в аппарате с мешалкой	H	мм	30	60	79
Высота установки мешалки от дна сосуда аппарата	h	мм	11,5	22,1	30

Определен технологический режим 3D-печати деталей аппарата и турбинной мешалки (табл. 2). При этом использован 3D-принтер марки Flying Bear Ghost 5, а в качестве расходного материала – пластик PETG.

Таблица 2 – Режим 3D-печати образцов

Table 2 – 3D printing mode of samples

Параметр	Обозначение	Размерность	Мешалка		
			№1	№2	№3
Диаметр мешалки	d	мм	34	68	90
Внутренний диаметр аппарата с мешалкой	D	мм	37	74	98
Ширина лопатки мешалки	b	мм	7	14	18,5
Угол наклона лопатки	α	градус	43	43	43
Высота столба жидкости в аппарате с мешалкой	H	мм	30	60	79
Высота установки мешалки от дна сосуда аппарата	h	мм	11,5	22,1	30

На рисунке показан аппарат с турбинными мешалками трех вышеуказанных в таблице 1 типоразмеров.

Аппарат экспонировался в составе единой технологии в апреле 2024 года на Международной выставке НИ-ТЕСН в г. С-Петербург в номинации «Лучший инновационный продукт (разработка) в области «Новые материалы». Экспонат награжден золотой медалью и дипломом 1 степени.

Профессор Ли Р.И. и инженер Ерохин В.Е. получили формулу, которая позволяет определить оптимальную частоту вращения турбинной мешалки, при которой достигается наиболее эффективное перемешивание компонентов в растворе полимера [5, 6].

В ней учтены характеристики конструкции аппарата, мешалки, физические свойства полимера и наполнителя

$$n_{0p} = \frac{234045816386 \cdot V_v \cdot (\rho_{\text{нап}} - \rho_{\text{пм}}) \cdot D \cdot d_s^2 \cdot g \cdot e^{\frac{9,968 \cdot (H-h)}{D} - 0,998}}{\eta d^4 k \cdot (1-k) \cdot \left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^{0,67} \cdot (d \cdot \sin(2\alpha) + 12b \cdot \cos^2(\alpha))}, \quad (1)$$

где V_v – объем взвеси, м³; $\rho_{\text{пм}}$, $\rho_{\text{нап}}$ – плотность раствора полимера и наполнителя, кг/м³; r_s и d_s – радиус и диаметр наночастицы, м; ε – объемная доля жидкости; g – ускорение свободного падения, м/с²; ω – угловая скорость, с⁻¹ [5].



Рисунок – Аппарат с турбинными мешалками трех типоразмеров:
1, 2, 3 – турбинные мешалки различных типоразмеров с наклонными лопатками полной длины; 4 – задняя стойка; 5 – привод, миксер DEXP; 6 – емкость для раствора нанокompозита; 7 – зажим; 8 – передняя стойка; 9 – фиксатор ёмкости [5]

Figure – Apparatus with turbine mixers of three standard sizes:
1, 2, 3 – turbine mixers of various standard sizes with inclined blades of full length; 4 – rear stand; 5 – drive, DEXP mixer; 6 – container for nanocomposite solution; 7 – clamp; 8 – front stand; 9 – container retainer [5]

Авторами получено положительное решение ФИПС от 11.11.2024 г. на выдачу патента на изобретение РФ по заявке 2023111783/28(025080) «Способ оценки качества смешения растворов полимерных композитов». Способ основан на определении коэффициента пропускания светового потока K_t , т.е. измерении оптической плотности раствора, подвергнутого

механизированному перемешиванию и сравнении результата с оптической плотностью раствора полимерной матрицы.

В ЛГТУ разработан оригинальный состав эластомерного нанокompозита, наполненный неметаллическими наночастицами (подана заявка в ФИПС на получение патента на изобретение). Материал отличается уникальными деформационно-прочностными свойствами. Удельная работа разрушения этого нанокompозита больше, в отличие от эластомеров, наполненных металлическими наночастицами в 2,54 раза, углеродными нанотрубками – в 1,24 раза.

В связи с использованием при разработке новых полимерных нанокompозитов оригинальных наночастиц, отличающихся видом материала, формой и размерами, возникает вопрос универсальности и корректности компьютерной программы расчета конструктивных параметров турбинной мешалки, применимости к ним формулы (1), насколько пригодна эта формула для расчета оптимальной частоты вращения мешалки, обеспечивается ли при этом необходимая прочность композитов, применим ли новый способ контроля для оценки эффективности перемешивания неметаллических частиц в полимерном растворе.

Цель исследований – проверить универсальность и корректность компьютерной программы расчета конструктивных параметров турбинной мешалки и формулы (1) применительно к неметаллическим наноразмерным наполнителям, определить оптимальную частоту вращения мешалки при перемешивании раствора нового эластомерного нанокompозита, оценить пригодность нового способа контроля для оценки эффективности перемешивания неметаллических частиц в полимерном растворе.

Методика исследования. Первоначально исследовали физические свойства нового нанокompозита: плотность $\gamma = 820 \text{ кг/м}^3$, динамическая вязкость $\eta = 0,1793 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

После этого измерялась мощность N , потребляемую мешалкой на перемешивание раствора нанокompозита, при различной частоте вращения: $n = 1000; 1300$ и 1500 мин^{-1} .

Привод мешалок осуществляется миксером марки DEXP. Мощность привода составляет 900 Вт. Частота вращения мешалки изменялась бесступенчато с помощью лабораторного автотрансформатора SUNTEK 500BA0-300B SK2.1LTR0500 и лазерного тахометра UNI-T UT373. Измерение потребной мощности мешалки проводилось с помощью ваттметра SINOTIMER DDS108-EU.

Используя значения измеренной, в ходе эксперимента, мощности и данные таблицы 1 (мешалка №1), определены значения коэффициента окружных скоростей k по формуле

$$k = \frac{\sqrt{\gamma \cdot d^4 n^3 \pi^4 (d \sin(2\alpha) + 12b \cos^2(\alpha)) (\gamma \cdot d^5 n^3 \pi^4 \sin(2\alpha) + (12\gamma \cdot b \cdot d^4 n^3 \pi^4 \cos^2(\alpha) - 48N))}}{2\gamma \cdot d^4 n^3 \pi^4 (d \sin(2\alpha) + 12b \cos^2(\alpha))} + \frac{1}{2} \quad (2)$$

Затем определялась расчетная оптимальная частота вращения мешалки по формуле (1). Для проверки корректности формулы (1) применительно к раствору нового эластомерного нанокompозита, проведен контрольный эксперимент.

Оценка эффективности перемешивания проведена по двум оценочным критериям. Первым критерием эффективности перемешивания принят коэффициент пропускания k_p . Определена величина k_p после ручного и механизированного перемешивания и выполнено сравнение полученных значений.

В качестве второго критерия эффективности перемешивания принята прочность образцов нанокompозита после различных режимов перемешивания. Чем более равномерно частицы наполнителя распределены в объеме матрицы, меньше размеры и количество агрегатов частиц, тем более высокая прочность будет у образцов [2, 8].

Раствор нанокompозита обработан для трех режимов: $n = 700; 800$ и 900 мин^{-1} . Из полученных суспензий изготовлены пленки размерами: $50 \times 10 \times 0,15 \text{ мм}$. Образцы подвергали отверждению при повышенной температуре 150°C на протяжении 3 ч. Прочностные испытания проводились с помощью разрывной машины ИР 5082-50. Повторность пятикратная.

Результаты и обсуждение. Значения величины k показаны в таблице 3.

Среднее значение величины k составляет 0,852.

Таблица 3 – Коэффициент окружных скоростей

Table 3 – Coefficient of circumferential speeds

№ п/п	Частота вращения n , мин^{-1}	Потребляемая мощность N , Вт	Коэффициент окружных скоростей, k
1	1100	0,55	0,847
2	1300	0,9	0,848
3	1500	1,3	0,859

Расчетная оптимальная частота вращения мешалки по формуле (1) составляет $n_{op} = 848,496 \text{ мин}^{-1}$.

Исследование оптической плотности растворов нового нанокompозита после ручного и механизированного перемешивания показали непригодность способа оценки эффективности перемешивания по оптической плотности растворов. После ручного перемешивания величина k_p имеет значение 0,83, после механизированного – 0,85. Значения коэффициента пропускания практически одинаковы в пределах ошибки опыта. Непригодность нового способа оценки эффективности перемешивания объясняется оптическими свойствами наночастиц

наполнителя, которые не поглощают, а отражают световой поток. Необходимо разработать новый способ оценки качества перемешивания таких наночастиц в полимерном растворе. Сравнение фактической оптимальной частоты вращения мешалки ($n_{0ф} = 897,25 \text{ мин}^{-1}$) с расчетным значением ($n_{0р} = 848,496 \text{ мин}^{-1}$) показало расхождение в $\Delta = 5,7\%$, что подтверждает корректность формулы (2), высокую сходимость расчетных значений с фактическими данными.

Выводы. 1. Подтверждена корректность компьютерной программы расчета параметров конструкции турбинной мешалки и режима ее работы при перемешивании растворов полимерных нанокомпозитов, наполненных металлическими и не металлическими наночастицами.

2. Экспериментально установлено, что формула (1) обеспечивает высокую сходимость расчетных значений с фактическими (расхождение не более 6%).

3. Необходимо разработать новый способ оценки качества перемешивания для наночастиц, отражающих световой поток, в полимерном растворе.

Список литературы

1. Богданов В.В. Смещение полимеров / В.В. Богданов, Р.В. Торнер, В.Н. Красовский, Э.О. Регер – Л.: Химия, 1979. – 192 с.
2. Жачкин, С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, А. И. Краснов. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 120. – С. 130–134.
3. Клинков, А.С. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А.С. Клинков, М.В. Соколов, В.Г. Однолько, П.С. Беляев. – М.: Издательский дом "Спектр", 2012. – 196 с.
4. Козлов, Г.В. Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокомпозитов / Г.В. Козлов – Текст: непосредственный // Успехи физических наук. – 2015. – Т. 185. – №1. – С. 35-64.
5. Ли Р.И. Моделирование и расчет конструктивных и режимных параметров турбинной мешалки для диспергирования растворов полимерных композитов / Ли Р.И., Киба М.Р., Тоиров И.Ж., Ерохин В.Е., Лисовый И.В. – Текст : непосредственный // Наука в Центральной России. – 2024. – №2 (68). – С. 7-15.
6. Ли, Р.И. Оптимизация состава и режима термической обработки эластомерного нанокомпозита для восстановления корпусных деталей техники / Р.И. Ли, Д.Н. Псарев, М.Р. Киба, А.Ю. Мельников, А.Н. Быконя – Текст: непосредственный // Наука в центральной России. – 2022. – №2(56). – С. 87-98.
7. Ли, Р.И. Параметры ультразвукового диспергирования растворов эластомерного нанокомпозита для восстановления изношенных корпусных деталей автомобилей / Р.И. Ли, Д.Н. Псарев, М.Р. Киба, А.Ю. Мельников – Текст : непосредственный // Наука в Центральной России. – 2021. – №4 (52). – С. 106-114.
8. Малюгин, В.А. Технологическое обеспечение восстановления посадок подшипников качения автомобилей полимерным нанокомпозитом / В.А. Малюгин, Р.И. Ли, Д.Н. Псарев – Текст: непосредственный // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №4 (63). – С. 28-34.

9. Псарев, Д.Н. Технологические основы восстановления посадок подшипников качения в узлах сельскохозяйственной техники полимерными нанокompозитами: дисс. ... докт. техн. наук: 4.3.1. / Д.Н. Псарев.– Мичуринск, 2023. – 44 с.

10. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание, ремонт и обновление сельскохозяйственной техники в современных условиях / В.И. Черноиванов [и др.]. – Москва : ФГНУ “Росинформагротех”, 2008. – 148 с.

References

1. Богданов, В.В. Смещение полимеров / В.В. Богданов, Р.В. Торнер, В.Н. Красовский, Э.О. Ререр – Л.: Химия, 1979. – 192 с.

2. Zhachkin, S.Yu. et all. Modelirovanie mekhanicheskogo vozdeystviya instrumenta pri poluchenii gal'vanicheskikh kompozitnykh pokrytij [Modeling the Mechanical Impact of the Tool in Obtaining Galvanic Composite Coatings]. Trudy GOSNITI, 2015, vol. 120, pp. 130-134.

3. Klinkov, A.S. et all. Proektirovanie smesitelej periodicheskogo dejstviya pri poluchenii kompozitov zadannogo kachestva iz othodov termoplastov [Design of Batch Mixers for Obtaining Composites of a Given Quality from Thermoplastic Waste]. Moscow: Spektr, 2012, 196 p.

4. Kozlov, G.V. Struktura i svoystva dispersno-napolnennykh polimernykh nanokompозитов [Structure and properties of dispersed-filled polymer nanocomposites]. Uspekhi fizicheskikh nauk, 2015, vol. 185, no. 1, pp. 35-64.

5. Lee, R.I. et all. Modelirovanie i raschet konstruktivnykh i rezhimnykh parametrov turbinnoj meshalki dlya dispergirovaniya rastvorov polimernykh kompozitov [Modeling and calculation of design and operating parameters of a turbine mixer for dispersing polymer composite solutions]. Nauka v Central'noj Rossii, 2024, no.2 (68), pp. 7-15.

6. Lee, R.I. et all. Optimizaciya sostava i rezhima termicheskoy obrabotki elastomernogo nanokompозита dlya vosstanovleniya korpusnykh detalej tekhniki [Optimization of the composition and heat treatment mode of an elastomer nanocomposite for the restoration of vehicle body parts]. Nauka v central'noj Rossii, 2022, no. 2 (56), pp. 87-98.

7. Lee, R.I. et all. Parametry ul'trazvukovogo dispergirovaniya rastvorov elastomernogo nanokompозита dlya vosstanovleniya iznoshennykh korpusnykh detalej avtomobilej [Parameters of ultrasonic dispersion of elastomer nanocomposite solutions for the restoration of worn vehicle body parts]. Nauka v central'noj Rossii, 2021, no. 4 (52), pp. 106-114.

8. Malyugin, V.A. et all. Tekhnologicheskoe obespechenie vosstanovleniya posadok podshipnikov kacheniya avtomobilej polimernym nanokompозитом [Technological support for the restoration of rolling bearing fits in cars with a polymer nanocomposite]. Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin, 2018, no. 4 (63), pp. 28-34.

9. Psarev, D.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya posadok podshipnikov kacheniya v uzлах sel'skohozyajstvennoj tekhniki polimernymi nanokompозитами [Technological principles of restoration of bearing fits in agricultural machinery units using polymer nanocomposites]. Diss. doc. tech. Sci. Michurinsk, 2023, 478 p.

10. Chernoi Ivanov, V.I. et all. Tekhnicheskoe obsluzhivanie, remont i obnovlenie sel'skohozyajstvennoj tekhniki v sovremennykh usloviyah [Maintenance, repair and renewal of agricultural machinery in modern conditions]. FGNU “Rosinformaгротех”, 2008, 148 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 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: 10.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Received: 18.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

Ли Роман Иннакентьевич – доктор технических наук, профессор. Липецкий государственный технический университет.

Контактная информация: ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Псарев Дмитрий Николаевич – доктор технических наук, доцент. Липецкий государственный технический университет.

Контактная информация: ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Комоликов Алексей Сергеевич – инженер. Липецкий государственный технический университет.

Контактная информация: ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Лисовый Игорь Васильевич – аспирант. Липецкий государственный технический университет.

Контактная информация: ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Information about authors

Roman I. Li – Doctor of Engineering Sciences, Professor. Lipetsk State Technical University.

Contact information: LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya st., 30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Dmitry N. Psarev – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor. Lipetsk State Technical University.

Contact information: LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya st., 30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Alexey S. Komolikov – Engineer. Lipetsk State Technical University.

Contact information: LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya st., 30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.

Igor V. Lisovy – Postgraduate student. Lipetsk State Technical University.

Contact information: LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya st., 30, e-mail: ok@stu.lipetsk.ru.



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-36-46

УДК 631.334

Научная статья

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Г.Н. Поляков, С.Н. Шуханов, А.В. Косарева

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

Аннотация. В статье рассматривается технология и технические средства возделывания яровых зерновых культур на семенные, продовольственные и фуражные цели при ранних и поздних сроках высева. Приобретаемые хозяйствами почвообрабатывающие орудия, сеялки, посевные комплексы, машины по уходу за посевами, недостаточно полно адаптированы к почвенно-климатическим условиям Приангарья. Для региона характерно, что до 70% имеют тяжелый гранулометрический состав, недостаточна теплообеспеченность, повторяющиеся весенне-летние засухи снижают влагообеспеченность и развитие культурных растений. Встречаются различные виды технологий возделывания: традиционная (интенсивная), минимальная и “No-Till”. Главным в растениеводстве является технология, которая изменяется от интенсивной к ресурсосберегающей. При этом недопустимо снижение плодородия почвы и сбора урожая. В условиях дефицита ресурсов производства требуется эффективная предпосевная обработка почвы, адаптированный способ посева и рациональный уход за посевами.

Для устойчивого производства зерновых культур разработаны макетные образцы, комбинированное почвообрабатывающее орудие, посевная машина с модернизированными сошниками для посева в гряды и борона с активными пружинными зубьями для довосходного боронования посевов в грядках. Применение комбинированного почвообрабатывающего орудия и сеялки для посева в гряды на уплотненное ложе шириной 0.08 м и бороны с пружинными зубьями обеспечивают влагосберегающие приемы возделывания зерновых культур и поддерживают эффективный тепловой режим почвы в грядках. Температурный режим в грядках на 2-3°C выше, чем при рядовом посеве, посевная всхожесть семян в грядках на 14.4% выше, чем при рядовом высева. Это позволило прибавить биологический урожай на 1.18 т/га в сравнении с существующими технологиями возделывания.

Полевые испытания показали, что повышение урожайности происходит за счет улучшения теплообеспечения семян на ранних сроках и их влагообеспечения в течение всего периода вегетации, а также за счет снижения засоренности поля.

Ключевые слова: виды технологий, зерновые культуры, посев в гряды, комбинированное почвообрабатывающее орудие, модернизированная посевная машина, борона с активными рабочими органами.

Для цитирования: Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Косарева А.В. Совершенствование технологического процесса возделывания зерновых культур. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):36-46. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-36-46.

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CULTIVATION OF GRAIN CROPS

Gennadij N. Polyakov, Stanislav N. Shukhanov, Anna V. Kosareva

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

Abstract. The article discusses the technology and technical means of cultivating spring grain crops for seed, food and forage purposes at early and late sowing dates. The tillage implements, seeders, seeding complexes, and crop care machines purchased by farms are not fully adapted to the soil and climatic conditions of the Angara region. The region is characterized by the fact that up to 70% have a heavy granulometric composition, insufficient heat supply, and recurring spring and summer droughts reduce moisture supply and the development of crops. There are various types of cultivation technologies: traditional (intensive), minimum and "No-Till". The main thing in crop production is technology, which changes from intensive to resource-saving. At the same time, a decrease in soil fertility and harvesting is unacceptable. In conditions of production resource deficit, efficient pre-sowing soil cultivation, adapted sowing method and rational crop care are required.

For sustainable production of grain crops, prototypes, a combined tillage implement, a seeding machine with modernized coulters for sowing in ridges and a harrow with active spring teeth for pre-emergence harrowing of crops in ridges have been developed. The use of a combined tillage implements and a seeder for sowing in ridges on a compacted bed 0.08 m wide and a harrow with spring teeth ensure moisture-saving methods of cultivating grain crops and maintain an efficient thermal regime of the soil in the ridges. The temperature regime in the beds is 2-3°C higher than with row sowing, the sowing germination of seeds in the beds is 14.4% higher than with row sowing. This allowed to increase the biological yield by 1.18 t/ha in comparison with existing cultivation technologies.

Field tests showed that the increase in yield occurs due to improved heat supply to seeds in the early stages and their moisture supply throughout the growing season, as well as due to reduced field weed infestation.

Keywords: types of technologies, grain crops, sowing in ridges, combined soil-cultivating implement, modernized seeding machine, harrow with active working bodies.

For citation: Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Kosareva A.V. Improvement of the technological process of cultivation of grain crops. *Electronic scientific-Practical journal "Actual issues of agrarian science"*. 2024; 4(53):36-46. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-36-46.

Введение. Трудности, связанные с посевом яровых зерновых культур в Сибирском Федеральном округе, чаще всего сопряжены с несовпадением оптимальных сроков сева семян. В неблагоприятных условиях деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя, связанных с климатическими факторами и технологическими процессами, потери урожайности могут быть значительными [3].

Получить семена с высокими посевными свойствами можно, соблюдая оптимальные сроки посева, для условий Приангарья, это последняя декада

апреля и первая декада мая. В этом случае, зерно будет созревать в конце последней декады июля и в первой и второй декаде августа. За счет полного созревания зерна комбайновая уборка протекает в благоприятных условиях, с меньшими потерями семян и микротравмированием. Чтобы добиться положительных результатов необходимо, чтобы семена находились в почве с высоким тепловым балансом и были обеспечены почвенной влагой в течение всего периода развития [9, 13].

Комплексы машин, которые разрабатываются для западных регионов Сибири для возделывания яровых культур, не приспособлены для резко континентального климата Приангарья. Решение задачи, направленной на влагосберегающие приемы предпосевной обработки почвы и рационального использования почвенной влаги в течение развития и роста яровой культуры, создания условий активного прогрева почвы на ранних сроках посева связано с совершенствованием технологических процессов возделывания, уходом за посевами и рабочими органами [1, 4, 5]. При этом новые решения необходимы для подготовки кадров с нестандартным мышлением [10].

Для посева зерновых культур в ранние сроки предложена модернизированная сеялка СЗУ-2.1Д, распространенная в Иркутской области. Разработано и изготовлено комбинированное почвообрабатывающее орудие на базе стандартных рабочих органов. Изменена конструкция сошников [7] и навесной бороны с активными пружинными зубьями, которые перемещаются по синусоидальной траектории, особенностью которой является регулировка глубины обработки гряд.

