



# **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК**

**Материалы  
всероссийской (национальной)  
научно-практической конференции  
(г. Благовещенск, 15 декабря 2022 г.)**



**Благовещенск – 2022**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## ***АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК***

*Материалы всероссийской (национальной)  
научно-практической конференции  
(г. Благовещенск, 15 декабря 2022 г.)*

**Благовещенск  
Дальневосточный ГАУ  
2022**

УДК 620.9  
ББК 31+40.7  
А43

*Публикуется по решению  
организационного комитета конференции*

### **Состав организационного комитета конференции:**

**Председатель** *Воякин Сергей Николаевич*, доктор технических наук, доцент, декан электроэнергетического факультета Дальневосточного государственного аграрного университета

**Заместитель  
председателя** *Кривуца Зоя Федоровна*, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой физики, математики и информатики Дальневосточного государственного аграрного университета

*Ижевский Андрей Станиславович*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации технологических процессов Дальневосточного государственного аграрного университета;

*Шевченко Максим Валерьевич*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой электроэнергетики и электротехники Дальневосточного государственного аграрного университета

**А43** **Актуальные вопросы энергетики в АПК** : материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. – 270 с.

ISBN 978–5–9642–0577–7

Представлены результаты экспериментальных научно-исследовательских работ сотрудников, студентов и аспирантов высших учебных заведений и научных организаций Российской Федерации по следующим направлениям: актуальные проблемы энергетики; энергосбережение как способ повышения эффективности производства; механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве; информационные технологии в энергетике; актуальные проблемы профессионального образования.

Материалы предназначены для научных работников, специалистов, обучающихся по направлениям подготовки высшего образования, связанным с вопросами развития энергетики в агропромышленном комплексе.

УДК 620.9  
ББК 31+40.7

ISBN 978–5–9642–0577–7

© ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Актуальные проблемы энергетики .....</b>	<b>7</b>
Вендин С. В., Васильченко Я. В. К вопросу плавки гололеда на воздушных ЛЭП электрическим током.....	8
Габитов И. А. Развитие альтернативной энергетики в Дагестане .....	13
Горбунова Л. Н., Петренко П. А., Корнилкин Р. В. Потенциал развития солнечной энергетики в Амурской области .....	18
Кадах Д. Е., Кривошеев Д. О., Ижевский А. С. Использование сетевой солнечной электростанции в частном секторе .....	24
Козлов А. Н., Беляев П. В. Расчет предельно допустимых уровней электромагнитного поля линий электропередачи сверхвысокого напряжения.....	30
Котенко Д. С., Пустовая О. А. Оценка количества тепловой энергии, получаемой от солнечной инсоляции на широте города Благовещенска .	35
Крючкова Л. Г., Борисенко Е. А. Математическая обработка данных выработки солнечной электроэнергии на Нижне-Бурейской ГЭС .....	40
Михеев Г. М., Димитриев А. А. Необходимость моделирования переходных процессов контактных систем регуляторов напряжения под нагрузкой.....	45
Надыргулов Б. Г., Ахметшин А. Т. Расчет параметров автономной солнечной электрической станции на примере частного дома.....	52
Проценко П. П., Проценко Е. Ю. Анализ повышения энергоэффективности гидроэнергетики путем ее гибридизации с солнечной электростанцией на примере Зейской ГЭС .....	60
Проценко П. П., Романчук Р. Л. Энергетическая безопасность Амурской области в современных условиях.....	67

Середа Н. В., Магомедов Ш. М. Преимущества и недостатки микроэлектронных систем защиты оборудования электроустановок .....	72
Тарков Ю. М., Сукьясов С. В. Обзор средств компенсации реактивной мощности .....	77
Фитц А. Д., Поддубицкий А. С., Ижевский А. С. Плавающие солнечные электростанции .....	83
<b>Энергосбережение как способ повышения эффективности производства ...</b>	<b>89</b>
Зыков Е. А., Горбунова Л. Н. К вопросу о разработке системы отопления как способа повышения эффективности производства .....	90
Клепиков В. В. Сравнительный анализ устройств для нанесения консервационных материалов .....	97
Кривуца З. Ф., Сергеева В. В., Двойнова Н. Ф. Результаты исследования энергоэффективности топливных элементов на основе протонообменной мембраны .....	104
Середа Н. В., Абдулаев М. М. Электромобильный транспорт и зарядная инфраструктура .....	111
Тухватуллин М. И. Сверхвысокочастотная электротехнологическая установка для микроволновой обработки биологических субстратов ...	116
<b>Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве .....</b>	<b>121</b>
Борозенцев В. И. К разработке устройства для доения коров на универсальной доильной станции УДС-ЗБ .....	122
Бумбар И. В., Кувшинов А. А., Мунгалов В. А. Исследование уборки кукурузы в условиях АПК Амурской области в 2022 году .....	129