Сформулирована рабочая гипотеза, согласно которой благоприятные условия для возделывания яровой культуры в ранние сроки возможны, если провести предпосевную обработку комбинированным орудием, которое выполняет дискование крупных комков почвы и боронование зубowymi боронами. При этом сохраняется влага и формируется мелкокомковатая и зернистая структура почвы, а также 76-80% семян заделываются полосой 0,08 м на глубину 0,05-0,06 м на уплотненное выравненное семенное ложе с образованием гряды и рыхлой почвы над семенами. Это способствует увеличению дневной поверхности поля, активного прогрева почвы солнечной радиацией и сохранения температурного режима почвы в гряде, путем использования высокой теплоемкости влаги, и уничтожение проросших семян сорняков.

Цель исследования – повышение урожайности за счет систематизации машины и орудий с улучшенными рабочими органами для возделывания зерновых культур при ранних сроках посева, путем реализации влагосберегающих приемов предпосевной обработки почвы, посева зерновых культур в гряды и довсходного боронования активными зубьями с возможностью регулирования глубины боронования и улучшения теплового режима.

Методика исследования включала анализ агротехнических требований и технических систем для предпосевной обработки почвы, посева и уходу за посевами. Учитывались физико-механические и технологические свойства почвы. Анализ ресурсосберегающих технологий и взаимодействие рабочих органов с почвой.

Результаты исследований и обсуждение. Исходя из особенностей фаз развития зерновых культур, условий возделывания и анализа конструкций рабочих органов разработаны действующие макетные образцы: 1) навесное почвообрабатывающее орудие для интенсивного крошения верхнего слоя, создания зернистой мелкокомковатой структуры, без выноса влажных слоев почвы на поверхность и выравнивания дневной поверхности поля; 2) модернизированный сошник сеялки СЗУ-2.1 для подпочвенно-разбросного посева с образованием уплотненного семенного ложа и расположением семян полосой, ширина которой 0.08 м в грядках на глубину 0.05-0.06 м; 3) навесная борода для довсходового боронования с активными пружинными зубьями, движущиеся по синусоидальной траектории и регулированием глубины обработки до 0.01-0.02 м и образованием мульчи.

В соответствии с агротехническими требованиями, при выполнении операций по обработке почвы, рабочие органы комбинированного почвообрабатывающего орудия установлены в определенной последовательности.

Наблюдениями установлено, что подвешенные рабочие органы достаточно уверенно копируют поверхность почвы и обрабатывают ее на одинаковую по ширине глубину.

Все рабочие органы комбинированного орудия подвешены к раме на цепных подвесах за исключением батарей сферических дисков, которые соединены с рамой шарнирно и прижимаются к почве нажимной штангой. Для выравнивания поверхности поля после зяблевой вспашки плугом и разрушения комков применяются сферические диски, которые обрабатывают верхний слой почвы на глубину 0,06-0,07м [6, 11] (рисунок 1). Образовавшиеся после дискования гребни выравнивают зубовой боронкой [9] с выравнивающим брусом, установленным под углом 70°. С помощью зубьев боронки комки почвы разбиваются на более мелкие части. Данный вид обработки позволяет добиться мелкокомковатой структуры за счет смещения почва в горизонтальном направлении от боковых плоскостей зубьев. Обработка почвы стрельчатыми универсальными лапами культиватора на глубину 0.12 м позволяет уничтожить проростки сорняков и одновременно разрыхлить почву. Вслед за культиваторными лапами движется специальный выравнивающий брус, который уплотняет, крошит оставшиеся мелкие комки почвы и выравнивает ранее взрыхленный слой почвы.

Конструктивная ширина захвата комбинированного орудия составляет 3 метра, рабочая скорость 7.5-8.0 км/час и имеет тяговое сопротивление до 3 т.с. [6, 8]. В процессе обработки применялась зубовая борода ЗБСС-1,0,

длина зуба 150мм, расстояние между смежными бороздками 50мм. Так как к раме зубовой бороны крепится выравнивающий брус, установленный под углом 70° к вертикали. Для измененной конструкции бороны определен след центра тяжести. Для обеспечения устойчивого хода зубового орудия вектор тягового усилия, приложенный к раме должен проходить через след центра тяжести.

Проверялась продольная устойчивость агрегата с комбинированным почвообрабатывающим орудием с трактором типа ДТ-75. Коэффициент смещения центра давления не превысил 0.167. При проведении полевого опыта агрегат в продольной вертикальной плоскости был устойчив.

Исходя из опыта посева семян установлено, что для устойчивого хода сошников сеялки по глубине, необходима качественно проведенная предпосевная обработка почвы.

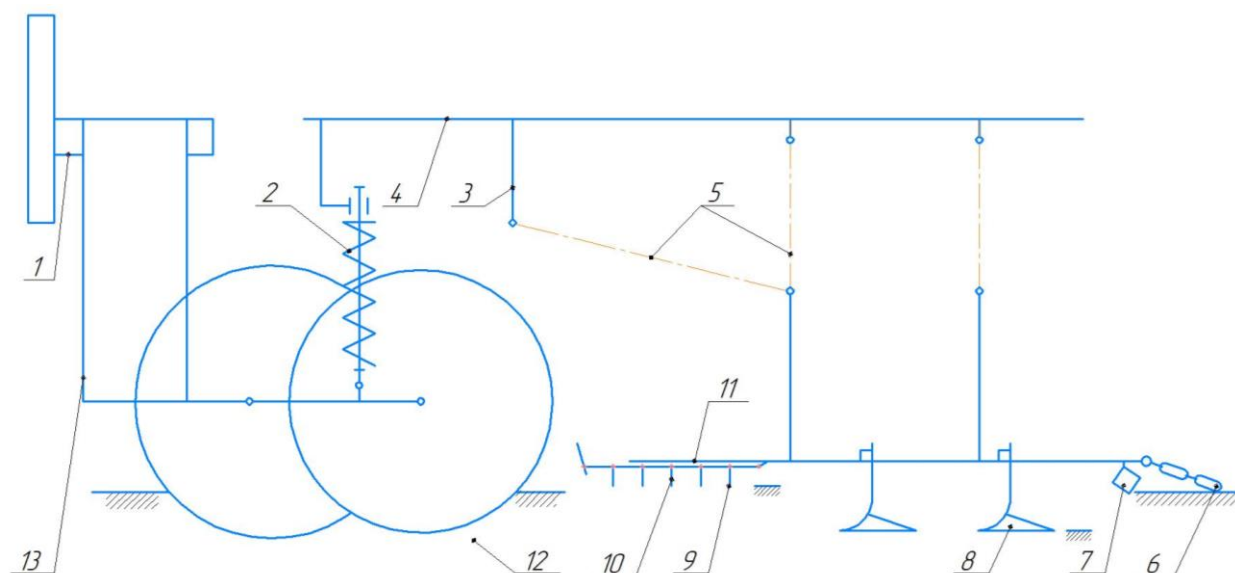


Рисунок 1 – Схема расположения рабочих органов макета комбинированного почвообрабатывающего орудия:

1 – рама; 2 – подпружиненные нажимные штанги дисков; 3 – кронштейн подвески зубовой бороны; 4 – основной кронштейн подвески рабочих органов; 5 – гибкие соединения; 6 – цепной шлейф; 7 – специальный брус; 8 – стрелчатые лапы; 9 – зубья бороны; 10 – передний выравнивающий брус; 11 – секция крепления гибкими соединениями; 12 – сферические диски; 13 – вертикальный брус

Figure 1 – Layout of working bodies of the combined tillage implement model

1 – frame; 2 – spring-loaded pressure rods of disks; 3 – bracket of suspension of tooth harrow; 4 – main bracket of suspension of working bodies; 5 – flexible connections; 6 – chain train; 7 – special beam; 8 – arrow paws; 9 – harrow teeth; 10 – front leveling beam; 11 – section of fastening with flexible connections; 12 – spherical disks; 13 – vertical beam

Одно из основных агротехнических требований к посеву зерновых культур является равномерное распределение семян по глубине, площади питания и обеспечение оптимального теплового режима и влажности почвы.

Проведенные нами исследования посева яровых зерновых культур в гряды, с применением почвообрабатывающего орудия дали положительные результаты [2, 8, 11, 12]. На рисунке 2 представлен опытный образец переоборудованной сеялки СЗУ-2.1 Д, которая использовалась для посева семян в гряды.



Рисунок 2 – Макет расстановки сошников относительно клиновых катков СЗУ-2.1Д

Figure 2 – Layout of the arrangement of coulters relative to the wedge rollers of the SZU-2.1D

Движение почвенной капиллярной влаги изучалось в лабораторных условиях в кюветах. На рисунке 3 изображена форма гряды и движение влаги в почве по капиллярам.

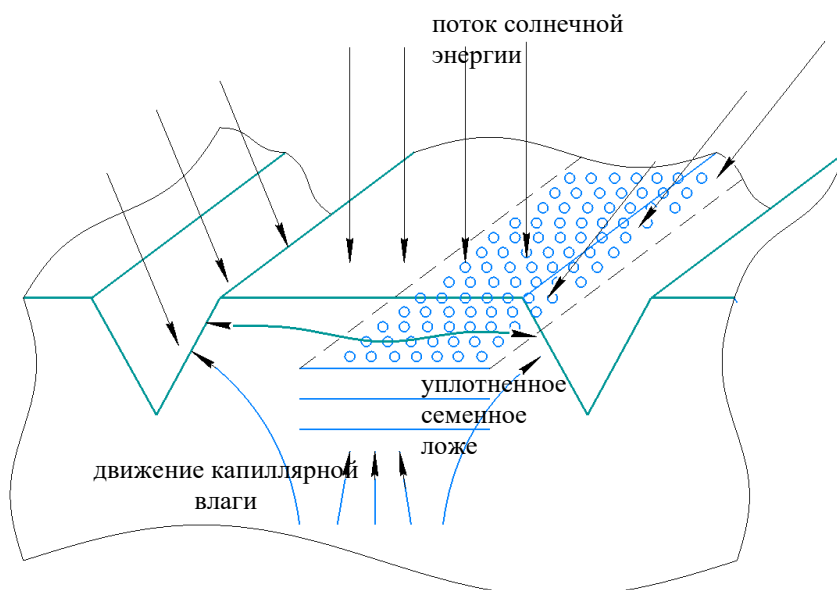


Рисунок 3 – Форма гряды и движение капиллярной влаги.

Figure 3 – Form of the ridge and movement of capillary moisture.

При проведении полевых исследований уплотнительная пластина сошника образует уплотненное семенное ложе. Это можно было видеть по блестящей от влаги поверхности дна раскрываемой борозки.

Гряда формируется клиновыми катками, рисунок 2, сошники с уплотнительными пластинами смещены на поперечинах рамы сеялки так, что они высевают семена зерновых культур между следами катков. Катки вдавливают разрыхленную почву и образуют гряды, при этом уплотняются стенки гряды. Площадь поверхности гряды увеличивается на 34%, в сравнении с рядовым посевом.

Гряды (рис. 3), имеют трапецидальную форму. Геометрические размеры соответствуют следующим значениям: в основании 0.23 м, верхняя часть 0,15 м. В процессе высева семена укладываются на семенное ложе равномерно по глубине, полосой, ширина которой 0.08 м [2, 7].

В лабораторных условиях установлено, что почвенная влага, которая движется по капиллярам в уплотненном слое, вначале достигает семенного ложа, которое образует уплотнительная пластина, а затем смещается в сторону боковых стенок гряды и выходит в атмосферу.

Применение комбинированного орудия в полевых условиях показало, что температура почвы в гряде на 2-3° выше, чем при рядовом посеве дисковыми сошниками. Исследование показало, что в средней части гряды над семенами увлажнение меньше и температура почвы выше. В гряде поддерживается положительный температурный режим в ночные часы, за счет высокой теплоемкости влаги, накопленной в дневное время. Ускоряется набухание семян и появление всходов. Количество проросших семян больше на 14,4% по сравнению с рядовым посевом. При этом полевая всхожесть семян при посеве рядами составила 64,3%, а с посевом подпочвенно-разбросным способом в гряды – 78.7% [11].

Проростки семян сорных растений уничтожают бороны с активными рабочими органами. При этом разрушение формы гряды не происходит в отличие от применения зубовые бороны типа “Зиг-заг”.

На базе навесного культиватора КРН-2.8 разработан макетный образец бороны с пружинными зубьями, движение которой происходит по синусоидальной траектории. Конструкция переоборудованного культиватора позволяет регулировать глубину хода пружинных зубьев.

Экспериментальные исследования макетных машин и орудий проводились по следующей схеме:

1. Предпосевная обработка: боронование в два следа, культивация и рядовой посев – 0.15 м.

2. Предпосевная обработка: комбинированное почвообрабатывающее орудие, посев в гряды и боронование гряд активными рабочими органами.

При проведении полевых опытов были измерены урожайность культуры и влажности почвы на глубине 10 см, что соответствует залеганию

основной корневой системы овса. Исследования проводилось с момента посева до начала уборки зерновых культур. Наименьшая влажность отмечалась в период закладки метелки. Так 18 июня она опустилась до 7,4% при рядовом посеве и до 13.8% на делянках, где использовались усовершенствованные орудия: сеялка для высева семян в гряды и борона с пружинными рабочими органами.

В период всходов на изучаемых вариантах подсчитывалось количество сорняков. На опытных делянках, где после посева на 3-4 день проводилось довсходовое боронование гряд, сорняков было в среднем меньше на 20%.

На каждой делянке определялась биологическая урожайность снопов. Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица – Биологическая урожайность овса, т/га

Table – Biological yield of oats, t/ha

Вид предпосевной обработки почвы и способ посева	Биологическая урожайность, т/га	Разница с контролем
Боронование в 2 следа Культивация Рядовой посев	4.21	-
Комбинированное орудие Посев в гряды Довсходовое боронование	5.39	1.18

Применение комбинированного орудия с сеялкой для посева в гряды и бороны с активными зубьями дало прибавку биологического урожая 1.18 т/га в сравнении с существующими технологиями возделывания.

Выводы. 1. Технологический процесс работы, разработанных машин обеспечивает качество предпосевной подготовки, устойчивый ход сошников по глубине и равномерную заделку семян, в соответствие с агротехническими требованиями. Навесная борона с пружинными зубьями уничтожает проростки семян сорняков.

2. Влажность почвы в период формирования вторичной корневой системы зерновой культуры, которая наступает в конце второй декады июня вдвое выше, чем при рядовом посеве.

3. Установлено, что температурный режим почвы в грядках на протяжении всего периода вегетации выше на 2-3°C, чем при рядовом посеве. Характерным является, что полевая всхожесть семян в грядках на 14-15% выше.

4. Комплекс машин обеспечил биологическую прибавку урожая овса на 1.18 т/га, в сравнении с традиционной технологией.

Список литературы

1. Житов, В.В. Зональные системы удобрений в земледелии Иркутской области / В.В. Житов, Н.Н. Дмитриев. – Монография. – Иркутск: изд-во ИрГСХА, – 2013. – 140 с.
2. Жуков, С.П. Оптимизация ленточно-гребневого способа посева яровой пшеницы по предшественникам и нормам высева в условиях Приобья Алтая / автореферат дисс. соиск. уч. степени к.с.-х. наук. Алтайский ГАУ, Барнаул, – 2008. – 22 с.
3. Иваньо, Я.М. Пространственно-временная оценка редких потерь урожайности сельскохозяйственных культур / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова, И.М. Колокольцева // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2024. – № 50. – С. 65-73. – DOI 10.51215/2411-6483-2024-50-65-73. – EDN DWTJZB.
4. Колмаков, П.П. Минимальная обработка почвы / под ред. А.И. Бараева / П.П. Колмаков, А.М. Нестеренко – М.: Колос, 1981. – 240с., ил.
5. Кондратьев, Н.К. Семенное зерно Сибири / Н.К. Кондратьев. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 135 с.
6. Назаров, Н.Н. Инженерное проектирование агротехнологий растениеводства: монография / Н.Н. Назаров, П.П. Милаев; СибИМЭ СХНЦА РАН. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2019. – 255 с.
7. Патент № 2806332 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/20. сошник для подпочвенного разбросного посева: № 2023103096: заявл. 10.02.2023: опубл. 13.10.2023 / Г.Н. Поляков, В.Н. Хабардин, А.В. Косарева; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского". – EDN ABLJCY.
8. 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. – DOI 10.47737/2307-2873_2022_38_33. – EDN PRTBQQ.
9. Поляков, Г.Н. Техническое обеспечение уборочных процессов на основе ресурсосберегающих технологий уборки зерновых культур / Г.Н. Поляков, Н.Н. Аникиенко, А.В. Косарева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 7(225). – С. 72-78. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-225-7-72-78. – EDN SAWBZU.
10. Чернышова, Е. Стартап в мешке. Крупные компании в поисках новых идей / Е. Чернышова // Агротехника и технологии. май-июнь, 2021. – №3(85). – С.18-22.
11. Яковлев, Д.А. Изменение температурного режима почвы при посеве яровой пшеницы в гряды / Д.А. Яковлев, Г.Н. Поляков // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 31-35. – EDN UNDWVI.
12. Яковлев, Д.А. Оценка влияния влажности почвы при посеве на глубину заделки семян зерновых культур / Д.А. Яковлев, В.И. Беляев, Г.Н. Поляков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 1. – С. 104-110. – DOI 10.26898/0370-8799-2023-1-13. – EDN OIEXNK.
13. Яковлев, Н.С. Техническое оснащение технологии возделывания зерновых культур / Н.С. Яковлев, Н.Н. Назаров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – №3. – С. 68-75.

References

1. Zhitov V.V., Dmitriev, N.N. Zonal'ny'e sistemy` udobrenij v zemledelii Irkutskoj oblasti [Zonal fertilizer systems in agriculture of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2013, 140 p.
2. Zhukov, S.P. Optimizaciya lentочно-grebneвого sposоbа posevа yarovоj pshenicy po predshestvennikam i normam vy`seva v usloviyah Priob`ya Al-taya [Optimization of the strip-

ridge method of sowing spring wheat according to predecessors and seeding rates in the conditions of the Ob region of Altai]. Aavtoref. diss. cand., Barnaul, 2008, 22 p.

3. Ivan`o, Ya.M. Prostranstvenno-vremennaya ocenka redkix poter` uro-zhajnosti sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur [Spatiotemporal assessment of rare crop yield losses]. Aktual`ny`e voprosy` agrarnoj nauki, 2024, no. 50, pp. 65-73. – DOI 10.51215/2411-6483-2024-50-65-73. – EDN DWTJZB.

4. Kolmakov, P.P., Nesterenko, A.M. Minimal`naya obrabotka pochvy` [Minimum tillage]. Moscow: Kolos, 1981, 240 p.

5. Kondrat`ev, N.K. Semennoe zerno Sibiri [Seed grain of Siberia]. Moscow: Rosagropromizdat, 1988, 135 p.

6. Nazarov, N.N., Milaev, P.P. Inzhenernoe proektirovanie agrotexnologij rastenievodstva [Engineering design of agricultural technologies for plant growing]. Novosibirsk: SFNCzA RAN, 2019, 255 p.

7. Patent № 2806332 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/20. Soshnik dlya podpochvennogo razbrosnogo poseva [Coulter for subsoil broadcast sowing]: № 2023103096: zayavl. 10.02.2023 : opubl. 13.10.2023

8. Polyakov, G.N. et all. Sovershenstvovanie texnicheskix sredstv dlya vozdel`vaniya yarovy`x zernovy`x kul`tur s razrabotkoj seyalki dlya poseva v gryady` [Improvement of technical means for cultivation of spring grain crops with development of a seeder for sowing in ridges]. Permskij agrarny`j vestnik, 2022, no. 2(38), pp. 33-41. – DOI 10.47737/2307-2873_2022_38_33. – EDN PRTBQQ.

9. Polyakov, G.N. et all. Texnicheskoe obespechenie uborochny`x processov na osnove resursosberegayushhix texnologij uborki zernovy`x kul`tur [Technical support for harvesting processes based on resource-saving technologies for harvesting grain crops]. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2023, no. 7(225), pp. 72-78. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-225-7-72-78. – EDN SAWBZU.

10. Cherny`shova, E. Startup v meshke. Krupny`e kompanii v poiskax novy`x idej [Startup in a Bag: Big Companies in Search of New Ideas]. Agrotexnika i texnologii, 2021, no. 3(85), pp. 18-22.

11. Yakovlev, D.A., Polyakov, G.N. Izmenenie temperaturnogo rezhima pochvy` pri poseve yarovoj pshenicy v gryady` [Changing the soil temperature regime when sowing spring wheat in ridges]. Kormoproizvodstvo, 2023, no. 1, pp. 31-35. – EDN UNDWVI.

12. Yakovlev, D.A. et all. Ocenka vliyaniya vlazhnosti pochvy` pri poseve na glubinu zadelki semyan zernovy`x kul`tur [Evaluation of the influence of soil moisture during sowing on the depth of seed placement of grain crops]. Sibirskij vestnik sel`skoxozyajstvennoj nauki, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 104-110. – DOI 10.26898/0370-8799-2023-1-13. – EDN OIEXNK.

13. Yakovlev, N.S., Nazarov, N.N. Texnicheskoe osnashhenie texnologii vozdel`vaniya zernovy`x kul`tur [Technical equipment for grain crop cultivation technology]. Sibirskij vestnik sel`skoxozyajstvennoj nauki, 2017, no. 3, pp. 68-75.

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: 05.11.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 20.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

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, пос. Молодежный, тел. 8(902)5669965, e-mail: sxm1953@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8628-2541>.

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>.

Косарева Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(914)944-42-28, e-mail: ankosar@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1613-5394>.

Information about authors

Gennady N. Polyakov – Candidate of Technical Sciences, Associate 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, Molodezhny, tel. 8(902)5669965, e-mail: sxm1953@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8628-2541>.

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, Molodezhny, tel. 8(908)654-60-32, e-mail: shuhanov56@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2134-6871>.

Anna V. Kosareva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service and General Engineering Disciplines, Faculty of Engineering, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU, 664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny, tel. 8(914)944-42-28, e-mail: ankosar@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1613-5394>.



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

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

DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-47-61

УДК 004.67:656.25

Научная статья

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ**

Н.П. Деканова, Б. Баатаржаргал

Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Иркутская область, Россия

Аннотация. Монгольская железная дорога - одна из ведущих отраслей Монголии, от работы которой во многом зависит экономическое развитие всей страны. В связи с ежегодным увеличением объема перевозок возникает необходимость повышения безопасности работы устройств сигнализации, централизации и блокировки. Для Улан-Баторской железной дороги актуально разработать и внедрить информационную систему мониторинга и диагностики технического оборудования на станциях и разъездах. При этом важно автоматизировать процессы контроля напряжения рельсовых цепей, изоляции кабелей, напряжения электропитания и контроля управления светофорами. Целью работы является проектирование и разработка в виде веб-приложения информационной системы для осуществления мониторинга и диагностики технических устройств. В работе анализируются информационные системы, функционирующие в центральном управлении перевозками Улан-Баторской железной дороги, и приводится обзор доступных исходных данных, необходимых для функционирования информационной системы мониторинга и диагностики технических устройств. Рассматривается структурная схема системы централизованного контроля напряжения рельсовой цепи. Приведены функции проектируемой системы, функциональные диаграммы и их спецификации. Рассмотрены алгоритм функционирования контроллера, осуществляющего непрерывный мониторинг параметров рельсовых цепей, и алгоритм принятия решений по диагностике текущего состояния рельсовой цепи. Программное обеспечение разработанной информационной системы ZTH создано с использованием веб-программ PHP, HTML и Javascript. База данных реализована в системе MySQL. Приведена схема представления данных, элементы пользовательского интерфейса. Спроектированная и разработанная информационная система ZTH, функционирующая в составе программного обеспечения центрального управления перевозками Улан-Баторской железной дороги, позволит минимизировать риски для безопасности железнодорожной системы на станциях и разъездах, значительно повысить общую безопасность перевозок и производительность железнодорожной системы.

Ключевые слова: диагностика, информационная система, мониторинг, рельсовая цепь, устройства сигнализации, централизации и блокировки.

Для цитирования: Деканова Н.П., Баатаржаргал Б. Проектирование и разработка информационной системы диагностики состояний рельсовых цепей. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):47-61. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-47-61.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF RAIL CIRCUIT CONDITIONS

Nina P. Dekanova, Boldbaatar Baatarjargal

Irkutsk State Transport University,
Irkutsk, Irkutsk Region, Russia

Abstract. Mongolian Railway is one of the leading industries in Mongolia, the operation of which largely determines the economic development of the entire country. Due to the annual increase in traffic volumes, there is a need to improve the safety of signaling, centralization and blocking devices. It is important for the Ulaanbaatar Railway to develop and implement an information system for monitoring and diagnostics of technical equipment at stations and crossings. It is important to automate the processes of monitoring the voltage of track circuits, cable insulation, power supply voltage and monitoring the control of traffic lights. The purpose of the work is to design and develop an information system for monitoring and diagnostics of technical equipment at stations and crossings as a web application. The paper analyzes the information systems operating in the central transportation control of the Ulaanbaatar Railway and provides an overview of the available initial data necessary for the functioning of the information system for monitoring and diagnostics of technical devices. The structural diagram of the centralized monitoring system for track circuit voltage is considered. The functions of the designed system, functional diagrams and their specifications are given. The algorithm of the controller operation, which continuously monitors the parameters of track circuits, and the algorithm of decision-making on diagnostics of the current state of the track circuit are considered. The software of the developed ZTH information system is created using web programs PHP, HTML and Javascript. The database is implemented in the MySQL system. The data presentation scheme and user interface elements are given. The designed and developed ZTH information system, which functions as part of the software of the central transportation control of the Ulaanbaatar Railway, will minimize the risks to the safety of the railway system at stations and sidings, significantly increase the overall safety of transportation and the productivity of the railway system.

Key words: diagnostics, information system, monitoring, track circuit, devices for signaling, centralization and blocking

For citation: Dekanova N.P., Baatarjargal B. Design and development of an information system for diagnostics of track circuit conditions. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4(53):47-61. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-47-61.

Введение. Монгольская железная дорога – одна из ведущих отраслей Монголии, от работы которой во многом зависит экономическое развитие всей страны. На сегодняшний день общая протяженность железнодорожных линий Улан-Баторской железной дороги (УБЖД) составляет 1810 км, на них трудится более 16 тысяч квалифицированных рабочих. В связи с ежегодным увеличением объема перевозок возникает необходимость повышения безопасности работы устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Руководство Улан-Баторской железной дороги уделяет значительное внимание эффективному развитию и внедрению информационных

технологий [2, 14]. В настоящее время на техническое обслуживание и контроль за состоянием рельсовых цепей требуются большие экономические и трудовые затраты. Отсутствие постоянного контроля изменений значений напряжений в рельсовых цепях и на путевых реле является основной причиной возникновения повреждения и отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки, прерывания графика движения поездов, случаются аварии и браки, возникают ненужные затраты. Поэтому для УБЖД актуально внедрение цифрового инжиниринга и инноваций в разработку железнодорожной продукции [9, 10, 19]. В частности, необходимо разработать и внедрить информационную систему мониторинга и диагностики рельсовых цепей. При этом важно – автоматизировать процессы контроля напряжения рельсовых цепей, изоляции кабелей, напряжения электропитания и контроля управления светофорами.

Целью работы является проектирование и разработка в виде веб-приложения информационной системы для осуществления контроля и мониторинга устройств сигнализации, централизации и блокировки на Улан-Баторской железной дороге.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих **задач**:

- изучить семейство стандартов в железнодорожном секторе EN 50128: 2016, ориентированных на безопасность и надежность программного обеспечения и электронных систем в железнодорожных приложениях;
- изучить функциональность и структуру информационных систем, действующих в центральном управлении перевозками УБЖД;
- спроектировать и разработать информационную систему мониторинга и диагностирования основных показателей состояний рельсовых цепей.

Информационная система должна обеспечить комплексное решение задачи непрерывного сбора данных с установленных датчиков, анализа текущего состояния устройств СЦБ и принятия решений по техническому обслуживанию. Это позволит минимизировать риски для безопасности железнодорожной системы на станциях и перегонах, значительно повысить общую безопасность перевозок и производительность железнодорожной системы.

Материалы и методы. В состав хозяйства СЦБ УБЖД входят три дистанции сигнализации и связи (ШЧ-1,2,3). Эти предприятия выполняют техническое обслуживание и ремонт на 82 станциях и перегонах. УБЖД оснащена централизацией, оборудованной системой блочной маршрутно-релейной централизации управления движением поездов на станциях с большими маневровыми передвижениями и блочной электрической цепью на станциях с малыми маневровыми передвижениями; системой релейной централизации с центральными зависимостями и местным источником питания оборудованы разъезды и в последние годы около десяти станций и разъездов оборудованы микропроцессорной централизацией Эбиллок-950.

Стрелочные переводы в основном на релейных станциях оборудованы электроприводами типа СП-6 с двигателями постоянного тока, а на станциях с системой микропроцессорной централизации (МПЦ) используются электроприводы с двигателями переменного тока. Релейные станции оборудованы рельсовыми цепями переменного и постоянного тока, а станции МПЦ – системой счёта осей.

На АО УБЖД внедрена система интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала. Модифицирована сеть передачи данных на более высоком уровне, что обеспечивает более эффективную передачу данных, а также позволяет внедрить систему мониторинга. Эксплуатационный штат АО УБЖД в части СЦБ контролирует состояние устройств СЦБ (релейные контакты, положение стрелок, рельсовую цепь, светофоры, систему счёта осей, устройства радиоблокировки и т.д.), но для устранения предотказных состояний этого недостаточно. Для улучшения эксплуатации и устранения предотказных состояний, необходимо оперативно реагировать на отказы и мониторить за техническими характеристиками показателей, таких, как напряжение, ток и сопротивление изоляции кабеля. Основой разработки проекта информационной системы является анализ доступных данных, исследование процессов функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, а также методы диагностики состояний технических устройств [1, 4, 6, 7, 11].

Основные результаты. Для обеспечения безопасности движения поездов и повышения надежности работы устройств СЦБ разработана информационная система диагностики и мониторинга, которая позволяет снизить технические отказы в устройствах СЦБ связи Службы Сигнализации и связи АО УБЖД за счёт применения технологии непрерывного обслуживания устройств СЦБ на Улан-Баторской железной дороге. Структурная схема системы контроля напряжения рельсовой цепи (РЦ) представлена на рисунке 1.

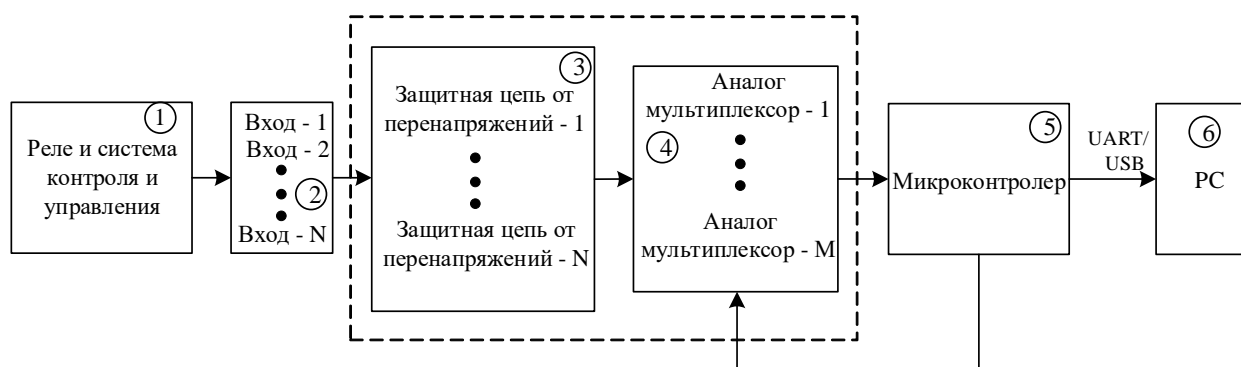


Рисунок 1 – Структурная схема системы централизованного контроля напряжения рельсовой цепи

Figure 1 – Block diagram of the system for centralized control of rail voltage

Система централизованного контроля состоит из процессора на основе микроконтроллера Atmega 328 и входной цепи, состоящей из резисторного делителя напряжения и варистора-оптрона. Принцип работы устройства мониторинга РЦ следующий. Проходя через входную цепь (2) напряжение постоянного тока рельсовой цепи с номиналом 11÷47В преобразуется в нормированный сигнал с колебанием не более 5В. Защитная цепь на варисторе (3) ограничивает входное напряжение по уровню в 47В. Далее сигнал поступает на вход аналогового мультиплексора (4), с выхода которого последовательность временных посылок подаётся на аналоговый порт MCU Atmega 328 (5), который формирует сигнал по последовательному протоколу UART для подачи в компьютер PC.

Функциональная модель автоматизированной системы контроля состояния рельсовой цепи представлена на рисунках 2 и 3.

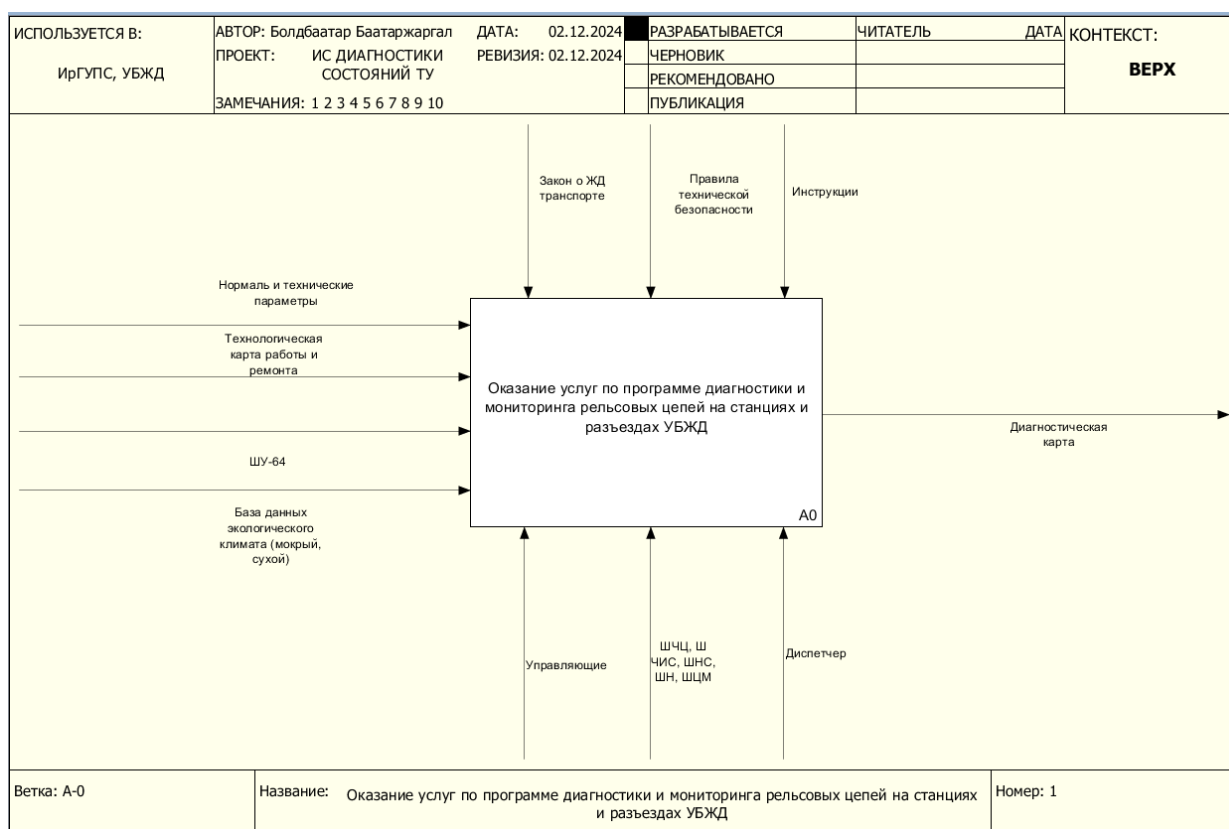


Рисунок 2 – Контекстная диаграмма автоматизированной системы контроля состояния рельсовой цепи

Figure 2 – Context diagram of an automated track circuit condition monitoring system

На вход процесса об оказании услуги по текущему содержанию и ремонту рельсовой цепи подаются нормаль и технические данные, технологическая карта работы и ремонта, данные из электронного журнала формы ШУ-64, предназначенного для оформления результатов измерений параметров устройств СЦБ на станции и база данных экологического

климата. На выработку решений оказывают влияние различные нормы, стандарты и инструкции [5, 8, 12, 13, 15, 16]. В работе системы принимают участие специалисты станций и разъездов. На выходе информационной системы формируется готовый результат оценки состояния объекта в виде диагностической карты.

Основными функциями системы по диагностике и мониторингу работы устройств СЦБ являются следующие:

- измерение основных параметров и характеристик объектов устройств СЦБ;
- выявление отказов и сбоев в работе устройств;
- контроль выполнения и автоматизация работ по обслуживанию устройств СЦБ;
- передача во внешние системы данных о поездном положении, состоянии устройств и техническом обслуживании;
- автоматическое тестирование и контроль работоспособности оборудования диагностики.

На следующей диаграмме дана декомпозиция автоматизированной системы (рис. 3).

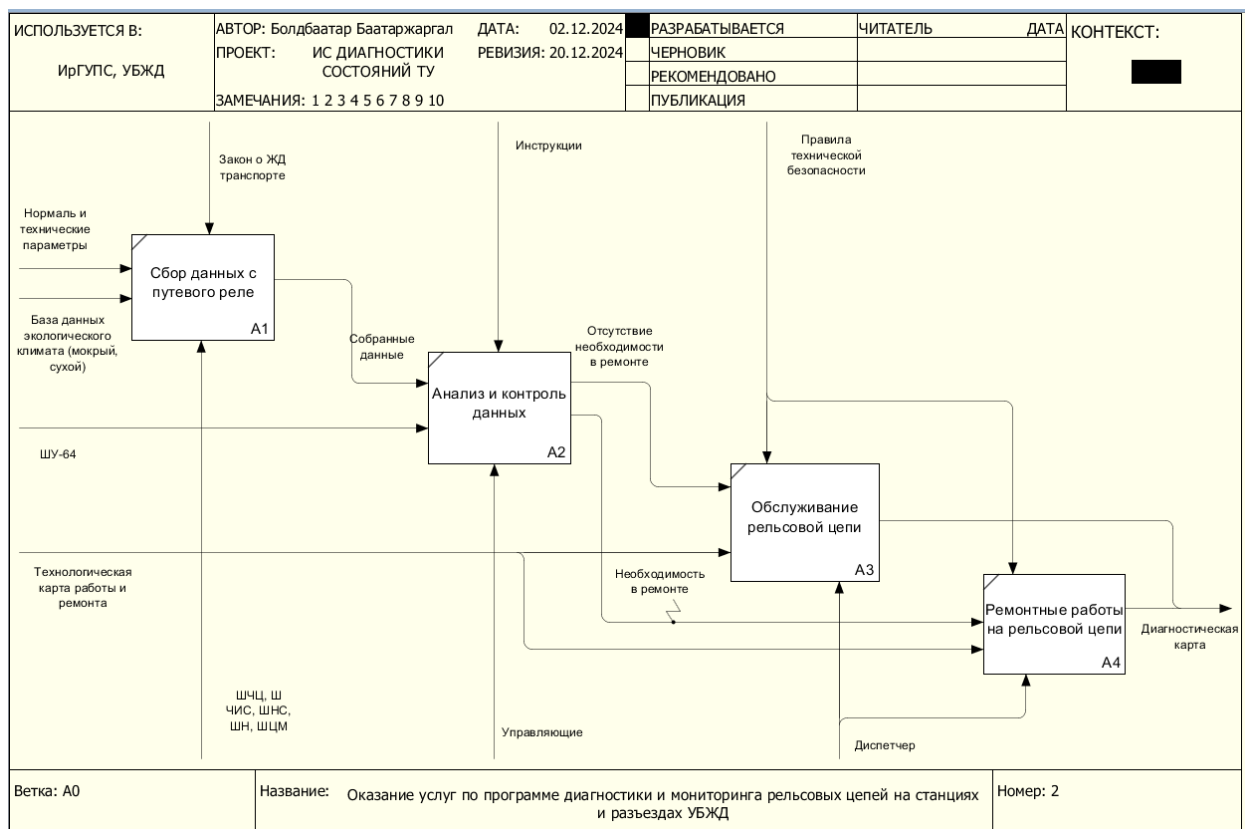


Рисунок 3 – Декомпозиция диаграммы автоматизированной системы контроля за состоянием рельсовой цепи

Figure 3 – Decomposition of the diagram of the automated system for monitoring the condition of the track circuit

Процесс “Оказание услуг по текущему содержанию и ремонту рельсовой цепи” включает следующие подсистемы: полуавтоматизированный сбор дискретных данных и измерений; концентрации и анализа данных на линейном уровне; принятие решения о необходимости в ремонте или обслуживании ж/д пути и, как результат, оформление диагностической карты. Сбор данных осуществляется автоматически с датчиков и других измерительных инструментов, а также специалистами дистанций, станций и разъездов. Собранные данные подвергаются анализу, по результатам которого управляющими формируется сообщение об отсутствии необходимости в ремонте и управление передается на блок формирования диагностической карты, содержащей положения стандартного обслуживания рельсовой цепи. Если выявлена необходимость в ремонте устройств СЦБ, то управление переходит на блок формирования диагностической карты с указанием списка необходимых ремонтных работ.

Для постоянного контроля напряжения рельсовой цепи и диагностики состояний рельсовых цепей на станциях и разъездах УБЖД разработаны алгоритмическое и программное обеспечения. Для каждой станции и разъезда ведется контроль по измерению напряжений рельсовых цепей и, следовательно, производится диагностирование состояний устройств рельсовых цепей на основе результатов измерений. При диагностировании состояний устройств рельсовых цепей используются результаты выполнения программы фильтрации по измерению напряжений рельсовых цепей при разных условиях измерительного процесса: нормальном и ненормированном условиях. Контроллер работает на программе ZTN NetWork desktop application с компиляцией Visual Studio на языке C#. Алгоритм функционирования контроллера, осуществляющего непрерывный мониторинг параметров состояний устройств СЦБ и напряжений на путевом реле, представлен на рисунке 4.

В системе диагностирования контролируются не только свободное и занятое состояния рельсовых цепей, но и величины значения напряжения на путевом реле в соответствии с нормами, в зависимости от типа рельсовых цепей. Алгоритм принятия решений по диагностике текущего состояния рельсовой цепи представлен на рисунке 5.

Если рельсовая цепь свободна от подвижного состава ($A=0$) и напряжение на путевом реле в норме, т.е. находится в соответствии с нормалью ($U=0$), то, следовательно, путевое реле ($\Pi=0$) и повторитель путевого реле ($A1=0$) находятся под током, и через контакт повторителя путевого реле получает питание реле СП1 ($B=0$) в релейном блоке СП-69. На индикаторе будет показано свободное состояние рельсовой цепи. Если на рельсовой цепи находится подвижный состав или напряжение на путевом реле ниже нормы, то обесточивается путевое реле ($\Pi=1$), и вследствие этого выключаются повторитель путевого реле ($A1=1$) и реле СП1 ($B=1$) в блоке СП-69. Рельсовая цепь становится “занятой”.

Программное обеспечение создано с использованием веб-программ PHP, HTML и Javascript, база данных реализована в системе MySQL [3, 17, 18]. На основном компьютере-сервере установлен стек LAMP для сохранения данных станций и разъемов и обеспечения других клиентов базы данных.