Бурмага А. В., Чубенко А. В., Винокуров С. А. Обзор исследований по изучению процесса приготовления пастообразных продуктов .....	135
Кислов А. А., Мунгалов В. А., Величко И. В. Двухступенчатая технология транспортировки сои в период переувлажнения.....	143
Крючков А. А., Кислов А. А. Способ сушки зерна в комбайне путем продувания теплым воздухом, полученным из энергии выхлопных (отработанных) газов .....	150
Крючкова Л. Г. Вычисление мощности потребления транспортировочного шнека кормораздатчика.....	156
Леонов В. В., Сурин Р. О., Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е. Расчетная эффективность перспективного машинно-тракторного агрегата.....	162
Лонцева И. А., Дищенко П. А. Особенности эксплуатации тяжелой дисковой бороны .....	169
Маршанин Е. В., Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е. Повышение опорной проходимости колесного машинно-тракторного агрегата.....	174
Пономарев Н. В., Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф. Математическое моделирование поперечной устойчивости транспортных агрегатов при криволинейном движении .....	182
Проценко П. П., Вергун В. В. Автоматическая система полива овощных теплиц .....	187
Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Современные георадарные средства повышения эффективности сельскохозяйственного почвообрабатывающего комплекса .....	194
Шевченко М. В., Матусевич А. Е. Эффективность предпосевного обеззараживания сои ультрафиолетовым и электромагнитным излучением СВЧ .....	202
Шевченко М. В., Матусевич А. Е., Яковлев В. А. Исследование электрических и световых характеристик светодиодных ламп.....	208

---

**Информационные технологии в энергетике.....217**

Гайсина Г. А., Каразбаев С. Р. Значение и роль информационных технологий в электроэнергетике .....	218
Лымарев А. А. Использование нейронной сети LSTM для прогнозирования выработки электрической энергии ветровыми генераторами .....	225
Маслов М. А., Кучерюк М. Е., Ижевский А. С. Чип «Neuralink».....	230

**Актуальные проблемы профессионального образования .....234**

Борисенко Е. А., Ланина С. Ю. Применение дифференциального исчисления у обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия».....	235
Дубкова Е. С., Горбунова Л. Н., Шевченко М. В. Проблемы профессионального образования при переходе страны на цифровую экономику .....	241
Каразбаев С. Р., Гайсина Г. А. Карьера в энергетической промышленности .....	248
Лонцева И. А., Сенников В. А. Использование лабораторного оборудования для обучения студентов инженерных направлений.....	254
Сенников В. А., Лонцева И. А. Использование электронной образовательной среды в процессе подготовки студентов по направлению «Агроинженерия» .....	259
Сергеева В. В., Кривуца З. Ф., Сенникова Н. Н. Применение цифровых интеллектуальных технологий в образовательном процессе по направлению подготовки «Агроинженерия» .....	266

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ**

Научная статья

УДК 621.315

EDN SEDSFX

DOI 10.22450/9785964205777\_8

## К вопросу плавки гололеда на воздушных ЛЭП электрическим током

**Сергей Владимирович Вендин**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор

**Ярослав Владимирович Васильченко**<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина  
Белгородская область, Белгород, Россия

<sup>1,2</sup> [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведен обзор мероприятий по борьбе с обледенением проводов на воздушных ЛЭП в осенне-зимний период. Представлены результаты теоретических исследований по оценке времени плавки гололеда с учетом плотности тока и величины гололедных отложений.

**Ключевые слова:** воздушные ЛЭП, обледенение, меры борьбы, способы плавки гололеда, электрический ток

**Для цитирования:** Вендин С. В., Васильченко Я. В. К вопросу плавки гололеда на воздушных ЛЭП электрическим током // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 8–12.

Original article

## On the issue of melting ice on overhead power lines by electric current

**Sergey V. Vendin**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Yaroslav V. Vasilchenko**<sup>2</sup>, Student

<sup>1,2</sup> Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin

Belgorod region, Belgorod Russia

<sup>1,2</sup> [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract.** An overview of measures to combat icing of wires on overhead power lines in the autumn-winter period is given. The results of theoretical studies on the estimation of ice melting time, taking into account the current density and the amount of ice deposits, are presented.

**Keywords:** overhead power lines, icing, control measures, methods of melting ice, electric current

**For citation:** Vendin S. V., Vasilchenko Ya. V. K voprosu plavki goleoda na

vozdushnyh LEP elektricheskim tokom [On the issue of melting ice on overhead power lines by electric current]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 8–12 (in Russ.).

Качество и надежность поставляемой потребителям электроэнергии зависят от многих факторов. Это связано с особенностями производства, передачи и преобразования электрической энергии в другие виды энергии [1–3].

В ряде регионов существует серьезная проблема обледенения проводов в осенне-зимний период, что снижает надежность электроснабжения и приводит к увеличению затрат при эксплуатации воздушных линий электропередач. Среднее время ликвидации гололедных аварий превышает среднее время ликвидации аварий по другим причинам в 10 и более раз. Интенсивность гололедных отложений на проводах, находящихся под напряжением, оказывается примерно на 30 % большей, чем на линиях без тока. В качестве пассивной меры борьбы с гололедом можно использовать различные высокопрочные провода из композитных материалов с несущим сердечником и применять растворы специальных веществ, которые наносят на провода ВЛ [3, 4]. К числу традиционных методов относят плавку гололеда на проводах воздушных линий электрическим током [5–7].

Современное состояние элементной базы силовой электроники открывает дополнительные возможности и стимулирует разработку новых методов борьбы с ледяными отложениями. Перспективным направлением в разработке новых средств борьбы с гололедными отложениями на воздушных линиях является применение комбинированных преобразовательных агрегатов, которые при необходимости могут выполнять плавку льда, а в остальное время – компенсацию реактивной мощности, а также использование роботизированных устройств.

Актуальной является плавка гололеда током сверхнизкой частоты, при которой сочетаются преимущества плавления переменным током промышленной частоты и плавка постоянным током [7].