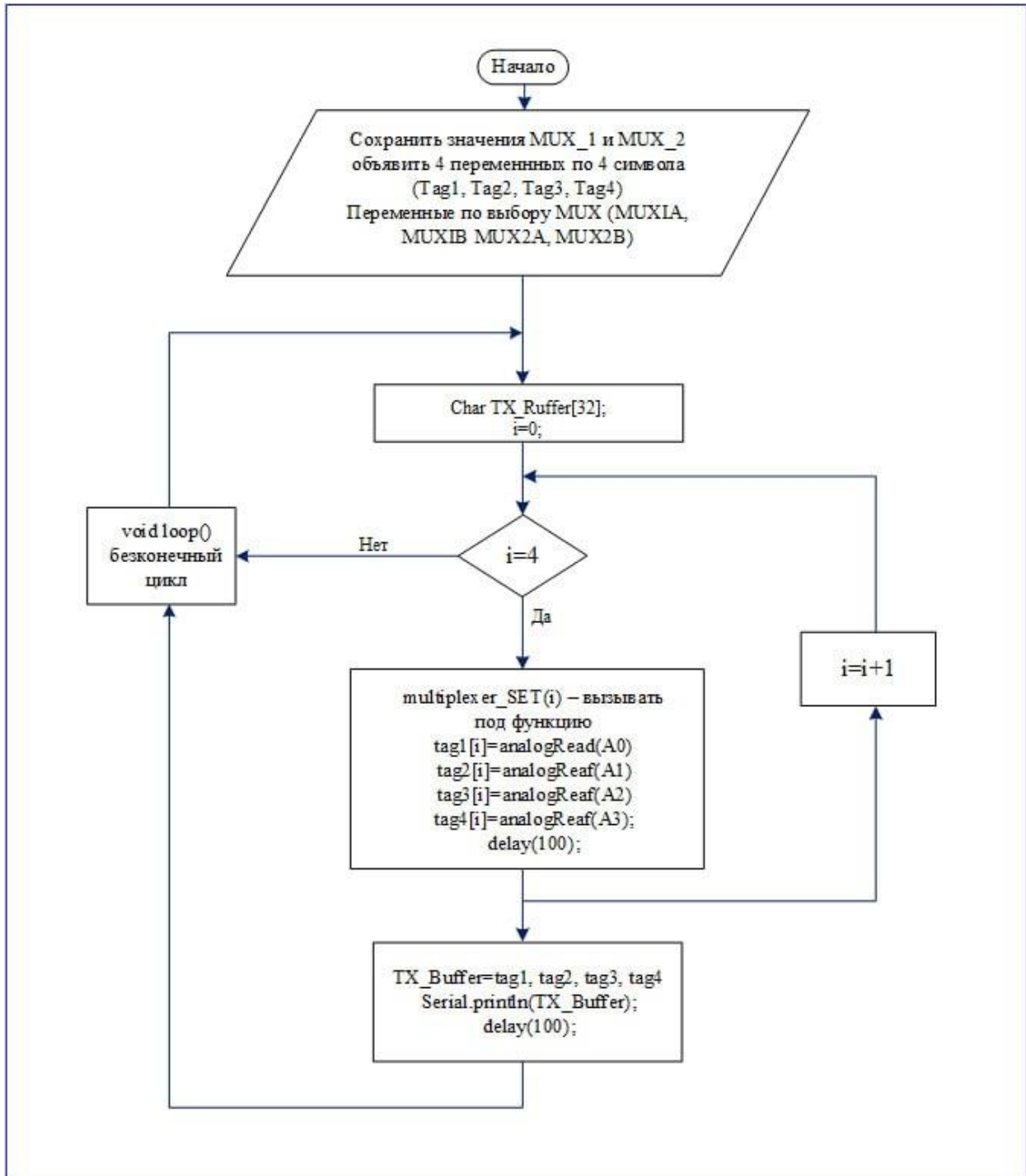


Рисунок 4 – Алгоритм работы контроллера, предназначенного для непрерывного мониторинга параметров рельсовых цепей

Figure 4 – Algorithm of operation of the controller designed for continuous monitoring of track circuit parameters

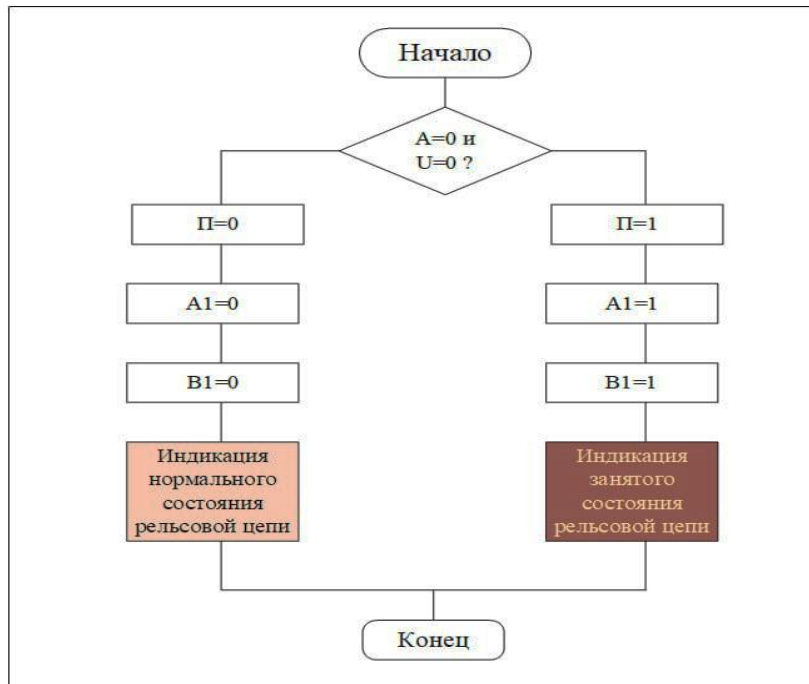


Рисунок 5 – Алгоритм принятия решений по диагностики текущего состояния рельсовой цепи

Figure 5 – Algorithm for making decisions on diagnosing the current state of the track circuit

Схема представления данных в базе данных информационной системы ЗТН приводится на рисунке 6.

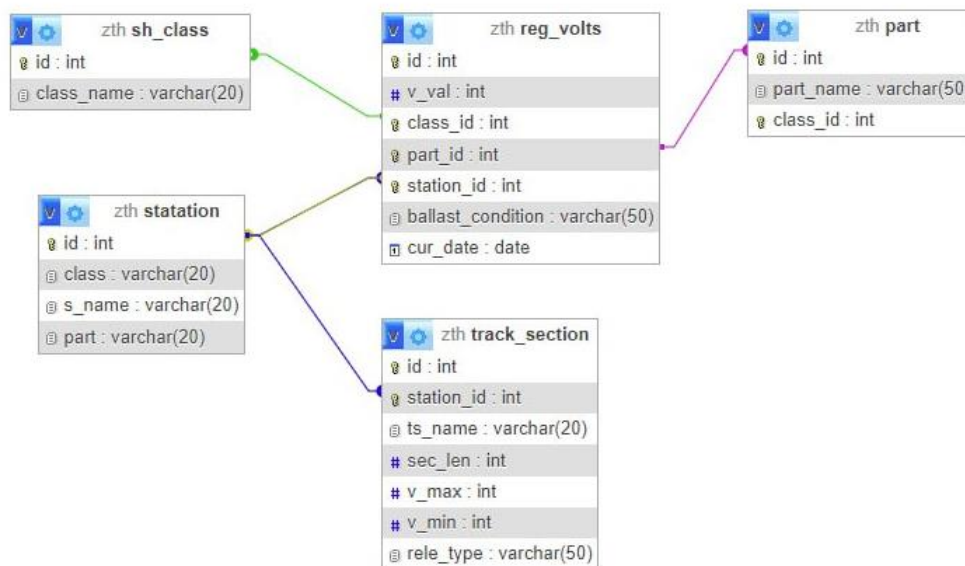


Рисунок 6 – Схема представления данных в БД ЗТН

Figure 6 – Scheme of data presentation in the ZTH database

Наименования дистанций ШЧ УБЖД содержатся в таблице zth sh_class; наименования станций, разъездов, а также линейных участков составляют таблицу zth station; названия рельсовых цепей содержатся в таблице zth part. В таблицах zth reg_volts и zth track_section вводятся все необходимые данные для контроля и измерения рельсовых цепей, такие как наименования станций, разъездов, линейных участков и условия балласта (сухой, мокрый и мороз), дата измерения, длина рельсовых цепей, типы путевого реле и нормаль напряжений на путевых реле.

Программное обеспечение информационной системы ZTH взаимодействует с установленным ПО УБЖД. На рисунке 7 приведено пользовательское окно инсталляции программы диагностики и мониторинга рельсовых цепей на станциях и разъездах УБЖД.

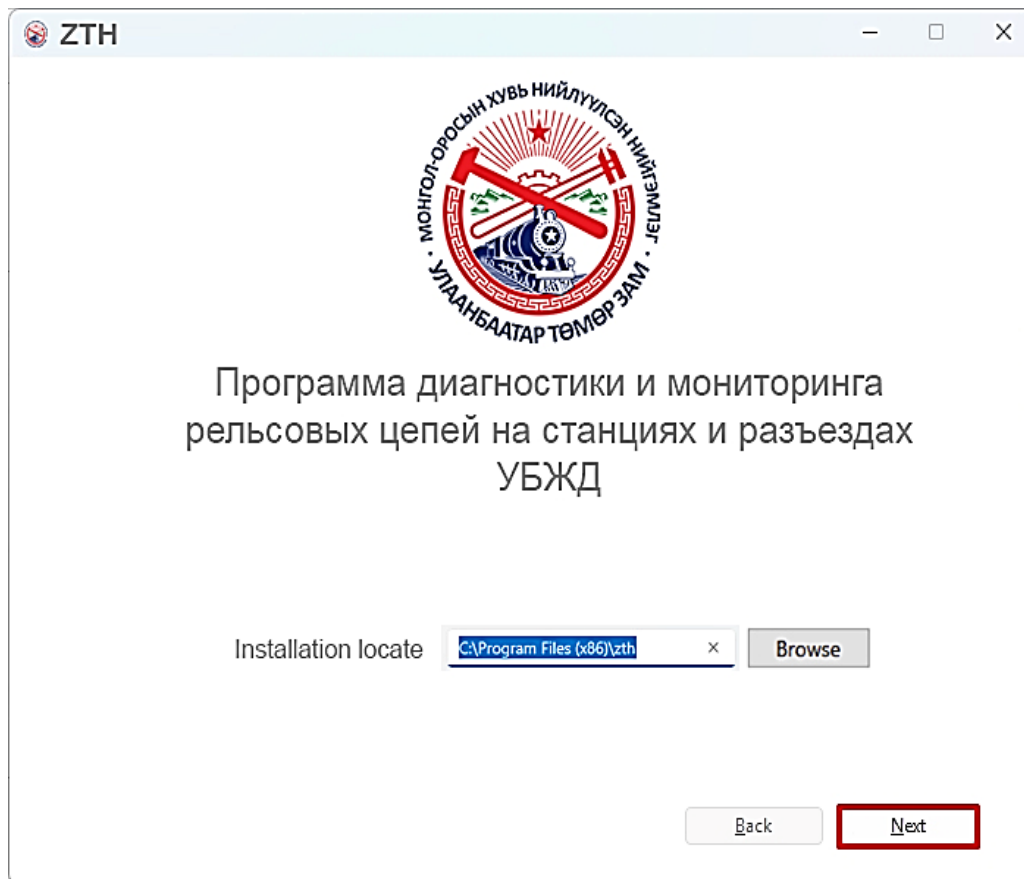


Рисунок 7 – Окно инсталляции программы ZTH

Figure 7 – ZTH software installation window

Программное обеспечение функционирования системы диагностирования и мониторинга рельсовых цепей предназначено для постоянного контроля напряжения рельсовой цепи и диагностики состояний рельсовых цепей на станциях и разъездах УБЖД. На рисунке 8 показано окно контроля значений напряжения рельсовых цепей. Если значение

напряжения не соответствует норме, то цвет фона величины напряжения на путевых реле изменяется на красный.

Окно вывода результатов осмотра текущего напряжения рельсовых цепей приведено на рисунке 9.

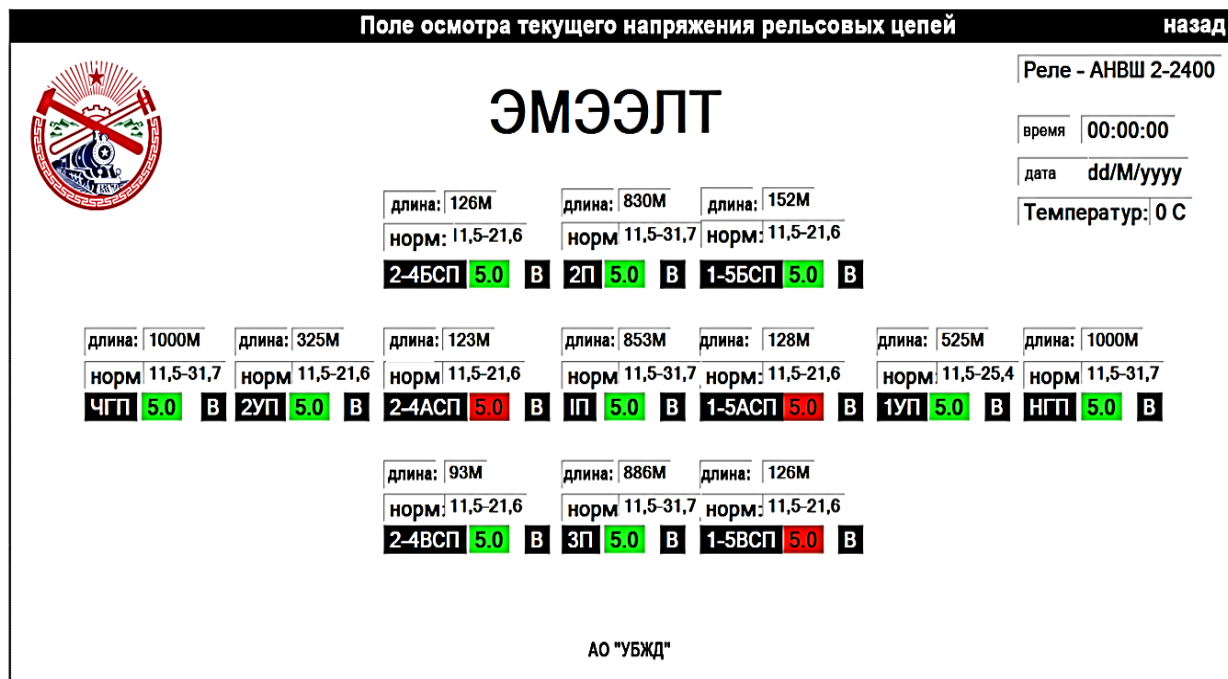


Рисунок 8 – Окно контроля значений напряжения рельсовых цепей

Figure 8 – Window for monitoring the voltage values of the track circuits

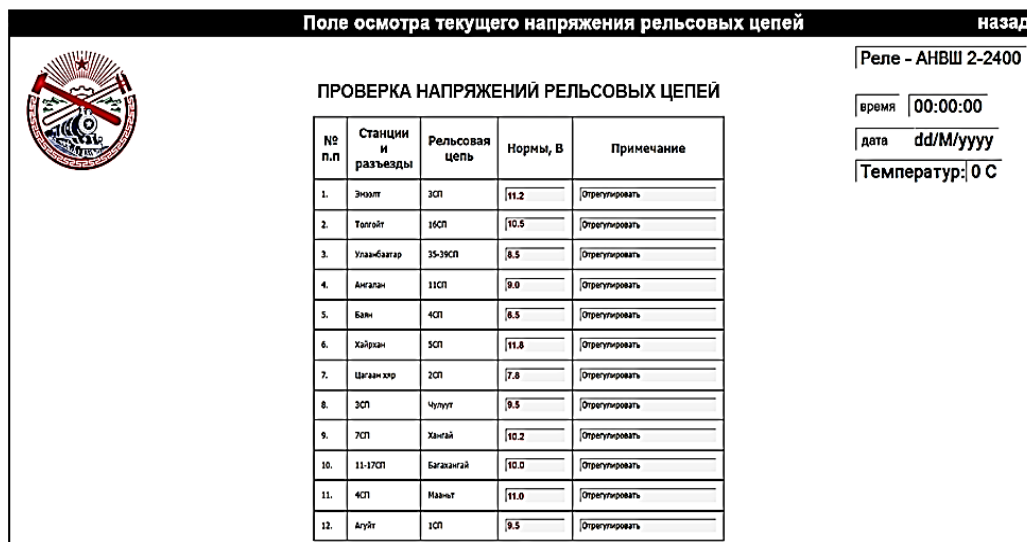


Рисунок 9 – Измеренные значения напряжений рельсовых цепей

Figure 9 – Measured values of track circuit voltages

Заключение. Изучено семейство стандартов в железнодорожном секторе EN 50128: 2016, ориентированное на безопасность и надежность программного обеспечения и электронных систем в железнодорожных приложениях.

Рассмотрены функциональность и структуры информационных систем, действующих в центральном управлении перевозками УБЖД.

Спроектирована и разработана информационная система мониторинга и диагностирования основных показателей состояний рельсовых цепей.

Разработанная информационная система “Программа диагностики и мониторинга рельсовых цепей на станциях и разъездах УБЖД” обсуждена и одобрена на совещании технического совета УБЖД и принята как “Рациональное предложение и полезная модель”.

Список литературы

1. Барсегян, А.А. Анализ данных и процессов./ А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров // 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
2. Бурэн-Итгэл, Г. Повышение эффективности использования автономных локомотивов для грузоперевозок на железных дорогах Монголии [Текст] дис. канд. техн. наук: 2.4.2 / Гантумур Бурэн-Итгэл. – Московский энергет. ин-т М. – 2022. – 131 с.
3. Веллинг, Л. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL / Л. Веллинг, Л. Томсон – Пер. с англ. Издательство Вильямс, 2011. – 447 с.
4. Гапанович, В.А. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах, учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.А. Гапанович, А.А. Грачев // М.: Маршрут, 2006 – 544 с.
5. ГОСТ 19.106-76 ЕСПД – Общие требования к программной документации.
6. Ефанов, Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д.В. Ефанов. – СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
7. Казиев, Г.Д. Технические решения по подключению автомата диагностики силовых параметров стрелочного электропривода / Г.Д. Казиев. – ООО “Компьютерные информационные технологии”, Санкт-Петербург, 2011 г.
8. Кравцов, Ю.А. Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом / Ю.А. Кравцов // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1. – № 1. – С. 7-27.
9. Павловский, А.А. Базовая составляющая Цифровой железной дороги / А.А. Павловский // Железнодорожный транспорт. – 2018. – №11. – С. 16-22.
10. Покровская, О.Д. Цифровизация транспортной отрасли / О.Д. Покровская // Транспорт : наука, техника, управление. – 2019. – №12. – С. 3-7.
11. Пультяков, А.В. Анализ уровней диагностики устройств СЦБ системой АПК-ДК / А.В. Пультяков, Д.Е. Бурдакова // Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация file:///C:/Users/SHLTS/Downloads/1068-Текст%20статьи-7265-1-10-20230520%20(8).pdf
12. Турченков, И.В. Руководство по эксплуатации аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля, система технического диагностирования и мониторинга / И.В. Турченков. – Санкт-Петербург, 2011.

13. УБЖД 2022 г. Нормаль РЦ-25-АТ-С-90, РЦ-50-13 2021 г, <https://www.ubtz.mn/maindepart/1190a5bf7c20cbeacf73829e0d46aeacac>
14. Улан-Баторская железная дорога [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alta.ru/railway/93/>. Дата обращения: 15.10.22 г.
15. Шелухин, В.И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта / В.И. Шелухин. – М.: ТРАНСПОРТ, 1990. – 120 с.
16. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Справочник. –М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
17. PHP.SU: Functions and classes [Electronic resource] / Rasmus Lerdorf, 1995. – Mode of access: <http://php.su>. – Date of access: 04.03.2015
18. PHP: Hypertext Preprocessor [Electronic resource] / Rasmus Lerdorf, 1995. – Mode of access: <http://php.net>. – Date of access: 19.05.2015
19. Sokolov, I. Digital Transport Projects with Global Navigation Satellite Systems - the road to building integrated digital transport systems / Sokolov I., Misharin A., Kupriyanovsky V., Pokusaev O., Lipuntsov Y. // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 49-77.