Ниже на рисунке 1 приведены результаты теоретических исследований по оценке времени плавки гололеда с учетом плотности тока и величины гололедных отложений. Расчетная математическая модель предполагала двухслойную цилиндрическую структуру с нагревом во внутреннем цилиндре. Относительная величина гололеда принималась равной отношению  $D_2/D_1$ , где  $D_2$  – внешний диаметр провода при обледенении,  $D_1$  – внешний диаметр провода до обледенения. В представленной расчетной поверхности площадь сечения голого алюминиевого провода принималась равной  $70 \text{ мм}^2$ . Время нагрева определялось до достижения температуры поверхности гололеда равной  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

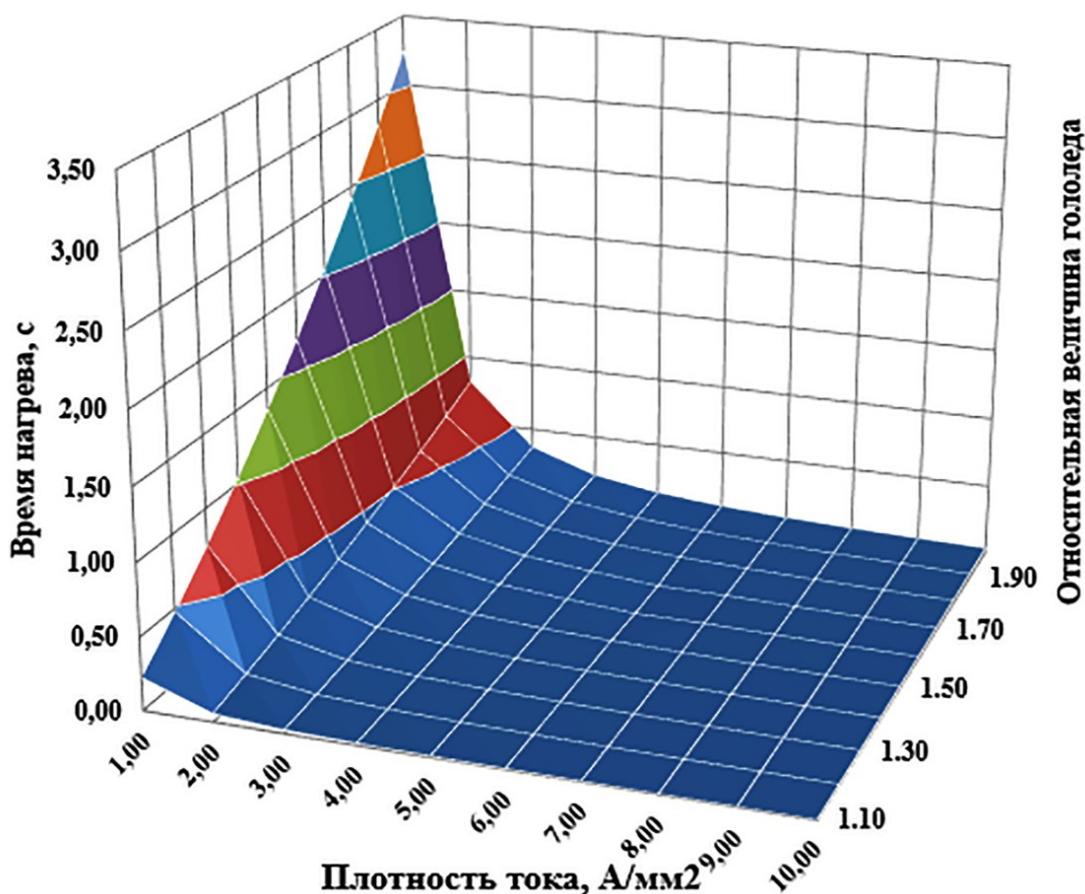


Рисунок 1 – Расчетная поверхность времени нагрева провода для расплава гололедных отложений

Согласно полученным результатам можно заключить, что *на время нагрева относительная величина гололеда существенно влияет при малой плотности тока. С увеличением плотности тока относительная величина гололеда практически незначима.*

### **Список источников**

1. Вендин С. В., Килин С. В., Соловьев С. В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4–10 кВ // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2018. № 2 (18). С. 3–19.
2. Вендин С. В., Соловьев С. В., Килин С. В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства*. 2018. № 3 (32). С. 18–25.
3. Алексеев Б. А. Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи и применение проводов новых марок // *Электро*. 2009. № 3. С. 45–50.
4. Банников Ю. И., Николаев Н. Я. Влияние напряжения ВЛ электропередачи на процесс гололедообразования // *Труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства*. 1977. Вып. 123. С. 101–104.
5. Методические указания по плавке гололеда переменным током. М. : Союзтехэнерго, 1983.
6. Методические указания по плавке гололеда постоянным током. М. : Союзтехэнерго, 1983.
7. Кочкин В. И. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП. Управляемая передача мощности // *Новости электротехники*. 2007. № 4 (46). С. 44–48.

### **References**

1. Vendin S. V., Kilin S. V., Soloviev S. V. Ocenka effektivnosti meropriyatij po snizheniyu nesimmetrii i nesinusoidal'nosti v raspredelitel'nyh setyah 0,4–10 kV [Evaluation of the effectiveness of measures to reduce asymmetry and non-sinusoidality in distribution networks of 0.4–10 kV]. *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. – *Innovations in agriculture: problems and prospects*, 2018; 2; 18: 3–19 (in Russ.).
2. Vendin S. V., Soloviev S. V., Kilin S. V. Eksperimental'nye issledovaniya

---

nesinusoidal'nosti i nesimmetrii napryazhenij v elektricheskikh setyah 10 kV [Experimental studies of non-sinusoidality and voltage asymmetry in 10 kV electrical networks]. *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta elektrifikacii sel'skogo hozyajstva. – Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Electrification of Agriculture*, 2018; 3; 32: 18–25 (in Russ.).

3. Alekseev B. A. Povyshenie propusknoj sposobnosti vozdushnyh linij elektroperedachi i primenenie provodov novyh marok [Increasing the capacity of overhead power transmission lines and the use of new brands of wires]. *Electro*, 2009; 3: 45–50 (in Russ.).

4. Bannikov Yu. I., Nikolaev N. Ya. Vliyanie napryazheniya VL elektroperedachi na process golledoobrazovaniya [Influence of the voltage of the overhead line on the process of ice formation]. *Trudy Chelyabinskogo instituta mekhanizacii i elektrifikacii sel'skogo hozyajstva. – Proceedings of the Chelyabinsk Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture*, 1977; 123: 101–104 (in Russ.).

5. *Metodicheskie ukazaniya po plavke gololeda peremennym tokom [Guidelines for melting ice with alternating current]*, Moskva, Soyuztekhnenergo, 1983 (in Russ.).

6. *Metodicheskie ukazaniya po plavke gololeda postoyannym tokom [Guidelines for melting ice with direct current]*, Moskva, Soyuztekhnenergo, 1983 (in Russ.).

7. Kochkin V. I. Novye tekhnologii povysheniya propusknoj sposobnosti LEP. Upravlyаемaya peredacha moshchnosti [New technologies for increasing the transmission capacity of power lines. Controlled power transmission]. *Novosti elektrotekhniki. – Electrical Engineering News*, 2007; 4; 46: 44–48 (in Russ.).

© Вендин С. В., Васильченко Я. В., 2022

Статья поступила в редакцию 09.11.2022; одобрена после рецензирования 24.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 09.11.2022; approved after reviewing 24.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.97

EDN SJCБPS

DOI 10.22450/9785964205777\_13

## Развитие альтернативной энергетики в Дагестане

**Ильдар Азатович Габитов**, кандидат технических наук  
Дагестанский государственный технический университет  
Республика Дагестан, Махачкала, Россия, [gabitovia@mail.ru](mailto:gabitovia@mail.ru)

**Аннотация.** Проведен анализ перспектив развития возобновляемых источников энергии в России и в развитых странах. Описаны основные проблемы на пути развития «зеленой» энергетики. Рассмотрен процесс формирования новой высокотехнологичной отрасли, которая связана с системами хранения энергии и их компонентов.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, альтернативные источники, «зеленая» энергетика, системы хранения энергии

**Для цитирования:** Габитов И. А. Развитие альтернативной энергетики в Дагестане // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 13–17.

Original article

## Development of alternative energy in Dagestan

**Ildar A. Gabitov**, Candidate of Technical Sciences  
Dagestan State Technical University, Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia  
[gabitovia@mail.ru](mailto:gabitovia@mail.ru)

**Abstract.** The analysis of the prospects for the development of renewable energy sources in Russia and in developed countries is carried out. The main problems on the way of development of "green" energy are described. The process of formation of a new high-tech industry, which is associated with energy storage systems and their components, is considered.

**Keywords:** renewable energy sources, alternative sources, "green" energy, energy storage systems

**For citation:** Gabitov I. A. Razvitie al'ternativnoj energetiki v Dagestane [Development of alternative energy in Dagestan]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.)* – All-Russian (National) Scientific

---

*and Practical Conference. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 13–17. (in Russ.).*

В рамках реализации политики энергосбережения и повышения энергоэффективности, внедрение и использование возобновляемых энергетических ресурсов в отрасли жилищно-коммунального хозяйства является одним из перспективных направлений.

Возобновляемые источники энергии восполняются естественным образом, прежде всего за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми. К возобновляемым источникам энергии относятся солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков. К возобновляемым источникам энергии относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр; низкопотенциальное тепло окружающей среды, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека (тепловые «отходы» жилища, промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовые отходы и другое) [1].

Республика Дагестан находится в Южном федеральном округе и является одним из самых богатых «солнечными днями» регионов России, и, следовательно, регион обладает достаточно высоким потенциалом для развития солнечной энергетики.

Указом Главы Дагестана Владимира Васильева утверждена Схема и программа развития электроэнергетики Республики Дагестан до 2024 г. Данная программа отражает общую характеристику и анализ состояния электроэнергетической отрасли республики, а также основные направления развития электроэнергетики. В ней прописан ряд перспективных направлений, в числе которых использование возобновляемых источников энергии суммарной мощностью более 74 МВт. В последующем они будут формировать Самурский

энергетический кластер.

Республика Дагестан, используя имеющиеся возможности в энергетике, достаточно стабильно развивает эту отрасль, обеспечивая полностью себя собственной электроэнергией, и поддерживая достаточно низкие тарифы, что является положительным фактором развития экономики республики. Перспективы развития топливной промышленности Дагестана связаны с освоением новых месторождений нефти и газа, в том числе на Каспийском шельфе, а также с вводом в действие нефтеперерабатывающих мощностей.