References

1. Barsegyan, A.A. et all. Analiz dannykh i protsessov [Data and process analysis]. SPb.: BKHV-Peterburg, 2009, 512 p.
2. Buren-Itgel, G. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya avtonomnykh lokomotivov dlya gruzoperevozok na zheleznykh dorogakh Mongolii [Improving the Efficiency of Using Autonomous Locomotives for Freight Transportation on Mongolian Railways]. Diss. Cand. Moscow, 2022, 131 p.
3. Velling, L., Tomson, L. Razrabotka veb-prilozheniy s pomoshch'yu PHP i MySQL [Developing Web Applications with PHP and MySQL]. Izdatel'stvo Vil'yams, 2011, 447 p.
4. Gapanovich, V.A., Grachev, A.A. Sistemy avtomatizatsii i informatsionnyye tekhnologii upravleniya perevozkami na zheleznykh dorogakh, uchebnik dlya studentov vuzov zheleznodorozhnogo transporta [Automation systems and information technologies for managing transportation on railways, a textbook for students of higher education institutions of railway transport]. Moscow: Marshrut, 2006, 544 p.
5. GOST 19.106-76 YESPD – Obshchiye trebovaniya k programmnoy dokumentatsii [General requirements for software documentation].
6. Yefanov, D.V. Funktsional'nyy kontrol' i monitoring ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Functional control and monitoring of railway automation and telemechanics devices]. SPb: FGBOU VO PGUPS, 2016, 171 p.
7. Kaziyev, G.D. Tekhnicheskiye resheniya po podklyucheniyu avtomata diagnostiki silovykh parametrov strelochnogo elektroprivoda [Technical solutions for connecting the automatic diagnostics of the power parameters of the pointer electric drive]. Sankt-Peterburg, 2011.
8. Kravtsov, Yu.A. Elektromagnitnaya sovместimost' rel'sovykh tsepey i elektropodvizhnogo sostava s asinkhronnym tyagovym privodom [Electromagnetic compatibility of track circuits and electric rolling stock with asynchronous traction drive]. Avtomatika na transporte, 2015, vol. 1, no. 1, pp. 7-27.
9. Pavlovskiy, A.A. Bazovaya sostavlyayushchaya Tsifrovoy zheleznoy dorogi [The core component of the Digital Railway]. Zheleznodorozhnyy transport, 2018, no. 11, pp. 16-22.
10. Pokrovskaya, O.D. Tsifrovizatsiya transportnoy otrasli [Digitalization of the transport industry]. Transport: nauka, tekhnika, upravleniye, 2019, no. 12, pp. 3-7.
11. Pul'tyakov, A.V., Burdakova D.Ye. Analiz urovney diagnostiki ustroystv STSB sistemoy APK-DK [Analysis of diagnostic levels of signaling devices by the APK-DK system].

file:///C:/Users/SHLTS/Downloads/1068-Tekst%20stat'i-7265-1-10-20230520%20(8).pdf

12. Turchenkov, I.V. Rukovodstvo po ekspluatatsii apparatno-programmnyy kompleks dispetcherskogo kontrolya, sistema tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa [Operating manual for hardware and software complex of dispatch control, technical diagnostics and monitoring system]. Sankt-Peterburg, 2011.

13. UBZHD 2022 g. Normal' RTS-25-AT-S-90, RTS-50-13 2021 g, [UBZhd 2022 Normal RC-25-AT-S-90, RC-50-13 2021]. <https://www.ubtz.mn/maindepart/1190a5bf7c20cbeacf73829e0d46aeacac>

14. Ulan-Batorskaya zheleznaya doroga [Ulaanbaatar Railway]. <https://www.alta.ru/railway/93>

15. Shelukhin, V.I. Datchiki izmereniya i kontrolya ustroystv zheleznodorozhnogo transporta [Sensors for measuring and monitoring railway transport devices]. Moscow: TRANSPORT, 1990, 120 p.

16. Elektropitayushchiye ustroystva zheleznodorozhnoy avtomatiki, telemekhaniki i svyazi [Power supply devices for railway automation, telemechanics and communications]. Spravochnik, Moscow: Transport, 1983, 248 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 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: 08.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 19.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

Деканова Нина Петровна – доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и защиты информации факультета “Управление на транспорте и информационные технологии” Иркутского государственного университета путей сообщения

Контактная информация: ФГБОУ ВО ИргУПС, 664074, Сибирский федеральный округ, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15, e-mail: dekanova_np@irgups.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6158-1270>.

Болдбаатар Баатаржаргал – магистрант кафедры информационных систем и защиты информации факультета “Управление на транспорте и информационные технологии” Иркутского государственного университета путей сообщения

Контактная информация: ФГБОУ ВО ИргУПС, 664074, Сибирский федеральный округ, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Information about authors

Nina P.Dekanova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Information Security of the Faculty of Transport Management and Information

Technology of the Irkutsk State Transport University

Contact information: Irkutsk State Transport University, 664074, Siberian Federal District, Irkutsk Region, Irkutsk, Chernyshevsky st., 15, e-mail: dekanova_np@irgups.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6158-1270>.

Boldbaatar Baatarjargal – Master's student of the Department of Information Systems and Information Security of the Faculty of Transport Management and Information Technology of the Irkutsk State Transport University

Contact information: Irkutsk State Transport University, 664074, Siberian Federal District, Irkutsk region, Irkutsk, Chernyshevsky st., 15.



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-62-73

УДК 631-637: 519.868: 519.2

Научная статья

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДСТВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ДИНАМИКО-СТОХАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

¹С.А. Петрова, ²Ян Фан, ¹А.А. Ромме, ¹А.С. Тунгускова

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

²Северо-Восточный аграрный университет, *г. Харбин, Китай*

Аннотация. В работе приводится анализ временных рядов характеристик с динамико-стохастическими свойствами, связанных с производственными процессами – волнообразным изменением уровней со значимой тенденцией роста или спада. К таким характеристикам относится урожайность сельскохозяйственных культур. Помимо биопродуктивности рассмотрены другие характеристики по отраслевому принципу – животноводство, растениеводство, вылов рыбы и добыча водных биоресурсов и заготовка пищевых дикорастущих ресурсов. Поскольку производство аграрной продукции осуществляется разными категориями хозяйств, затронуты вопросы моделирования временных рядов характеристик, отражающих деятельность всех категорий хозяйств, сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Оценка статистических свойств исследуемых характеристик позволила определить адекватные модели для описания изменчивости временных рядов. Характеристики животноводства, описывающие динамику поголовья животных и их продуктивность, как правило, изменяются без флуктуаций и могут быть описаны на разных временных отрезках трендами роста или падения. Тем не менее, встречаются примеры динамико-стохастической изменчивости, что показано на примере хронологии поголовья свиней в России. Вылов рыбы и добыча водных биоресурсов в России за многолетний период характеризуется волнообразной тенденцией роста и может быть описана с помощью многоуровневых трендов. Заготовка дикоросов, в частности, ягод имеет тенденцию роста в годы высоких урожаев. Из климатических характеристик с помощью многоуровневых трендов можно описать продолжительность безморозного периода и температуры воздуха. В частности, абсолютная зимняя минимальная температура в Иркутске может рассматриваться в виде динамико-стохастической характеристики, локальные минимумы и максимумы которой описываются линейными трендами. Таким образом, производственные и климатические характеристики, связанные с производством продовольственной продукции, можно разделить на две группы. К одной из них относятся временные ряды характеристик с динамико-стохастическими свойствами, а к другой – динамические ряды без случайных флуктуаций.

Ключевые слова: характеристика, отрасли сельского хозяйства, временной ряд, динамико-стохастические свойства, многоуровневые тренды, вероятностное распределение.

Для цитирования: Петрова С.А., Фан Ян, Ромме А.А., Тунгускова А.С. Моделирование изменчивости характеристик производства продовольственной продукции с динамико-стохастическими свойствами. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):62-73. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-62-73.

CHARACTERISTICS WITH DYNAMIC-STOCHASTIC PROPERTIES AND MODELING OF THEIR VARIABILITY

¹Sofya A. Petrova, ²Fan Yan, ¹Aleksey A. Romme, ¹Alena S. Tunguskova

¹Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk Region, Russia

²Northeast Agricultural University, *Harbin, China*

Abstract. The paper presents an analysis of time series of characteristics with dynamic-stochastic properties associated with production processes - wave-like changes in levels with a significant tendency to increase or decrease. Such characteristics include crop yields. In addition to bioproductivity, other characteristics are considered according to the industry principle - livestock farming, crop production, fish catch and extraction of aquatic bioresources and procurement of wild food resources. Since agricultural production is carried out by different categories of farms, the issues of modeling time series of characteristics reflecting the activities of all categories of farms, agricultural organizations and peasant (farming) households are touched upon. The assessment of the statistical properties of the studied characteristics made it possible to determine adequate models for describing the variability of time series. The characteristics of livestock farming, describing the dynamics of the animal population and their productivity, usually change without fluctuations and can be described at different time intervals by growth or decline trends. Nevertheless, there are examples of dynamic-stochastic variability, as shown by the example of the chronology of the pig population in Russia. Fish catch and extraction of aquatic bioresources in Russia over a long-term period are characterized by a wave-like growth trend and can be described using multi-level trends. Harvesting of wild plants, in particular berries, tends to increase in years of high yields. From the climatic characteristics, using multi-level trends, it is possible to describe the duration of the frost-free period and air temperature. In particular, the absolute minimum winter temperature in Irkutsk can be considered as a dynamic-stochastic characteristic, local minimums and maximums of which are described by linear trends. Thus, production and climate characteristics associated with the production of food products can be divided into two groups. One of them includes time series of characteristics with dynamic-stochastic properties, and the other - dynamic series without random fluctuations.

Key words: characteristic, agricultural sectors, time series, dynamic-stochastic properties, multi-level trends, probability distribution

For citation: Petrova S.A., Fan Yan, Romme A.A., Tunguskova A.S. Characteristics with dynamic-stochastic properties and modeling of their variability. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4(53):62-73. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-62-73.

Введение. Во многих источниках литературы описаны модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур на разных уровнях иерархии временного ряда: нижний (локальные минимумы), усредненный (все уровни ряда) и верхний (локальные максимумы) на разных уровнях агрегирования: сельскохозяйственная организация [15], муниципальные и агроландшафтные районы [2, 7, 8]. Нижние уровни характеризуют тенденцию изменчивости локальных минимумов, верхние

уровни отражают динамику локальных максимумов, а все уровни описывают усредненную тенденцию роста или падения [10].

Рассмотрение временных рядов в виде иерархических структур предложено в работе [6] для формирования серий многоводных и маловодных лет по данным годовых расходов воды и оценки изменчивости годовых температур воздуха. Следует упомянуть работу [5], в которой осуществляется моделирование динамики ряда многозначной структуры.

Сельское хозяйство является многоотраслевым и характеризуется большим числом показателей, с помощью которых оценивается эффективность деятельности товаропроизводителей и тенденции развития [13]. При этом рассматриваются разные стороны работы этой сложной системы для ее развития [1, 3, 14, 17]. Каждый показатель или характеристика имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при прогнозировании и планировании производства продовольственной продукции. Благодаря цифровым технологиям разные сельскохозяйственные процессы детализируются [12].

Целью исследования является выделение характеристик, связанных с разными видами производства продовольственной продукции, временные ряды которых обладают динамико-стохастическими свойствами, и построение моделей их изменчивости для решения прогностических задач.

Для достижения цели решались задачи: многоуровневого моделирования характеристик разных отраслей сельского хозяйства; построения динамико-стохастических моделей с учетом категорий хозяйств.

Материалы и методы. В работе использованы данные о временных рядах поголовья различных видов сельскохозяйственных животных в России [11, 16], вылова рыбы и добыче биоресурсов в России [19], промышленного вылова рыбы во внутренних водоемах страны [4], объемов производства кашемира в Монголии [9], заготовки дикоросов в Иркутской области в период деятельности коопзверопромхозов [11]. В наибольшем количестве проанализированы урожайности сельскохозяйственных культур сельскохозяйственных организаций и муниципальных районов, полученные из бухгалтерских отчетов хозяйств и информации Иркутскстата.

Ряды рассматривались в виде иерархических структур [6, 10]. Для построения трендовых моделей использован регрессионный анализ. Помимо классических критериев оценки точности и значимости уравнений регрессии использован критерий минимизации числа неблагоприятных и благоприятных событий [2].

Основные результаты. Анализ рядов характеристик, связанных с производством аграрной продукции, выловом рыбы и добычей биоресурсов, заготовкой пищевых дикорастущих ресурсов для разных ступеней агрегирования, начиная от предприятий и заканчивая регионами и странами, показывает, что они могут быть детерминированными, обладать динамико-стохастическими свойствами и варьировать как случайные величины.

Рассмотрим временные ряды разных отраслей, которые обеспечивают продовольственной продукцией население.

Растениеводство. Важной характеристикой, идентифицирующей состояние и развитие производства растениеводческой продукции, является урожайность сельскохозяйственных культур. Она в свою очередь содержит в себе валовой сбор и площадь посева. Анализ большого числа рядов биопродуктивности сельскохозяйственных культур всех категорий хозяйств и организаций показывает, что они могут быть описаны значимыми многоуровневыми трендами, изменяться случайным образом или обладать частично трендами и случайными флуктуациями. На рисунке 1 для примера приведен ряд урожайности пшеницы в Пакистане, который описывается многоуровневыми линейными трендами с коэффициентами детерминации на уровне 0.98. При этом уровни значимости F -критерия Фишера близки к нулю, а t -статистики Стьюдента значительно превышают табличные значения. Число неблагоприятных событий составило 15, а благоприятных – 10. Вероятности перехода уровней в благоприятные и неблагоприятные события соответствуют 0.281 и 0.204. Другими словами, неблагоприятные события проявляют себя 1 раз в 3-4 года.

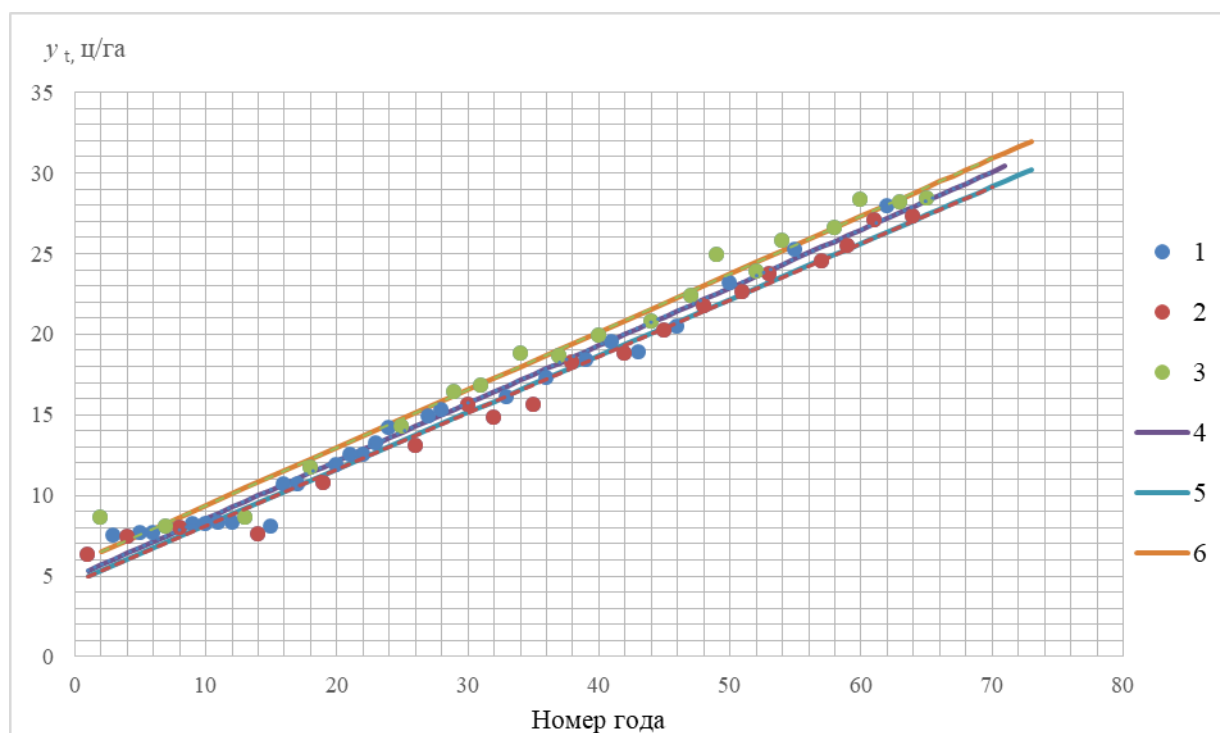


Рисунок 1 – Линейные тренды исходного ряда (4, точки 1), локальных минимумов (5, точки 2) и локальных максимумов (6, точки 3) по данным урожайности пшеницы в Пакистане за 1952-2016 гг.

Figure 1 – Linear trends of the original series (4, points 1), local minima (5, points 2) and local maxima (6, points 3) based on wheat yield data in Pakistan for 1952-2016

В литературе рассмотрены разные стороны многоуровневого моделирования урожайности сельскохозяйственных культур [2, 8, 15]. Во-первых, проанализированы многолетние ряды характеристики биопродуктивности на разных уровнях агрегирования, включая сельскохозяйственные организации, муниципальные районы, агроландшафтные районы, регион и страны. Во-вторых, рассмотрены временные ряды характеристики разных категорий хозяйств, в основном это “все категории” и “сельскохозяйственные организации”. В-третьих, определены наиболее приемлемые виды функций для многоуровневого моделирования, к которым относятся: линейная, степенная, экспоненциальная, логарифмическая, асимптотическая, логистическая и параболическая. В-четвертых, предложен алгоритм выделения событий на основе применения многоуровневых трендов. В-пятых, разработана методика вероятностной оценки событий, связанных с потерями и приростом урожайности сельскохозяйственных культур.

Обобщая опыт многоуровневого моделирования по урожайности сельскохозяйственных культур, можно сделать следующие выводы:

- ряды характеристики для сельскохозяйственных организаций, как правило, обладают небольшим объемом, что затрудняет построение многоуровневых трендов;

- непредсказуема изменчивость овощных культур для всех категорий хозяйств Иркутской области, что, по-видимому, обусловлено большой долей производства этой продукции личными подсобными хозяйствами;

- в разных муниципальных районах наблюдаются разные тенденции преимущественно роста характеристики биопродуктивности;

- для использования закономерностей изменчивости рядов при оптимизации производства аграрной продукции часто приходится использовать многоуровневое моделирование при сочетании случайных и детерминированных характеристик биопродуктивности.

В дополнение к краткому анализу применения многоуровневых трендов для моделирования добавим особенности изменчивости многолетних рядов заготовки дикоросов в Иркутской области [11]: ягод, грибов и кедрового ореха. Ряды объемов заготовки двух последних пищевых ресурсов представляют собой случайные выборки. При этом ряд объемов заготовки ягод обладает трендами, один из которых, описывающий локальные максимумы, является значимым. Поэтому ряды этого пищевого ресурса можно с невысокой точностью моделировать с учетом трендов.

Животноводство. Для анализа многолетних временных рядов характеристик этой отрасли использованы данные по поголовью крупного рогатого скота, мелкого рогатого скота, свиней и птицы, а также молочная продуктивность коров на территории России. На рисунке 2 показано поголовье крупного рогатого скота в РСФСР и России за период 1986-2023 гг.

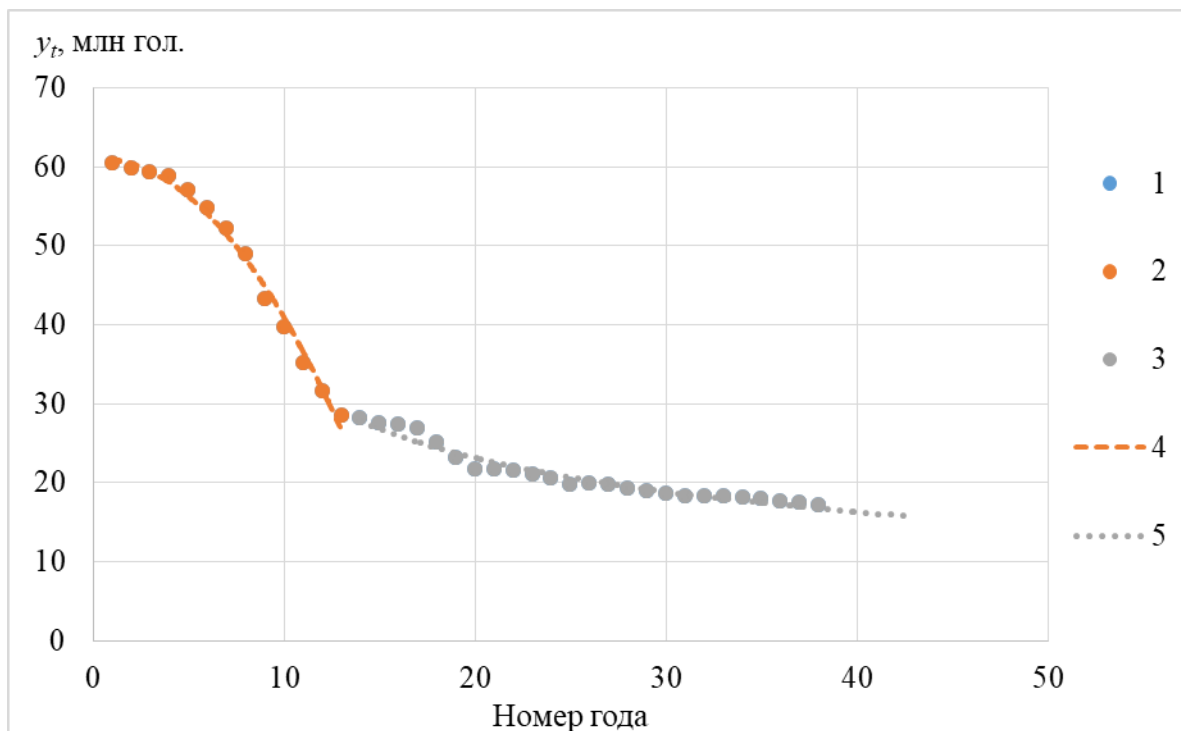


Рисунок 2 – Поголовье крупного рогатого скота в РСФСР и России за период 1986-2023 гг. (показатель по состоянию на конец года)

1 – исходный ряд; 2 – ряд за период 1986-1998 гг.; 3 – ряд за период 1999-2023 гг.;
 полиномиальная и степенная – линии тренда построенные по рядам 2 и 3 соответственно

Figure 2 – Number of cattle in the RSFSR and Russia for the period 1986-2023 (indicator as of the end of the year)

1 – original series; 2 – series for the period 1986-1998; 3 – series for the period 1999-2023;
 polynomial and power – trend lines constructed for series 2 and 3, respectively

Согласно рис. 2 динамику этой характеристики можно описать двумя трендами: параболой $y_t = -0,211t^2 + 0,0895t + 61,1$ (1986-1998 гг.), степенной функцией $y_t = 105,7t^{-0,507}$ (1999-2023 гг.) с коэффициентами детерминации, близкими к единице. Другими словами, временной ряд поголовья крупного рогатого скота характеризуется трендом, близким к функциональной зависимости характеристики от времени. Аналогичными свойствами обладают ряды поголовья мелкого рогатого скота и птицы в России.