За счет финансирования в отрасли накоплен уникальный опыт сооружения самых крупных на Северном Кавказе гидроэлектростанций. Гидроэнергетические ресурсы республики оцениваются в 55,17 млрд. кВт·ч в средний по водности год (40 % потенциала рек Северного Кавказа), и лишь примерно десятая часть гидроресурсов освоена. Уровень потребления электроэнергии на душу населения составляет 1 550 кВт·ч против 5 342 кВт·ч в среднем по России.

По данным программы Экономического и социального развития Республики Дагестан на период до 2024 г., к этому сроку около половины действующего в настоящее время оборудования ГЭС выработает свой ресурс. Для более динамичного развития отрасли необходимо: обновление существующих мощностей и ввод новых крупных и малых гидроэлектростанций; техническое перевооружение электрических сетей и трансформаторных подстанций; реконструкция и новое строительство высоковольтных и низковольтных электрических сетей; развитие нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Реализации мер должна позволить увеличить выработку электроэнергии до 6,5 млрд. кВт·ч; создать 650 дополнительных рабочих мест. При этом энерговооруженность на душу населения достигнет среднероссийского уровня.

Регион обладает колоссальными возможностями для освоения геотермальной энергии, имеющей самый высокий коэффициент использования установленной мощности по сравнению с другими видами возобновляемых источников энергии. Вовлечению в топливно-энергетический баланс новых источников энергии способствует рост потребительского спроса, ухудшение экологической обстановки и сокращение запасов классических видов топлива.

Локомотивом геотермальной энергетики Южного федерального округа, а возможно, и всей России, может стать Дагестан. Республика занимает первое место в стране по запасам геотермальных вод для теплоснабжения. Далее идут Камчатка, Чеченская Республика и затем, с большим отрывом, Краснодарский и Ставропольский края. В Дагестане есть квалифицированные специалисты, способные решать любые задачи в области научного обоснования, проектирования и эксплуатации геотермальных систем. Неслучайно, именно там, впервые была разработана концепция интегрированной схемы использования горячих подземных вод и создана первая на Северном Кавказе бинарная электростанция.

Геотермальное тепло возобновляется. Использованную для отопления квартир подземную воду можно закачивать в «материнский пласт». Правда, пока это теория. На эксплуатируемых месторождениях Северо-Кавказского региона полезно используется примерно пятая часть теплового потенциала. Зачастую после потребления геотермальные воды с температурой 60–70 градусов не вводятся вновь в хозяйственный оборот, а сбрасываются в реки. Не находится применение и низкопотенциальным водам (до 3 000 скважин в республике) [2].

Реализация проекта стоимостью 712 млн. рублей позволит решить несколько серьезных проблем. В экономику будут вовлечены ранее не использовавшиеся геотермальные ресурсы. Экономический потенциал республики вы-

растет за счет создания безопасных производств по выращиванию экологически чистых продуктов питания. Просчитан ожидаемый объем производства: балык красной рыбы – 250 тонн, икра черная зернистая – 25,7 тонны, ранние овощи – 900 тонн в год.

Уже никто не сомневается в том, что законы, стимулирующие развитие альтернативной энергетики в России, будут приняты. А поскольку, в качестве критерия выделения бюджетам субъектов РФ отдельных видов субсидий из федерального бюджета, Президент России предложил использовать использование энергосберегающих и экологически чистых технологий, нормотворческую инициативу нужно проявить и территориям. Так, например, в этих целях, еще в 2004 г. принят региональный закон «Об использовании возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае».

#### **Список источников**

1. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / под ред. П. П. Безруких. СПб. : Наука, 2002. 313 с.
2. Алхасов А. Б., Рамазанов М. М., Абасов Г. М. Использование геотермальной энергии в горячем водоснабжении // Водоснабжение и санитарная техника. 1998. № 3.

#### **References**

1. Bezrukikh P. P. (Eds.). *Resursy i effektivnost' ispol'zovaniya vozobnovlyаемых istochnikov energii v Rossii [Resources and efficiency of renewable energy sources in Russia]*, Sankt-Peterburg, Nauka, 2002, 313 p. (in Russ.).
2. Alkhasov A. B., Ramazanov M. M., Abasov G. M. *Ispol'zovanie geotermal'noj energii v goryachem vodosnabzhenii [Use of geothermal energy in hot water supply]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – Water Supply and Sanitary Equipment*, 1998; 3 (in Russ.).

© Габитов И. А., 2022

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.91

EDN TMUDUR

DOI 10.22450/9785964205777\_18

### Потенциал развития солнечной энергетики в Амурской области

**Людмила Николаевна Горбунова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Петр Александрович Петренко**<sup>2</sup>, студент бакалавриата

**Роман Витальевич Корнилкин**<sup>3</sup>, студент бакалавриата

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>2</sup> [petrpetrenko703@gmail.com](mailto:petrpetrenko703@gmail.com), <sup>3</sup> [romankor281@gmail.com](mailto:romankor281@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрена солнечная активность и представлен гелиоэнергетический потенциал в Амурской области. Проведен анализ уровня солнечной энергетики и перспектив ее развития в Амурской области.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, гелиоэнергетический потенциал, Амурская область

**Для цитирования:** Горбунова Л. Н., Петренко П. А., Корнилкин Р. В. Потенциал развития солнечной энергетики в Амурской области // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 18–23.

Original article

### The potential for the development of solar energy in the Amur region

**Lyudmila N. Gorbunova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Petr A. Petrenko**<sup>2</sup>, Undergraduate Student

**Roman V. Kornilkin**<sup>3</sup>, Undergraduate Student

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>2</sup> [petrpetrenko703@gmail.com](mailto:petrpetrenko703@gmail.com), <sup>3</sup> [romankor281@gmail.com](mailto:romankor281@gmail.com)

**Abstract.** The article considers solar activity and presents the solar energy potential in the Amur region. The analysis of the level of solar energy and prospects for its development in the Amur region is carried out.

**Keywords:** solar energy, solar energy potential, Amur region

**For citation:** Gorbunova L. N., Petrenko P. A., Kornilkin R. V. Potencial razvitiya solnechnoj energetiki v Amurskoj oblasti [The potential for the development of solar energy in the Amur region]. Proceeding from Actual issues of energy

in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 18–23 (in Russ.).

Хотя многие считают, что развитие солнечной энергетики началось совсем недавно, но на самом деле первые научные исследования в этой сфере начались около 200 лет назад. Еще в 1839 г. французский ученый Эдмонд Беккерель начал экспериментировать с электролитическими ячейками, генерирующими электричество под воздействием солнечного света.

В 1876 г. лондонский профессор Уильям Гриллс Адамс и его ученик Ричард Эванс Дей наблюдали фотогальванический эффект при воздействии света на селен. Хотя они и не смогли получить количество энергии, требуемое для работы какого-либо оборудования, но уже тогда смогли доказать, что с помощью солнца можно вырабатывать энергию.

В 1883 г. американский изобретатель Чарльз Фриттс создает первую рабочую фотогальваническую ячейку на основе селена. Коэффициент полезного действия (КПД) этой ячейки составлял всего 1 %. Уже в следующем году на крыше одного из зданий Нью-Йорка была установлена первая солнечная батарея. В то время она стоила очень дорого и имела низкий КПД, поэтому эти солнечные батареи не допустили к широкомасштабному распространению.

В 1950 г. американские ученые смогли создать фотоэлемент, КПД которого составляло изначально 4 %, а после некоторых доработок 6 %. В 1954 г. впервые была создана солнечная панель на основе кремния. Из всех материалов, которые использовались при исследованиях, он оказался самым перспективным.

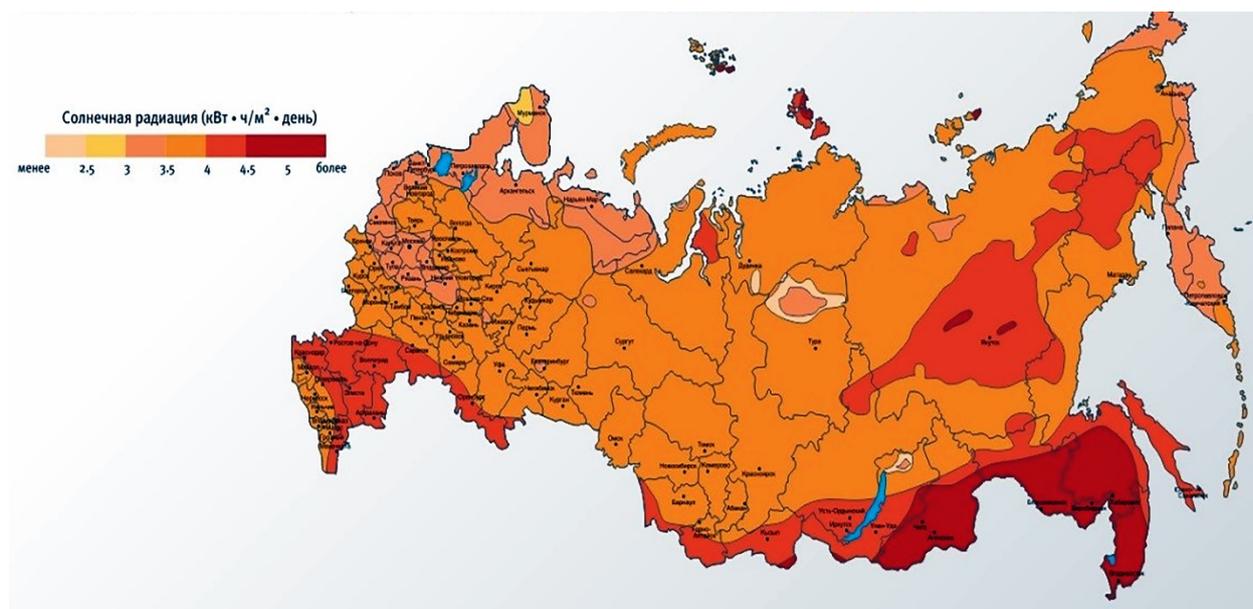
В 1958 г. фотоэлементы стали главными источниками получения электроэнергии, которые получали космические корабли орбитальной станции кос-

моса. В этом же году в Крыму смогли построить первую промышленную солнечную электростанцию мощностью 5 МВт, что на то время являлось пиковым результатом. Но спустя десять лет электростанция была закрыта из-за нерентабельности.

На данный момент существуют солнечные панели из более дешевых материалов с КПД от 15 до 20 %. В лабораториях существуют панели с КПД и до 50 %, но они нигде не используются и являются экспериментальными [1].