Несколько по-другому изменяется ряд поголовья свиней. В период 1946-1985 гг. динамику этой характеристики можно описать многоуровневыми трендами с использованием степенной функции, а после 1986 г. – с помощью функциональной зависимости. В таблице приведены уравнения трендов динамико-стохастического ряда поголовья свиней, а также их оценки по статистическим критериям.

В дополнение к этому многоуровневыми трендами обладает ряда мытого кашемира в Монголии. При этом динамику этой характеристики отражает полином второй степени. Однако из-за недостаточного количества данных тренд локальных минимумов искажает физический смысл иерархии ряда.

Таблица – Многоуровневые тренды (логистические функции) поголовья свиней (тыс. гол.) за период 1946-1985 гг. и вылова рыбы и добычи водных биоресурсов в России за период 1994-2023 гг.

Table – Multi-level trends (logistics functions) of the pig population (thousand heads) for the period 1946-1985 and fish catch and aquatic bioresource extraction in Russia for the period 1994-2023.

Уровень	Уравнение	R^2	F-критерий Фишера	Уровень значимости	t-статистика	Число событий
Поголовье свиней						
Средний	$y = 4.24t^{0.62}$	0.93	513.11	1.14×10^{-23}	22.65	-
Нижний	$y = 4.09t^{0.60}$	0.98	317.12	2.01×10^{-6}	17.81	6
Верхний	$y = 7.01t^{0.49}$	0.81	25.51	0.0023	5.05	6
Вылов рыбы и добыча водных биоресурсов						
Средний	$y = 5.38 / (1 + e^{-0.09t})$	0.80	113.75	2.28×10^{-11}	-10.66	-
Нижний	$y = 4.48 / (1 + e^{-0.07t})$	0.86	38.63	0.002	-6.21	7
Верхний	$y = 5.38 / (1 + e^{-0.13t})$	0.81	26.30	0.004	-5.13	6

Отметим также, что молочная продуктивность коров в России по данным 1994-2022 гг. может быть описана в виде экспоненты с коэффициентом детерминации 0.98. Другими словами, поголовье сельскохозяйственных животных и молочная продуктивность по данным рядов с большими объемами в большинстве случаев не обладают колебаниями и могут быть описаны как характеристики, близкие к детерминированным. Вместе с тем в некоторые эпохи наблюдаются флуктуации с однонаправленной тенденцией. В этом случае применимо многоуровневое моделирование.

Вылов рыбы и добыча водных биоресурсов. Рассмотрим динамику вылова рыбы и добычу водных биоресурсов в России за период 1994-2023 гг. Этот ряд характеризуется динамико-стохастическими свойствами (рис. 3). Все тренды значимы и обладают удовлетворительной точностью. Они описаны с помощью логистической функции.

Вероятность перехода уровней в неблагоприятные события составила 0.106, а в благоприятные события 0.282. Тренды и вероятности переходов показывают, что неблагоприятные события встречаются 1 раз в 9-10 лет, а благоприятны – 1 раз в 3-4 года. В продолжение анализа рядов, связанных с выловом рыбы и добычей водных биоресурсов подчеркнем, что согласно данным о динамике промышленного вылова рыбы во внутренних водоёмах России за 2014-2023 гг. [4] ряды этих характеристик можно отнести к динамико-стохастическим.

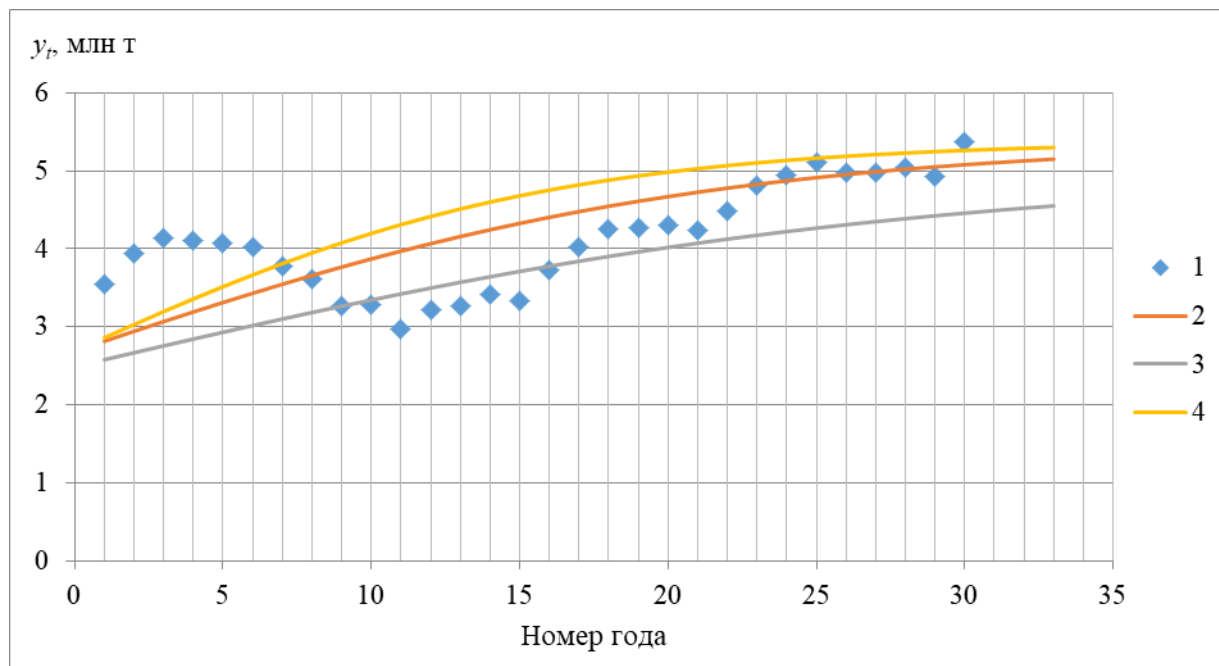


Рисунок 3 – Многоуровневые тренды (логистические функции) по данным объёмов вылова рыбы и добычи водных биоресурсов в России, за период 1994-2023 гг.
1 – исходный ряд; 2 – средний уровень; 3 – нижний уровень; 4 – верхний уровень

Figure 3 – Multi-level trends (logistic functions) based on data on fish catch volumes and aquatic bioresource extraction in Russia, for the period 1994-2023.
1 – initial series; 2 – average level; 3 – lower level; 4 – upper level

Заключение. В работе рассмотрена изменчивость временных рядов характеристик разных отраслей, связанных с производством продовольственной продукции, на предмет возможности многоуровневого моделирования.

Показано, что динамико-стохастическими свойствами обладают преимущественно характеристики производства растениеводческой продукции.

Что касается животноводческой отрасли, то ряды поголовья сельскохозяйственных животных и молочной продуктивности коров могут быть описаны функциональными зависимостями.

Временные ряды характеристик вылова рыбы и добычи водных биоресурсов обычно представляют собой многоуровневые последовательности, позволяющие моделировать значения для неблагоприятных, благоприятных и усредненных условий.

Многоуровневые модели апробированы на данных многолетних временных рядов характеристик на уровне страны, региона и муниципального района. Сложности применения многоуровневого моделирования для сельскохозяйственных организаций вызваны недостаточным объемом информации.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 24-21-00502.

Список литературы

1. Агротехнопарки как средство и механизм преодоления системного кризиса сельского хозяйства России / В.В. Мелихов, А.А. Новиков, К.Ю. Козенко, О.П. Комарова // *Фундаментальные исследования*. 2019. – №4. – С. 84-88.
2. Алгоритм моделирования характеристик производства растениеводческой продукции при неблагоприятных условиях / Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова // *Инженерный вестник Дона*. – 2024. – № 9 (117). – С. 676-694.
3. Беляева, А.С. О проблемах и перспективах цифровой трансформации отечественного АПК / А.С. Беляева, А.А. Никитина // *Достижения науки и техники АПК*. – 2023. – Т. 37. – №1. – С. 34–40. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_1_34.
4. Быков, А.Д. Динамика промышленного вылова рыбы во внутренних водоёмах России за 2014 – 2023 гг. / А.Д. Быков, С.Ю. Бражник, В.С. Боркичев // *Труды ВНИРО*. – 2024. – Т. 196. – С. 74-106.
5. Выгодчикова, И.Ю. Моделирование динамических рядов многозначной структуры на базе равномерного приближения в метрике Хаусдорфа / И.Ю. Выгодчикова // *Прикладная информатика*. – 2016. – Том 11. – №6 (66). – С. 129-142.
6. Дружинин, И.П. Динамика многолетних колебаний речного стока / И.П. Дружинин, В.Р. Смага, А.Н. Шевнин. – М.: Наука, 1991. – 176 с.
7. Иваньо, Я.М. Моделирование производства растениеводческой продукции в Боханско-Осинском лесостепном агроландшафтном районе / Я.М. Иваньо, В.В. Цыренжапова // *Вестник ИрГСХА*. – 2024. – № 120. – С. 15-25.
8. Иваньо, Я.М. Оценка потерь урожайности сельскохозяйственных культур в Балаганско-Нукутском остепненном агроландшафтном районе / Я.М. Иваньо, Е.С. Тулунова, Д.Р. Чернигова // В сборнике: *Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”*. – Молодежный, 2024. – С. 128-134.
9. Иваньо, Я.М. Тренды развития козоводства в Монголии для получения продукции кашемира / Я.М. Иваньо, А. Энхбат // *Цифровые технологии и математическое моделирование в науке, образовании и производстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции для преподавателей и научных сотрудников*. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2024. – С. 131-137.
10. Иваньо, Я.М. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова // *Актуальные вопросы аграрной науки*. – 2022. – № 42. – С. 48-57.
11. Кружков, Н.А. История Иркутского треста коопзверопромхозов / Н.А. Кружков, Ю.Е. Вашукевич. – Иркутск, 2013. – 147 с.
12. Максимов, Р.А. Множественный регрессионный анализ как способ дифференциации урожайности по фазам роста и развития генотипов ячменя (*Hordeum vulgare L.*) / Р.А. Максимов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 29–34. – DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10404.
13. Медведева, Н.А. Региональная система сельского хозяйства как сложная экономическая категория / Н.А. Медведева // *Молочнохозяйственный вестник*. – 2015. – №1 (17), I кв. – С. 114 -120.
14. Никитина, В.И. Влияние метеорологических факторов на урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов гречихи посевной в лесостепной зоне Южно-Минусинского округа / В.И. Никитина, В.В. Вагнер // *Вестник КрасГАУ*. – 2022. – № 5. – С. 3-8. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-3-8.
15. Оптимизация производства сельскохозяйственной продукции при сочетании орошаемых и неорошаемых земель / Я.М. Иваньо, Е.А. Ковалева, Ю.М. Краковский, С.А.

Петрова // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т.38. – №5. – С. 48-54. – DOI:10/53859/02352451_2024_38_5_48.

16. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат.сб. / Росстат. – М., 2023. – 103 с. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel_hoz-vo_2023.pdf (дата обращения 24.11.2024).

17. Солодун, В.И. Агроэкологические аспекты формирования структуры использования пашни в Иркутской области / В.И. Солодун., В.В. Луговнина // География и природные ресурсы. – 2023. – Т. 44. – № 3. – С. 111-116.

18. Поголовье скота и птицы в России [Электронный ресурс]. – URL: <https://refru.ru/animals.html> (дата обращения 24.11.2024).

19. Рыболовство в России [Электронный ресурс]. – URL: <https://refru.ru/fishery.html> (дата обращения 24.11.2024).

References

1. Melikhov, V.V. et all. Agrotekhnoparki kak sredstvo i mekhanizm preodoleniya sistemnogo krizisa sel'skogo khozyaystva Rossii [Agrotechnoparks as a means and mechanism for overcoming the systemic crisis of n agriculture of Russia]. Fundamental'nyye issledovaniya, 2019, no. 4, pp. 84-88.

2. Ivanyo, Ya.M. et all. Algoritm modelirovaniya kharakteristik proizvodstva rasteniyevodcheskoy produktsii pri neblagopriyatnykh usloviyakh [Algorithm for modeling the characteristics of crop production under unfavorable conditions]. Inzhenernyy vestnik Dona, 2024, no. 9 (117), pp. 676-69.

3. Belyayeva, A.S., Nikitina, A.A. O problemakh i perspektivakh tsifrovoy transformatsii otechestvennogo APK [On the problems and prospects of digital transformation of the domestic agro-industrial complex]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2023, vol. 37, no. 1, pp. 34-40, DOI: 10.53859/02352451_2023_37_1_34.

4. Bykov, A.D. et all. Dinamika promyshlennogo vylova ryby vo vnutrennikh vodoyomakh Rossii za 2014 – 2023 gg. [Dynamics of industrial fish catch in inland waters of Russia for 2014- - 2023]. Trudy VNIR, 2024, vol. 196, pp. 74-106.

5. Vygodchikova, I.Yu. Modelirovaniye dinamicheskikh ryadov mnogoznachnoy struktury na baze ravnomernogo priblizheniya v metrike Khausdorfa [Modeling of time series multi-valued structures based on uniform approximation in the Hausdorff metric]. Prikladnaya informatika, 2016, vol. 11, no. 6 (66), pp. 129-142.

6. Druzhinin, I.P. et all. Dinamika mnogoletnikh kolebaniy rechnogo stoka [Dynamics of long-term fluctuations in river flow]. Moscow: Nauka, 1991, 176 p.

7. Ivanyo, Ya.M., Tsyrenzhapova, V.V. Modelirovaniye proizvodstva rasteniyevodcheskoy produktsii v Bokhansko-Osinskom lesostepnom agrolandshaftnom rayone [Modeling of crop production in the Bokhansky-Osinsky forest-steppe agro-landscape area]. Vestnik IrGSKHA, 2024, no. 120, pp. 15-25.

8. Ivanyo, Ya.M. et all. Otsenka poter' urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Balagansko-Nukutskom ostepnennom agrolandshaftnom rayone [Assessment of crop yield losses in the Balagan-Nucut steppe agrolandshaft area]. Molodezhnyy, 2024, pp. 128-134.

9. Ivanyo, Ya.M., Enkhat, A. Trendy razvitiya kozovodstva v Mongolii dlya polucheniya produktsii kashemira [Trends in the development of goat breeding in Mongolia for obtaining products of cashmere]. Molodezhnyy: Izd-vo Irkutskiy GAU, 2024, pp. 131-137.

10. Ivanyo, Ya.M., Petrova, S.A. Ob odnom algoritme vydeleniya anomal'nykh urovney vremennogo ryada dlya otsenki riskov [About one algorithm for selecting anomal levels of a time series for risk assessment]. Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki, 2022, no. 42, pp. 48-57.

11. Kruzhkov, N.A., Vashukevich, Yu.E. Istoriya Irkutskogo tresta koopzveropromkhozov [History of the Irkutsk trust of the cooperative animal-industrial economy]. Irkutsk, 2013, 147 p.

12. Maksimov, R.A. Mnozhestvennyy regressionnyy analiz kak sposob differentsiatsii urozhaynosti po fazam rosta i razvitiya genotipov yachmenya (*Hordeum vulgare* L.) [Multiple regression analysis as a way to differentiate yield by the phases of growth and development of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2021, vol. 35, no. 4. pp. 29-34, DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10404.

13. Medvedeva, N.A. Regional'naya sistema sel'skogo khozyaystva kak slozhnaya ekonomicheskaya kategoriya [Regional system of agriculture as a complex economic category]. Molochnokhozyaystvennyy vestnik, 2015, no. 1 (17), pp. 114-120.

14. Nikitina, V.I., Vagner, V.V. Vliyaniye meteorologicheskikh faktorov na urozhaynost' i prodolzhitel'nost' vegetatsionnogo perioda sortov grechikhi posevnoy v lesostepnoy zone Yuzhno-Minusinskogo okruga [The influence of meteorological factors on the yield and duration of the growing season of buckwheat varieties in the forest-steppe zone of the South Minusinsk district]. Vestnik KrasGAU, 2022, no. 5, pp. 3-8, DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-3-8.

15. Ivanyo, Ya.M. et al. Optimizatsiya proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii pri sochetanii oroshaemyh i neoroshaemyh zemel' [Optimization of agricultural production with a combination of irrigated and rain-fed lands]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2024, vol. 38, no. 5, pp. 48-54.

16. Sel'skoye khozyaystvo v Rossii [Agriculture in Russia]. 2023: Stat.sb. Rosstat. Moscow, 2023, 103 p, URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Sel_xoz-vo_2023.pdf (data obrashcheniya 24.11.2024).

17. Solodun, V.I., Lugovnina, V.V. Agroekologicheskiye aspekty formirovaniya struktury ispol'zovaniya pashni v Irkutskoy oblasti [Agroecological aspects of the formation of the structure of arable land use in Irkutsk oblast]. Geografiya i prirodnyye resursy, 2023, vol. 44, no. 3, pp. 111-116.

18. Pogolov'ye skota i ptitsy v Rossii [Livestock and poultry population in Russia], URL: <https://refru.ru/animals.html>

19. Rybolovstvo v Rossii [Fisheries in Russia], URL: <https://refru.ru/fishery.html>

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: 16.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 20.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

Сведения об авторах

Петрова Софья Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: 664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, п. Молодежный 1/1; e-mail: sofia.registration@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9586-583X>.

Фан Ян – профессор Северо-Восточного аграрного университета.

Контактная информация: Китай, г. Харбин, Северо-Восточный аграрный университет, e-mail: xiaozhang@neau.edu.cn.

Ромме Алексей Александрович – специалист-внедонец 1С, ООО “АЛП-Информационные системы”.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный; e-mail: rector@igsha.ru.

Тунгускова Алёна Сергеевна – магистрант 3-го курса направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный; e-mail: rector@igsha.ru.

Information about authors

Sofya A. Petrova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling of the Institute of Economics, Management and Applied Informatics Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia; e-mail: sofia.registration@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9586-583X>.

Fan Yan – Professor at Northeast Agricultural University.

Contact information: Harbin, China, Northeast Agricultural University, e-mail: xiaozhang@neau.edu.cn.

Aleksey A. Romme – 1С implementation specialist, ALP-Information Systems LLC.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia; e-mail: rector@igsha.ru.

Alena S. Tunguskova – 3rd year Master's student of the program 09.04.03 Applied Informatics at the Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia; e-mail: rector@igsha.ru.



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-74-84

УДК 519.2: 338.5

Научная статья

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОУРОВНЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПО ТРЕНДОВЫМ И АВТОРЕГРЕССИОННЫМ МОДЕЛЯМ

М.Н. Полковская, А.А. Баймаков, А.О. Замираев

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Аннотация. Работа посвящена сравнительному анализу моделей прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнились многоуровневые тренды и авторегрессионные модели. В качестве исходных данных в работе использованы ряды урожайности различных сельскохозяйственных культур (пшеница, ячмень, овес) по трем муниципальным (Иркутский, Усольский, Черемховский) и одному агроландшафтному (Юго-Восточный лесостепной) районам за 1996-2023 гг. Исходная обработка данных состояла в построении многоуровневых трендов выбранных характеристик. При этом из значений исходного ряда выделены последовательности локальных максимумов и минимумов. В качестве функции тренда использовано логистическое выражение. Выбор функции основан на оценке точности по коэффициенту детерминации R^2 , значимости уравнений и его коэффициентов по F -критерию Фишера и t -статистике Стьюдента. Кроме этих критериев, дополнительно определено число благоприятных и неблагоприятных событий. После завершения статистической обработки урожайности сельскохозяйственных культур эти характеристики подвергались моделированию с помощью авторегрессионного анализа. Для рядов, обладающих значимым высоким первым коэффициентом автокорреляции ($R_1 > 0.70$), построены уравнения авторегрессии с оценкой их точности и значимости. Для сравнения результатов, прилученных на основании многоуровневых трендов и авторегрессионных моделей временных рядов, рассчитаны значения ретроспективного прогноза на 2023 год. Расчетные значения сопоставлены с фактическими данными, определены их относительные погрешности. Установлено, что потенциал многоуровневых трендов значительно шире, чем у авторегрессионных зависимостей. Во-первых, можно прогнозировать разные уровни для усредненных, благоприятных и неблагоприятных условий в отличие от авторегрессионных уравнений, позволяющих получать прогностические результаты с упреждением один год. Сравнительные результаты согласно относительной погрешности и ретроспективному прогнозу показали преимущество многоуровневых трендовых моделей. Между тем некоторые ряды не могут быть описаны многоуровневыми трендами, но характеризуются значимыми авторегрессионными уравнениями. Поэтому выбор той или иной модели нужно обосновывать особенностями изменчивости рядов.

Ключевые слова: многоуровневые тренды, авторегрессионная модель, урожайность сельскохозяйственной культуры, прогнозирование, агроландшафтный район, муниципальный район.

Для цитирования: Полковская М.Н., Баймаков А.А., Замираев А.О. Сравнительный анализ результатов многоуровневого прогнозирования по трендовым и авторегрессионным моделям. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):74-84. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-74-84.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF MULTILEVEL FORECASTING USING TREND AND AUTOREGRESSIVE MODELS

Marina N. Polkovskaya, Alexander A. Baymakov, Alexey O. Zamaraev

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

Abstract. The paper is devoted to a comparative analysis of crop yield forecasting models. Multilevel trends and autoregressive models were compared. The initial data used in the paper were crop yield series for various agricultural crops (wheat, barley, oats) in three municipal (Irkutsky, Usolsky, Chermkhovsky) and one agro-landscape (South-Eastern forest-steppe) districts for 1996-2023. The initial data processing consisted in constructing multilevel trends of the selected characteristics. In this case, sequences of local maxima and minima were identified from the values of the initial series. The logistic expression was used as a trend function. The choice of the function is based on the accuracy assessment by the determination coefficient R^2 , the significance of the equations and its coefficients by Fisher's F-test and Student's t-statistics. In addition to these criteria, the number of favorable and unfavorable events was additionally determined. After completing the statistical processing of agricultural crop yields, these characteristics were modeled using autoregressive analysis. For series with a significant high first autocorrelation coefficient ($R_1 > 0.70$), autoregressive equations were constructed with an assessment of their accuracy and significance. To compare the results obtained on the basis of multi-level trends and autoregressive models of time series, the values of the retrospective forecast for 2023 were calculated. The calculated values were compared with the actual data, their relative errors were determined. It was found that the potential of multi-level trends is much wider than that of autoregressive dependencies. Firstly, it is possible to predict different levels for average, favorable and unfavorable conditions, unlike autoregressive equations, which allow you to obtain prognostic results with a lead time of one year. Comparative results according to the relative error and retrospective forecast showed the advantage of multi-level trend models. Meanwhile, some series cannot be described by multilevel trends, but are characterized by significant autoregressive equations. Therefore, the choice of one or another model must be justified by the features of the variability of the series.