Так как газ, нефть и уголь не являются возобновляемыми ресурсами, то во всем мире стоит вопрос об использовании альтернативной энергетики, в том числе солнечной. Гелиоэнергетика основана на энергии солнца, которая является возобновляемой. Поэтому, мы решили рассмотреть вопрос потенциала развития солнечной энергетики в Амурской области.

Амурская область является одной из зон с самой высокой солнечной активностью в России. Согласно данным, показанным на рисунке 1, видно, что среднее количество солнечной энергии в год, попадающее на один квадратный метр поверхности земли в нашей области одно из самых высоких по стране [2].



**Рисунок 1 – Карта солнечной инсоляции Российской Федерации**

Амурская область в силу своего географического положения (54° северной широты) имеет значительную суммарную годовую продолжительность солнечного сияния – от 2 000 часов за год в северных районах до 2 600 часов в южных районах. Фактическая продолжительность солнечного сияния за год составляет на севере области 45 %, а на юге 60 %, что сопоставимо с аналогичными параметрами наиболее солнечной страны – Туркмении.

Интенсивность поступления солнечной энергии в Амурской области достаточно высока: от 4 до 4,5 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup> в день. Годовые показатели гелиоэнергетических ресурсов области составляют на юге 1 300–1 400 кВт/ч на 1 м<sup>2</sup>; на севере – 1 100–1 200 кВт/ч на 1 м<sup>2</sup> [3].

Все это говорит о том, что Амурская область имеет достаточный гелиоэнергетический потенциал для развития солнечной энергетики.

На данный момент солнечная энергетика только набирает свою популярность. Сейчас применение солнечных панелей можно встретить в частных домах, при освещении улиц и домов в населенных пунктах, а также на многих федеральных и междугородних трассах. Но и на некоторых предприятиях уже встречаются солнечные панели, вырабатывающие энергию (например, на Нижней-Бурейской ГЭС, которая расположена на территории области). Правда используются эти солнечные панели только для собственных нужд.

На Восточном экономическом форуме–2022 Ассоциация развития возобновляемой энергетики подвела итоги первого регионального инвестиционного рейтинга в области возобновляемых источников энергии для субъектов РФ. Эксперты признали Амурскую область регионом с самым большим объемом объектов солнечной генерации и наибольшим ресурсным потенциалом для ее развития.

«На сегодняшний день солнечная энергия на территории Амурской области используется в частном секторе на объектах микрогенерации. Однако Амурская область – единственный регион, не входящий в первую и вторую

ценовые зоны оптового рынка, который объявил и провел у себя конкурсный отбор проектов. Это открывает Приамурью широкие перспективы с точки зрения развития возобновляемых источников энергии, в частности солнечной генерации», – отметил директор Ассоциации развития возобновляемой энергетики Алексей Жихарев [4].

Указанные предпосылки могут привести к тому, что в Амурской области в ближайшее время могут появиться две солнечные электростанции «Волковская СЭС-1» и «Волковская СЭС-2», которые будут располагаться в Благовещенском районе. Планируемая мощность этих станций будет составлять 12,6 и 15 МВт. Включение объектов в работу планируется 30 декабря 2023 г. Это может стать большим скачком развития альтернативной энергетики в Амурской области.

Таким образом, можно сделать вывод, что потенциал развития солнечной энергетики в Амурской области крайне высок. Это позволит обеспечить энергетические потребности граждан.

#### **Список источников**

1. История развития солнечной энергетики // Со светом. URL: <https://www.sosvetom.ru/articles/istoriya-razvitiya-solnechnoy-energetiki/> (дата обращения: 10.10.2022).
2. Карта солнечной активности в России // Солнечная энергетика. URL: <https://www.solar-battery.com.ua/karta-solnechnoy-aktivnosti-v-rossii/> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Гордиенко О. Почему Приамурье стало первым по развитию солнечной генерации // Амурская правда. URL: <https://ampravda.ru/2022/09/15/0115724.html> (дата обращения: 02.10.2022).
4. Амурская область – лидер по развитию солнечной энергетики // Правительство Амурской области. URL: <https://invest.amurobl.ru/media/news/amurskaya-oblast-lider-po-razvitiyu-solnechnoy-energetiki-v-rossii/> (дата обращения: 02.10.2022).

## References

1. Istoriya razvitiya solnechnoj energetiki [History of solar energy development]. *Sosvetom.ru* Retrieved from <https://www.sosvetom.ru/articles/istoriya-razvitiya-solnechnoy-energetiki/> (Accessed 10 October 2022) (in Russ.).
2. Karta solnechnoj aktivnosti v Rossii [Map of solar activity in Russia]. *Solar-battery.com* Retrieved from <https://www.solar-battery.com.ua/karta-solnechnoy-aktivnosti-v-rossii/> (Accessed 10 October 2022) (in Russ.).
3. Gordienko O. Pochemu Priamur'e stalo pervym po razvitiyu solnechnoj generacii [Why the Amur region became the first in the development of solar generation]. *Ampravda.ru* Retrieved from <https://ampravda.ru/2022/09/15/0115724.html> (Accessed 02 October 2022) (in Russ.).
4. Amurskaya oblast' – lider po razvitiyu solnechnoj energetiki [Amur region is a leader in the development of solar energy]. *Amurobl.ru* Retrieved from <https://invest.amurobl.ru/media/news/amurskaya-oblast-lider-po-razvitiyu-solnechnoy-energetiki-v-rossii/> (Accessed 02 October 2022) (in Russ.).