Keywords: multilevel trends, autoregressive models, crop yield, forecasting, agricultural landscape area, municipal area.

For citation: Polkovskaya M.N., Baymakov A.A., Zamaraev A.O. Comparative analysis of the results of multilevel forecasting using trend and autoregressive models. *Electronic scientific-Practical journal “Actual issues of agrarian science”*. 2024; 4(53):74-84. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-74-84.

Введение. Моделирование различных тенденций необходимо для определения возможностей дальнейшего развития перспективных направлений в сельскохозяйственной отрасли региона и страны. При анализе динамики производственно-экономических показателей, например, урожайности [3, 8], трудовых и материальных ресурсов, затрат, цен [5], часто используются различные модели, из которых можно выделить трендовые и авторегрессионные [9]. При этом функция, описывающая тренд

или авторегрессию может быть линейного и нелинейного вида [1, 2]. В ряде источников предлагается многоуровневое моделирование рядов производственно-экономических характеристик с использованием трендов [6, 7], что позволяет получать тенденции для благоприятных, неблагоприятных и усредненных условий.

Цель работы – провести сравнительный анализ результатов многоуровневого моделирования по трендам и авторегрессионным моделям динамики урожайности сельскохозяйственных культур на уровне агроландшафтного и муниципальных районов. Для достижения цели решались следующие задачи:

1) построить многоуровневые модели и авторегрессионные уравнения для оценки изменчивости динамики урожайности сельскохозяйственных культур;

2) осуществить сравнительный анализ результатов моделирования с помощью многоуровневых трендов и авторегрессионных уравнений.

Каждая территория больших регионов страны обладает спецификой ввиду разнообразия природно-климатических факторов, которое оказывает влияние на районирование, в том числе выделение агроландшафтных районов. От влияния природно-климатических факторов зависят размеры потерь урожайности сельскохозяйственных культур. Методика, предложенная И.П. Дружининым [4] по рассмотрению ряда как иерархической структуры, позволяет строить многоуровневые тренды, с помощью которых можно оценивать потери урожайности и их прирост на основе трендов локальных минимумов и максимумов, а также промежуточных значений [6].

Материалы и методы. Из разных видов моделей прогнозирования производственно-экономических параметров можно выделить: трендовые и авторегрессионные. При этом согласно проведенным исследованиям многоуровневые тренды представляют особый интерес при исследовании показателей аграрного производства. В качестве исходных данных в работе использованы ряды урожайности по Юго-Восточному лесостепному агроландшафтному району и муниципальным районам, входящим в него. Привлечены данные за 1996-2023 гг. по урожайности следующих сельскохозяйственных культур: пшеница, ячмень, овес.

Основные результаты. Как было отмечено ранее, для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур выделены две модели: трендовая и авторегрессионная. При построении трендов использована методика, описанная в работе [6], согласно которой из исходного ряда выделяются значения локальных минимумов и максимумов. После этого строятся многоуровневые тренды, проверяется значимость уравнения и его коэффициентов и определяются прогностические значения. В ситуациях отсутствия значимых трендов, описывающих весь временной ряд и последовательность локальных минимумов, строятся законы распределения вероятностей исходного ряда.

Число событий определяется по значениям, превышающим тренд локальных максимумов или не превышающих тренд локальных минимумов [6].

Описанная методика апробирована на трех муниципальных районах (Иркутский, Усольский, Черемховский), входящих в Юго-Восточный лесостепной агроландшафтный район [10] (табл. 1)..

Таблица 1 – Характеристики трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов для урожайности сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Юго-Восточного лесостепного агроландшафтного района за 1996-2023 годы и прогностические значения

Table 1 – Characteristics of trends of the entire series, local minima and maxima for crop yields in municipal districts of the South-Eastern forest-steppe agro-landscape region for 1996-2023 and forecast values

Уровень	Уравнение	R^2	F -критерий	Уровень значимости	t-статистика	Число событий	Прогноз	
							2025	2027
Урожайность пшеницы, ц/га								
Иркутский район								
Весь ряд	$y_t = 24.6 / (1 + e^{-0.061t})$	0.54	31.6	$6.6 \cdot 10^{-6}$	-5.6	-	21.1	21.4
Нижний	$y_t = 17.6 / (1 + e^{-0.15t})$	0.65	13.3	$1.1 \cdot 10^{-2}$	-3.6	3	17.4	17.4
Верхний	$y_t = 24.6 / (1 + e^{-0.11t})$	0.60	10.7	$1.7 \cdot 10^{-2}$	-3.3	3	23.5	23.7
Усольский район								
Весь ряд	$y_t = 28.7 / (1 + e^{-0.061t})$	0.54	31.6	$6.6 \cdot 10^{-6}$	-5.6	-	26.7	27.0
Нижний	$y_t = 23.9 / (1 + e^{-0.15t})$	0.79	26.7	$2.1 \cdot 10^{-3}$	-5.2	6	23.6	23.6
Верхний	$y_t = 28.7 / (1 + e^{-0.12t})$	0.67	16.4	$4.9 \cdot 10^{-3}$	-4.0	9	27.8	28.0
Черемховский район								
Весь ряд	$y_t = 31.1 / (1 + e^{-0.061t})$	0.54	31.6	$6.6 \cdot 10^{-6}$	-5.6	-	28.1	28.5
Нижний	$y_t = 23.5 / (1 + e^{-0.15t})$	0.73	13.3	$2.2 \cdot 10^{-2}$	-3.6	5	23.2	23.3
Верхний	$y_t = 31.1 / (1 + e^{-0.11t})$	0.53	6.7	$4.9 \cdot 10^{-2}$	-2.6	5	29.9	30.1
Урожайность овса ц/га								
Иркутский район								
Весь ряд	$y_t = 20.9 / (1 + e^{-0.014t})$	0.59	38.6	$1.4 \cdot 10^{-6}$	-6.2	-	19.4	19.6
Нижний	$y_t = 17.1 / (1 + e^{-0.13t})$	0.7	16.4	$6.8 \cdot 10^{-3}$	-4.0	3	16.7	16.8
Верхний	$y_t = 20.9 / (1 + e^{-0.15t})$	0.80	27.3	$2.0 \cdot 10^{-3}$	-5.2	6	20.6	20.7
Усольский район								
Весь ряд	$y_t = 25.9 / (1 + e^{-0.10t})$	0.67	54.2	$8.1 \cdot 10^{-8}$	-7.4	-	24.5	24.8
Нижний	$y_t = 22.2 / (1 + e^{-0.15t})$	0.79	30.6	$8.8 \cdot 10^{-4}$	-5.5	3	20.4	20.6
Верхний	$y_t = 25.9 / (1 + e^{-0.15t})$	0.75	24.0	$1.7 \cdot 10^{-3}$	-4.9	10	25.4	25.6
Черемховский район								
Весь ряд	$y_t = 32.1 / (1 + e^{-0.068t})$	0.58	36.8	$2.1 \cdot 10^{-6}$	-6.1	-	28.3	28.7
Нижний	$y_t = 25.7 / (1 + e^{-0.11t})$	0.72	17.9	$5.5 \cdot 10^{-3}$	-4.2	7	24.7	24.9
Верхний	$y_t = 32.1 / (1 + e^{-0.12t})$	0.75	21.5	$3.6 \cdot 10^{-3}$	-4.6	2	31.2	31.4
Урожайность ячменя, ц/га								
Усольский район								
Весь ряд	$y_t = 31.4 / (1 + e^{-0.11t})$	0.61	42.6	$6.4 \cdot 10^{-7}$	-6.5	-	30.0	30.2
Нижний	$y_t = 27.4 / (1 + e^{-0.13t})$	0.78	21.4	$5.7 \cdot 10^{-3}$	-4.6	5	26.8	27.0
Верхний	$y_t = 31.4 / (1 + e^{-0.15t})$	0.58	9.6	$2.1 \cdot 10^{-2}$	-3.1	9	30.9	31.1

В таблице 1 приведены трендовые выражения урожайности сельскохозяйственных культур по данным за период 1996-2023 гг., полученные на основе анализа логистической функции. Выбор выражения основан на оценке точности по коэффициенту детерминации R^2 , значимости уравнений и его коэффициентов по F -критерию Фишера и t -статистике Стьюдента

Согласно полученным результатам значимые тренды определены для рядов урожайности пшеницы и овса по всем анализируемым районам и уровням. Для урожайности ячменя значимые тренды выявлены для всех районов. Однако в Иркутском районе нет значимого тренда для ряда локальных максимумов, а в Черемховском – локальных минимумов. Следует отметить, что при отсутствии значимых тенденций и случайности ряда, для моделирования исследуемой характеристики строятся законы распределения вероятностей [6]. В этом случае в качестве закона распределения может быть использовано распределение Пирсона III типа [11].

При построении трендов по данным Юго-Восточного лесостепного агроландшафтного района получены значимые уравнения для всех культур (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов для урожайности сельскохозяйственных культур в Юго-Восточном лесостепном агроландшафтном районе за 1996-2023 гг. и прогностические значения

Table 2 – Characteristics of trends of the entire series, local minima and maxima for crop yields in the South-Eastern forest-steppe agro-landscape region for 1996-2023 and forecast values

Уровень	Уравнение	R^2	F -критерий	Уровень значимости	t -статистика	Число событий	Прогноз	
							2025	2027
Урожайность пшеницы, ц/га								
Весь ряд	$y_t = 28.1 / (1 + e^{-0.077t})$	0.62	44.0	$4.9 \cdot 10^{-7}$	-6.6	-	25.4	25.7
Нижний	$y_t = 21.8 / (1 + e^{-0.16t})$	0.80	19.5	$1.2 \cdot 10^{-2}$	-4.4	5	21.6	21.6
Верхний	$y_t = 28.1 / (1 + e^{-0.12t})$	0.66	9.9	$3.5 \cdot 10^{-2}$	-3.1	9	27.3	27.5
Урожайность ячменя, ц/га								
Весь ряд	$y_t = 26.5 / (1 + e^{-0.12t})$	0.79	103.7	$1.4 \cdot 10^{-10}$	-10.2	-	25.8	25.9
Нижний	$y_t = 24.1 / (1 + e^{-0.12t})$	0.59	8.6	$3.3 \cdot 10^{-2}$	-2.9	3	23.4	23.6
Верхний	$y_t = 26.5 / (1 + e^{-0.18t})$	0.89	56.9	$2.8 \cdot 10^{-4}$	-7.5	9	26.4	26.4
Урожайность овса, ц/га								
Весь ряд	$y_t = 24.5 / (1 + e^{-0.11t})$	0.80	109.6	$8.1 \cdot 10^{-11}$	-10.5	-	23.4	23.6
Нижний	$y_t = 21.8 / (1 + e^{-0.15t})$	0.85	27.7	$6.2 \cdot 10^{-3}$	-5.3	3	21.5	21.6
Верхний	$y_t = 24.5 / (1 + e^{-0.15t})$	0.91	78.9	$4.6 \cdot 10^{-5}$	-8.9	9	24.2	24.3

На следующем шаге по данным муниципальных районов построены авторегрессионные модели, недостатком которых является возможность построения зависимости только для всех значений исходного ряда и возможность прогнозирования лишь на один год вперед, ввиду отсутствия сильной значимой связи при сдвиге больше 1. Кроме того, значимые уравнения получены только для урожайности пшеницы в Усольском районе, пшеницы и ячменя – в Черемховском, ячменя – в Иркутском (табл. 3). В остальных рядах уравнения авторегрессии не значимы.

Таблица 3 – Характеристики авторегрессионных моделей урожайности сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Юго-Восточного лесостепного агроландшафтного района за 1996-2023 гг. и прогностические значения

Table 3 – Characteristics of autoregressive models of crop yields in municipal districts of the South-Eastern forest-steppe agro-landscape region for 1996-2023 and prognostic values

Уровень	Уравнение	R_1^2	F-критерий	Уровень значимости	t-статистика	Прогноз на 2025 г.
Усольский район						
Урожайность пшеницы, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 1.93 y_{t-1}^{0.79}$	0.68	50.0	$2.6 \cdot 10^{-7}$	7.1	22.9
Черемховский район						
Урожайность пшеницы, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 1.66 y_{t-1}^{0.84}$	0.75	73.2	$9.4 \cdot 10^{-9}$	8.6	25.2
Урожайность ячменя, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 2.76 y_{t-1}^{0.68}$	0.58	31.5	$1.0 \cdot 10^{-5}$	5.6	26.8
Иркутский район						
Урожайность ячменя, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 2.22 y_{t-1}^{0.72}$	0.56	28.1	$2.6 \cdot 10^{-5}$	5.3	19.5

Для агроландшафтного района получены две авторегрессионные модели – для прогнозирования урожайности пшеницы и ячменя (табл. 4). Ряд урожайности овса является случайным.

Таблица 4 – Характеристики авторегрессионных моделей урожайности сельскохозяйственных культур в Юго-Восточном лесостепном агроландшафтном районе за 1996-2023 годы и прогностические значения

Table 4 – Characteristics of autoregressive models of crop yields in the South-Eastern forest-steppe agro-landscape region for 1996-2023 and predictive values

Уровень	Уравнение	R_1^2	F-критерий	Уровень значимости	t-статистика	Прогноз на 2025 г.
Урожайность пшеницы, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 1.55 y_{t-1}^{0.86}$	0.76	76.7	$6.1 \cdot 10^{-9}$	8.8	21.7
Урожайность ячменя, ц/га						
Весь ряд	$y_t = 2.46 y_{t-1}^{0.71}$	0.57	31.1	$9.6 \cdot 10^{-6}$	5.6	24.4

Для сравнения точности прогнозов по разным моделям воспользуемся ретроспективным прогнозом (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты ретроспективного прогноза урожайности сельскохозяйственных культур на 2023 г. по Юго-Восточному лесостепному агроландшафтному району и муниципальным районам, входящим в него

Table 5 – Results of the retrospective forecast of agricultural crop yields for 2023 for the South-Eastern forest-steppe agro-landscape region and municipal districts included in it

Культура	Фактическое значение, ц/га	Ретроспективный прогноз по трендовой модели		Ретроспективный прогноз по авторегрессионной модели	
		Урожайность, ц/га	Отклонение от факта, %	Урожайность, ц/га	Отклонение от факта, %
Иркутский район					
Пшеница	17.0	20.9	23	-	-
Ячмень	20.3	-	-	18.6	9
Овес	16.1	19.3	20	-	-
Усольский район					
Пшеница	22.9	26.5	16	23.7	39
Ячмень	27.6	29.8	8	-	-
Овес	18.3	24.4	33	-	-
Черемховский район					
Пшеница	25.4	27.9	10	26.8	6
Ячмень	27.8	-	-	29.1	5
Овес	25.6	28.0	9	-	-
Юго-Восточный лесостепной агроландшафтный район					
Пшеница	21.8	25.2	16	23.8	10
Ячмень	25.2	25.7	2	25.1	1
Овес	20.0	23.3	17	-	-

Согласно полученным результатам наименьшее отклонение фактических значений от прогнозов по всем культурам имеет место в Черемховском районе. Прогноз урожайности овса на 2019 год по тренду в Усольском районе имеет значительное отклонение от фактического значения – более 30%, а пшеницы по авторегрессионной модели – почти 40%. Следует отметить, что значимые тренды получены для большего числа рядов урожайности сельскохозяйственных культур, чем авторегрессионные зависимости.

Вместе с тем, несмотря на большее отклонение прогнозов от фактических значений по авторегрессионным моделям по сравнению с трендами, в некоторых случаях они также могут использоваться для прогнозирования.

Заключение. В работе построены многоуровневые тренды для разных уровней ряда: вся последовательность, локальные максимумы и минимумы на различных уровнях агрегирования – муниципальные и агроландшафтный районы. Данные модели позволяют получать прогнозы для усредненных,

благоприятных (верхний уровень) и неблагоприятных (нижний уровень) условий.

Рассчитаны параметры авторегрессионных моделей. Проведен сравнительный анализ фактических значений за 2023 год с ретроспективным прогнозом по многоуровневым трендам и авторегрессионным уравнениям. Выявлено, что возможности многоуровневых трендов гораздо шире, чем авторегрессионных зависимостей. Во-первых, возможно получать прогноз не только по всему ряду, но и для его верхнего и нижнего уровня; во-вторых, полученные авторегрессионные уравнения можно использовать для прогнозирования на один год, а тренды – на среднесрочную перспективу.

Отклонение значения ретроспективного прогноза от фактического уровня у трендов ниже. Однако, несмотря на то, что для некоторых рядов многоуровневые тренды дают более точный ретроспективный прогноз, нельзя однозначно сказать, что использование авторегрессионных моделей в этом случае невозможно. При выборе той или иной модели следует учитывать особенности изменчивости конкретных показателей.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 24-21-00502.

Список литературы

1. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон // М.: Мир, 1976. – 756 с.
2. Бокс, Дж. Анализ временных рядов: прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс // М.: Мир, 1974.– 406 с.
3. Буховец, А.Г. Прогнозирование урожайности зерновых культур с помощью динамической модели нормализованного относительного индекса растительности, учитывающей физиологические особенности развития сельскохозяйственных растений / А.Г. Буховец, М.В. Кучеренко, Е.А. Семин // Вестник Воронежского ГАУ, – 2021 – № 3 (70). – С. 93-104.
4. Дружинин, И.П. Динамика многолетних колебаний речного стока / И.П. Дружинин, В.Р. Смага, А.Н. Шевнин. – М.: Наука, 1991. – 176 с.
5. Зоркальцев, В.И. Аддитивная и мультипликативная модели выявления тренда и сезонных колебаний: приложение мультипликативной модели к динамике цен на сельскохозяйственную продукцию / В.И. Зоркальцев, М.Н. Полковская // Управление большими системами: сборник трудов. – 2020. – № 86. – С. 98-115. – DOI 10.25728/ubs.2020.86.4.
6. Иваньо, Я.М. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков / Я.М. Иваньо, С.А. Петрова //Актуальные вопросы аграрной науки. – 2022. – № 42. – С. 48-57.
7. Иваньо, Я.М. Оценка потерь урожайности сельскохозяйственных культур в Балаганско-Нукутском остепненном агроландшафтном районе / Я.М. Иваньо, Е.С. Тулунова, Д.Р. Чернигова // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО “Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского”, п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 128-134.

8. Прогнозирование развития рынков критических технологий в отрасли растениеводства до 2030 г / Е.В. Рудой, М.С. Петухова, Р.Р. Галеев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 4. – С. 5-9. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10401.

9. Сарычев, А.П. Регрессионный анализ динамических систем: монография / А.П. Сарычев. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 229 с.

10. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 частях / Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриев, Д.С. Адушинов [и др.]; Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство сельского хозяйства Иркутской области, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, Часть 1. – Иркутск: Мегап rint, 2019. – 319 с. – ISBN 978-5-907095-98-4.

11. Shawky, A.I. Pearson III Distribution and Its Applications to Stochastic Activity Networks / A.I. Shawky, Y.H. Abdelkader, M.M. Badr // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2015. – Vol. 12, P. 1-8.

References

1. Anderson T. Statisticheskii analiz vremennykh ryadov [Statistical analysis of time series]. Moscow, 1976, 756 p.

2. Box J., Jenkins, G. [Analiz vremennykh ryadov: prognoz i upravleniye] Analysis of time series: forecast and management. Moscow, 1974, 406 p.

3. Buhovec, A.G. et al. Prognozirovaniye urozhajnosti zernovykh kul'tur s pomoshch'yu dinamicheskoy modeli normalizovannogo otnositel'nogo indeksa rastitel'nosti, uchityvayushchey fiziologicheskie osobennosti razvitiya sel'skokhozyajstvennykh rastenij [Forecasting the yield of grain crops using a dynamic model of the normalized relative vegetation index, taking into account the physiological features of the development of agricultural plants]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2021, no. 3 (70), pp. 93-104.

4. Druzhinin, I.P. et al. Dinamika mnogoletnikh kolebaniy rechnogo stoka [Dynamics of long-term fluctuations in river flow]. Moscow: Nauka, 1991, 176 p.

5. Zorkal'tsev, V.I., Polkovskaya, M.N. Additivnaya i mul'tiplikativnaya modeli vyyavleniya trenda i sezonnykh kolebaniy: prilozheniye mul'tiplikativnoy modeli k dinamike tsen na sel'skokhozyajstvennyuyu produktsiyu [Additive and multiplicative models for identifying trends and seasonal fluctuations: application of the multiplicative model to the dynamics of prices for agricultural products]. Upravleniye bol'shimi sistemami: sbornik trudov, 2020, no. 86, pp. 98-115. DOI 10.25728/ubs.2020.86.4.

6. Ivanyo, Ya.M., Petrova, S.A. Ob odnom algoritme vydeleniya anomal'nykh urovney vremennogo ryada dlya otsenki riskov [About one algorithm for selecting anomal levels of a time series for risk assessment]. Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki, 2022, no. 42, pp. 48-57.

7. Ivanyo, Ya.M. et al. Otsenka poter' urozhaynosti sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Balagansko-Nukutskom ostepennom agrolandshaftnom rayone [Assessment of crop yield losses in the Balagansko-Nukutsky steppe agro-landscape region]. Molodezhnyy, 2024, pp. 128-134.

8. Rudoy, E.V. et al. Prognozirovaniye razvitiya rynkov kriticheskikh tekhnologiy v otrasli rasteniyevodstva do 2030 g [Forecasting the development of markets for critical technologies in the crop production industry until 2030]. Dostizheniya nauki i tekhniki AПК, 2018, vol. 32, no. 4, pp. 5-9. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10401.

9. Sarychev, A.P. Regressionnyy analiz dinamicheskikh sistem: monografiya [Regression Analysis of dynamic systems: monograph]. Moscow: INFRA-M, 2022, 229 p.

10. Ivanyo, Ya.M. et al. Sistema vedeniya sel'skogo hozyajstva Irkutskoj oblasti [The system of agriculture in Irkutsk region]. Irkutsk: Megaprint, 2019, vol. 1, 319 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 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: 16.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 20.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

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, 1/1; e-mail: web@igsha.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2082-6902>.

Замараев Алексей Олегович – аспирант, директор 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, 1/1; e-mail: 1c@irsau.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0256-9198>.

Полковская Марина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования института экономики, управления и прикладной информатики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

Контактная информация: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, 1/1; e-mail: polk_mn@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9646-1818>.

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, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, e-mail: web@igsha.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2082-6902>.

Alexey O. Zamaraev – PhD-student, Director of the Information Technology Center of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, e-mail: 1c@irsau.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0256-9198>.

Marina N. Polkovskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling of the Institute of Economics,

Management and Applied Informatics of Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky.

Contact information: FSBEI HE Irkutsk SAU. 664038, 1/1, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia; e-mail: polk_mn@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9646-1818>



DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-85-92

УДК 332.64

Научная статья

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ИМУЩЕСТВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЗАЛОГА

Д.А. Ризванов, А.Р. Галеев

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

Аннотация. В статье рассматриваются возможности внедрения систем поддержки принятия решений в процесс оценки стоимости залогового обеспечения. Подчеркивается важная роль банков в экономике и их стремление предложить клиентам наиболее выгодные условия кредитования. Сроки выдачи кредитов и оценка стоимости залога являются ключевыми факторами, влияющими на успех банка и его конкурентоспособность.

Основная часть статьи посвящена описанию СППР как инструмента, который помогает принимать решения на основе анализа данных и алгоритмов их последующей обработки. Подробно рассматривается процесс принятия решений, который включает генерацию возможных альтернатив, их оценку и выбор лучшей альтернативы. В статье представлены основные компоненты СППР для оценки стоимости залогового обеспечения: сбор данных, анализ данных, оценка стоимости, прогнозирование и рекомендации.

Сбор данных включает информацию о конкретном объекте имущества, объектах-аналогах и текущей рыночной ситуации. Источники данных могут быть разнообразными: публичные данные, данные от профессионалов рынка, собственные данные системы и данные из исследований. Анализ данных направлен на обеспечение их качества и определение факторов, влияющих на стоимость имущества.

Оценка стоимости имущества осуществляется с использованием современных моделей и алгоритмов машинного обучения. Прогнозирование позволяет предоставить прогнозы о будущей стоимости имущества, что важно для стресс-тестирования стабильности кредитного портфеля и банковской системы. Рекомендации системы помогают минимизировать залоговые риски банка.

В заключение делается вывод о целесообразности разработки и внедрения такого инструментария как система поддержки принятия решений в практическую деятельность финансовых организаций для оценки залога.

Ключевые слова: оценка, определение стоимости, залог, система поддержки принятия решений.

Для цитирования: Ризванов Д.А., Галеев А.Р. Система поддержки принятия решений при оценке имущества для целей залога. *Электронный научно-практический журнал “Актуальные вопросы аграрной науки”*. 2024; 4(53):85-92. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-85-92.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PROPERTY VALUATION FOR COLLATERAL PURPOSES

Dmitry A. Rizvanov, Albert R. Galeev

Ufa University of Science and Technology
Ufa, Russia

Abstract. The article explores the possibilities of integrating Decision Support Systems (DSS) into the process of evaluating the value of collateral assets. The crucial role of banks in the economy and their endeavor to offer clients the most favorable lending conditions are emphasized. The timeliness of loan approvals and the assessment of collateral value are key factors influencing a bank's success and competitiveness.

The main part of the article is dedicated to describing DSS as a tool that aids in decision-making based on data analysis and subsequent processing algorithms. The decision-making process, which includes generating possible alternatives, evaluating them, and selecting the best alternative, is examined in detail. The article presents the main components of DSS for evaluating the value of collateral assets: data collection, data analysis, value assessment, forecasting, and recommendations.

Data collection includes information about the specific property, comparable properties, and the current market situation. Data sources can be diverse: public data, data from market professionals, the system's own data, and research data. Data analysis aims to ensure data quality and identify factors influencing property value.

Property value assessment is carried out using modern models and machine learning algorithms. Forecasting provides projections of future property values, which is important for stress-testing the stability of the credit portfolio and the banking system. The system's recommendations help minimize collateral risks for the bank.

In conclusion, the article argues for the feasibility of developing and implementing such tools as Decision Support Systems in the practical activities of financial organizations for collateral valuation.

Keywords: assessment, cost determination, collateral, decision support system.

For citation: Rizvanov D.A., Galeev A.R. Decision support system for property valuation for collateral purposes. *Electronic scientific-Practical journal "Actual issues of agrarian science"*. 2024; 4 (53):85-92. DOI 10.51215/2411-6483-2024-53-85-92.

Введение. Банки играют ключевую роль в экономике, предоставляя финансовые услуги и обеспечивая стабильность финансовой системы. В условиях высокой конкуренции банки стремятся предложить своим клиентам наиболее выгодные условия кредитования и финансовые услуги. Сроки выдачи кредитов являются важным фактором, определяющим успех банка. Чем быстрее банк может оценить стоимость залога и принять решение о выдаче кредита, тем быстрее он может предложить клиентам подходящие условия кредитования. Это положительно сказывается на конкурентоспособности финансовой организации и эффективности, оцениваемой прибылью.

В данной статье рассматривается одно из возможных направлений повышения эффективности оценки стоимости залогового обеспечения – внедрение систем поддержки принятия решений (СППР).

Система поддержки принятия решений – это инструмент, который помогает принимать решения на основе анализа данных и алгоритмов. Она собирает и обрабатывает информацию, анализирует её и предоставляет пользователю рекомендации или прогнозы. СППР может использоваться в различных областях, таких как бизнес, медицина, сельское хозяйство, наука, образование и т.д. Система помогает в принятии решений, связанных с управлением компаниями, диагностикой заболеваний, прогнозированием погоды и т.д.

Целью работы является определение основных компонентов системы поддержки принятия решений при оценке имущества для целей залога.

Результаты исследования. Существующие работы, связанные с исследованиями в области оценки залогового имущества, затрагивают такие аспекты оценки, как технологии оценки залогового имущества и управления залогами в банке [2, 6], оценки залогового обеспечения в сфере кредитования [4, 9, 10], моделирования разных аспектов залоговой стоимости [5, 7, 8]. Отдельно можно выделить работу по анализу факторов залогового обеспечения для управления рисками банков [3].

Существуют также различные сервисы для оценки объектов недвижимости, которые 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 следующими факторами:

– 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).

В большинстве случаев процесс принятия решений заключается в генерации возможных альтернатив решений, их оценке и выборе лучшей альтернативы. При выборе альтернатив необходимо учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям [1].

СППР осуществляет сбор данных о конкретном объекте имущества, объектах-аналогах и текущей рыночной ситуации. Для сбора данных могут использоваться различные источники информации:

- публичные данные: данные о предложениях о продаже/аренде оцениваемого имущества, публикуемые в открытых источниках, таких как базы данных, веб-сайты, газеты и журналы;

- данные от профессионалов рынка: данные от агентов по недвижимости, оценщиков и других профессионалов, имеющих доступ к информации о рынке;

- собственные данные: данные, собранные самой СППР, например, данные о предыдущих оценках стоимости подобного имущества в месте расположения объекта оценки;

- данные из исследований: данные из исследований рынка, проведенных специализированными организациями.

СППР анализирует собранные данные, используя алгоритмы и модели, позволяющие:

- обеспечить качество данных, чтобы они были точными, полными и актуальными, что включает удаление дубликатов, исправление ошибок ввода, заполнение пропущенных значений и проверку на соответствие определенным стандартам или требованиям;

- определить факторы, влияющие на стоимость имущества, такие как рыночные условия, спрос и предложение, состояние экономики и т.д.

СППР на основе анализа данных и с применением современных моделей и алгоритмов машинного обучения выполняет оценку стоимости залогового имущества. Указанная оценка может быть использована для принятия решений о возможности и целесообразности оформления имущества в залог, структурирования кредитной сделки, выдаче кредита, обращения взыскания и т.д.

Ввиду того, что СППР не всегда может заменить человеческое суждение и опыт, окончательное решение о стоимости залогового имущества всегда остается за пользователем. В случае необходимости, пользователь вносит уточнения в исходные данные задания на оценку или использует иной метод расчета стоимости.

В последнее время наиболее активно автоматизированные модели оценки внедряются в США (например, разработки компаний: Zillow Zestimate, Trulia AVM, HouseCanary) и Европе (CoreLogic в Великобритании,

Immoscout24 Immobilienbewertung в Германии, EffiCity and Iad во Франции) [11, 13]. Применение автоматизированных моделей оценки позволит сократить сроки оценки, повысить её точность, снизить затраты финансовых организаций и клиентов, а также даст банкам возможность лучше управлять кредитным риском.

На основе анализа данных СППР может предоставить прогноз о будущей стоимости имущества (например, по состоянию на момент погашения кредита, срока лизинга и т.п.). Прогнозирование динамики цен на недвижимость дает регулирующим органам и финансовым организациям возможность проводить стресс-тестирование стабильности кредитного портфеля и банковской системы в сценариях шоковых кризисных изменений [12]. Указанная возможность в настоящий момент представляется довольно актуальной.

СППР может также предоставить рекомендации о том, как минимизировать залоговые риски банка (страхование, учет обременений/ограничений, информирование о факторах, присущих имуществу с низкой/безнадежной ликвидностью и т.д.).

На основе изложенного материала структура СППР для оценки стоимости имущества должна включать в себя следующие компоненты (рис.):

- пользовательский интерфейс (может быть представлен в виде веб-приложения, мобильного приложения или настольного приложения);
- база данных;
- модуль сбора данных;
- модуль анализа данных;
- модуль оценки стоимости;
- модуль прогнозирования;
- модуль рекомендаций;
- модуль визуализации (подготовка итогового отчета о стоимости).

Внедрение в процесс оценки залогового обеспечения систем поддержки принятия решений позволит:

- минимизировать ручной ввод данных и, соответственно, ошибки, связанные с человеческим фактором;
- обрабатывать большие объемы данных и предоставлять точные прогнозы и рекомендации;
- определять стоимость предметов залога быстрее и более точно;
- снизить сроки выдачи кредитов.

Заключение. Применение системы поддержки принятия решений для выполнения оценки залога поможет финансовым организациям улучшить сервис для своих клиентов и обеспечить конкурентоспособность.

Внедрение системы поддержки принятия решений для оценки стоимости залогового имущества в сельском хозяйстве может значительно

повысить эффективность и точность оценки земельных участков и других сельскохозяйственных активов.

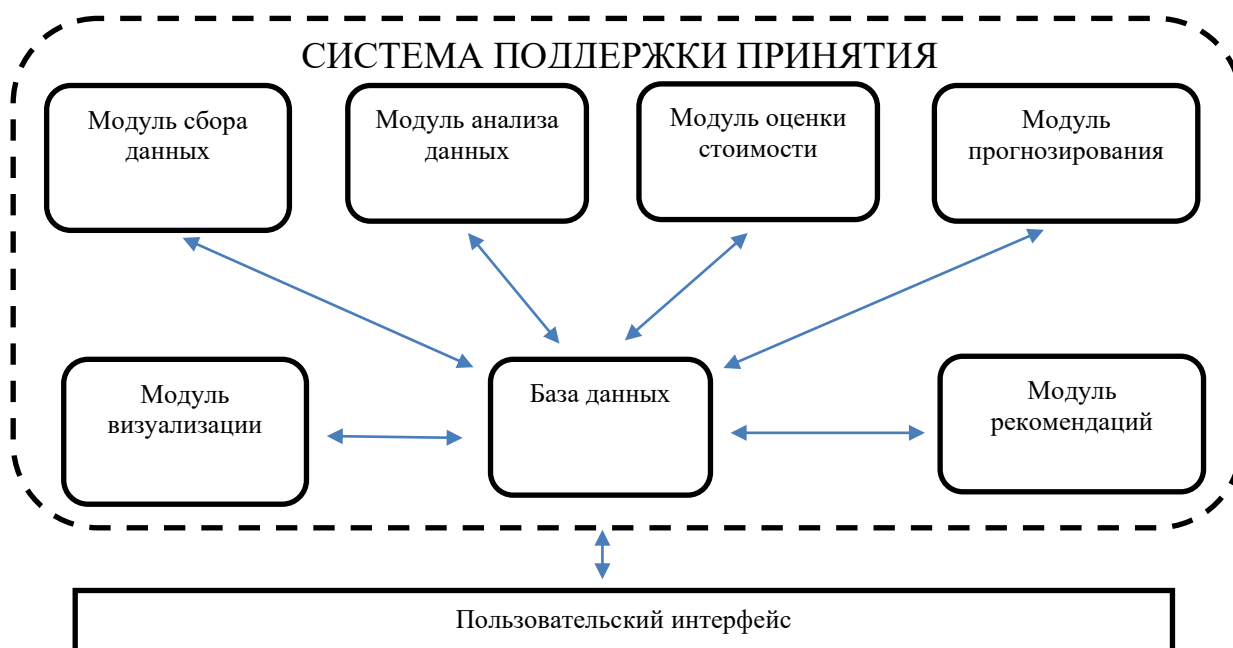


Рисунок – Структура системы поддержки принятия решения для оценки стоимости имущества для целей залога

Figure – Structure of the decision support system for assessing the value of property for collateral purposes

Некоторые функции рассматриваемой система могут быть использованы для управления деятельностью сельскохозяйственного товаропроизводителя, учитывающих множество факторов: качество почвы, климатические условия, урожайность и рыночные тенденции. Это поможет банкам быстрее и точнее оценивать стоимость залогового обеспечения. Кроме того, использование СППР в сельском хозяйстве поможет минимизировать риски, связанные с непредсказуемостью погодных условий и колебаниями рынка, обеспечивая более стабильные и прогнозируемые условия кредитования.

Список литературы

1. Аксенов, К.А. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 1: учебное пособие для вузов / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова; под научной редакцией Л.Г. Доросинского. — Москва: Издательство Юрайт, 2024.
2. Гобарева, Я.Л. Перспективы развития технологии оценки залогового имущества / Я.Л. Гобарева, Н.С. Гладкий // Финансовые рынки и банки. – 2023. – № 6. – С. 97-101. – EDN FWTIDO.
3. Карминский, А.М. Факторы залогового обеспечения для управления рисками банков: региональный аспект / А.М. Карминский, О.Д. Хон // Вестник МГИМО

Университета. – 2018. – № 1(58). – С. 169-185. – DOI 10.24833/2071-8160-2018-1-58-63-169-185.

4. Карпенко, В.П. Оценка залогов при кредитовании: некоторые проблемы и пути их решения / В.П. Карпенко, А.А. Слущкий // Деньги и кредит. – 2012. – № 1. – С. 58-67.

5. Лютых, Ю.А. Моделирование залоговой стоимости земельных участков сельскохозяйственных организаций / Ю.А. Лютых, С.С. Савицкая // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 8(47). – С. 49-54. – EDN MUPVOR.

6. Пашков, Р.В. Технология управления и оценки залогов в банке / Р.В. Пашков, Ю.Н. Юденков // Инновации и инвестиции. – 2016. – № 10. – С. 61-69. – EDN ZNEBLF.

7. Савицкая, С. Экономические модели залоговой стоимости земельных участков сельскохозяйственных угодий / С. Савицкая // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2009. – № 4. – С. 77-81. – EDN KVSSCZ.

8. Семенова, Е.А. Динамическая модель определения залоговой стоимости на основе интерпретации понятия "справедливая стоимость" / Е.А. Семенова // Финансы и кредит. – 2010. – № 42(426). – С. 66-71. – EDN MVMXNN.

9. Семенова, Е.А. Особенности проведения ретроспективной оценки в рамках судебной экспертизы в сфере залогового кредитования / Е.А. Семенова // Вестник Финансовой академии. – 2009. – № 6(54). – С. 23-26. – EDN KXUPJH.

10. Федотова, М.А. Анализ опыта оценки залогового обеспечения банковского кредита / М.А. Федотова, Е.Г. Синогейкина // Деньги и кредит. – 2015. – № 9. – С. 52-57.

11. Automated Valuation Models (AVMs): Machine Learning, namely Mass (Advanced) Valuation Methods and Algorithms, 2021г. [Электронный ресурс] // researchgate.net/: [сайт], URL: <https://www.researchgate.net/publication/349346021> (дата обращения: 31.10.2024).

12. Boosting the Accuracy of Commercial Real Estate Appraisals: An Interpretable Machine Learning Approach, 2023 г. [Электронный ресурс] // springer.com: [сайт], URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11146-023-09944-1> (дата обращения: 31.10.2024).

13. University of Oxford Research. The future of automated real estate valuations (AVMs), 2022 г. [Электронный ресурс] // sbs.ox.ac.uk/: [сайт], URL: <https://www.sbs.ox.ac.uk/sites/default/files/2022-03/FoRE%20AVM%202022.pdf> (дата обращения: 31.10.2024).

References

1. Aksenov, K.A., Goncharova, N.V. *Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij* [Decision Support Systems]. Moscow: Izdatel'stvo Yurajt, 2024.

2. Gobareva, Ya.L., Gladkij, N.S. *Perspektivy razvitiya tekhnologii ocenki zalogovogo imushchestva* [Prospects for the development of technology for assessing collateral]. *Finansovye rynki i banki*, 2023, no. 6, pp. 97-101. – EDN FWTIDO.

3. Karminskij, A.M., Hon, O.D. *Factory zalogovogo obespecheniya dlya upravleniya riskami bankov: regional'nyj aspekt* [Collateral Factors for Bank Risk Management: Regional Aspect]. *Vestnik MGIMO Universiteta*, 2018, no. 1(58), pp. 169-185. – DOI 10.24833/2071-8160-2018-1-58-63-169-185.

4. Karpenko, V.P., Sluckij, A.A. *Ocenka zalogov pri kreditovanii: nekotorye problemy i puti ih resheniya* [Evaluation of collateral in lending: some problems and ways to solve them]. *Den'gi i kredit*, 2012, no. 1, pp. 58-67.

5. Lyutyh, Yu.A., Savickaya, S.S. *Modelirovanie zalogovoj stoimosti zemel'nyh uchastkov sel'skohozyajstvennyh organizacij* [Modeling the collateral value of land plots of agricultural organizations]. *Vestnik KrasGAU*, 2010, no. 8(47), pp. 49-54. – EDN MUPVOR.

6. Pashkov, R.V., Yudenkov, Yu.N. *Tekhnologiya upravleniya i ocenki zalogov v banke* [Technology of management and evaluation of collateral in a bank]. *Innovacii i investicii*, 2016, no. 10, pp. 61-69. – EDN ZNEBLF

7. Savickaya, S. *Ekonomicheskie modeli zalogovoj stoimosti zemel'nyh uchastkov*

sel'skokozyajstvennyh ugodij [Economic models of the collateral value of agricultural land plots].
Mezhdunarodnyj sel'skokozyajstvennyj zhurnal, 2009, no. 4, pp. 77-81. – EDN KVSSCZ.

8. . Semenova, E.A. Dinamicheskaya model' opredeleniya zalogovoj stoimosti na osnove interpretacii ponyatiya "spravedlivaya stoimost'" [Dynamic model for determining collateral value based on the interpretation of the concept of "fair value"]. Finansy i kredit, 2010, no. 42(426), pp. 66-71. – EDN MVMXNN.

9. Semenova, E.A. Osobennosti provedeniya retrospektivnoj ocenki v ramkah sudebnoj ekspertizy v sfere zalogovogo kreditovaniya [Features of conducting a retrospective assessment within the framework of forensic examination in the field of secured lending]. Vestnik Finansovoj akademii, 2009, no. 6(54), pp. 23-26. – EDN KXUPJH.

10. Fedotova, M.A., Sinogejkina, E.G. Analiz opyta ocenki zalogovogo obespecheniya bankovskogo kredita [Analysis of experience in assessing collateral for a bank loan]. Den'gi i kredit, 2015, no. 9, pp. 52-57.

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: 02.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised: 21.12.2024

Дата принятия к печати / Accepted: 27.12.2024

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: <http://orcid.org/0000-0003-2378-5587>.

Галеев Альберт Русланович – аспирант Уфимского университета науки и технологий.

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

Information about authors

Dmitry Rizvanov A. – 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 Str., 12, tel. 89174095406, e-mail: ridmi@mail.ru. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2378-5587>.

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

Contact information: : Ufa University of Science and Technology, 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, K. Marks Str., 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. Доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ должна составлять не менее 50% списка литературы за последние 8 лет, цитирование работ какого-либо автора, входящего и не входящего в состав авторского коллектива рукописи не должно превышать 30%.
3. Статья должна соответствовать правилам оформления.
4. 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) 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: iymex@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. The share of references to publications in journals from the core of the RSCI should be at least 50% of the list of references for the last 8 years, citation of the works of any author, whether or not a member of the autograph team of the manuscript, should not exceed 30%.
3. The article must comply with the design rules.
4. 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) 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(53)

декабрь

Технический редактор – Н.В. Спиридонова

Перевод – П.Г. Асалханов

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Дата выхода: 28.12.2024.

Усл. печ. л. 6,19.

Адрес редакции, издателя, типографии:

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