© Горбунова Л. Н., Петренко П. А., Корнилкин Р. В., 2022

Статья поступила в редакцию 18.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.91

EDN SPUXRY

DOI 10.22450/9785964205777\_24

### Использование сетевой солнечной электростанции в частном секторе

Денис Евгеньевич Кадах<sup>1</sup>, студент бакалавриата

Данил Олегович Кривошеев<sup>2</sup>, студент бакалавриата

Андрей Станиславович Ижевский<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1, 2, 3</sup> [ciatp@dalgau.ru](mailto:ciatp@dalgau.ru)

**Аннотация.** Исследованы вопросы эксплуатации технологий комбинированных систем электроснабжения частного дома. Произведена оценка эффективности солнечных батарей, как основного источника питания. Выделены сильные и слабые стороны альтернативного источника энергии.

**Ключевые слова:** солнечные батареи, эффективность, излучение, электрический ток

**Для цитирования:** Кадах Д. Е., Кривошеев Д. О., Ижевский А. С. Использование сетевой солнечной электростанции в частном секторе // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 24–29.

Original article

### The use of a network solar power plant in the private sector

Denis E. Kadakh<sup>1</sup>, Undergraduate Student

Danil O. Krivosheev<sup>2</sup>, Undergraduate Student

Andrey S. Izhevsky<sup>3</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1, 2, 3</sup> [ciatp@dalgau.ru](mailto:ciatp@dalgau.ru)

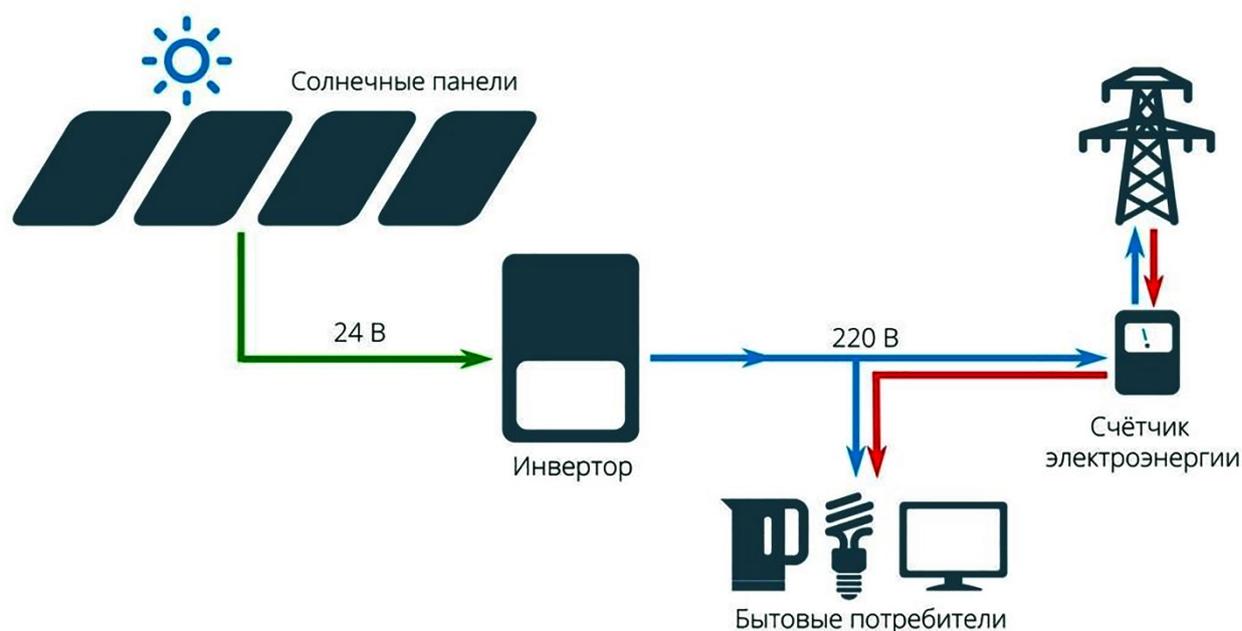
**Abstract.** The issues of operation of technologies of combined power supply systems of a private house are investigated. The efficiency of solar panels as the main power source has been evaluated. The strengths and weaknesses of an alternative energy source are highlighted.

**Keywords:** solar panels, efficiency, radiation, electric current

**For citation:** Kadakh D. E., Krivosheev D. O., Izhevsky A. S. Ispol'zovanie

setevoj solnečnoj elektrostancii v chastnom sektore [The use of a network solar power plant in the private sector]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 24–29 (in Russ.).

Отличительной особенностью сетевой электростанции (рис. 1) является то, что в ней отсутствуют аккумуляторы. То есть в темное время суток, когда выработка солнечной энергии в панелях прекращается, электричество будет «отбираться» у подключенных к общей электросети.



**Рисунок 1 – Схема сетевой солнечной электростанции для частного дома с двунаправленным счетчиком**

Сетевые системы относительно просты в установке и очень рентабельны, поскольку в них небольшое количество компонентов.

Срок окупаемости такой станции может составлять всего 2–4 года. Основная цель системы состоит в том, чтобы снизить расходы на электроэнергию до 40 % от текущих платежей.

Если пользователь подключает свои солнечные панели (или другие воз-

обновляемые источники энергии) в рамках закона о микрогенерации, то энергия, подаваемая в сеть в течение расчетного месяца, будет сбалансирована (компенсирована) потребляемой электроэнергией. Балансировка – очень важная часть, которая позволяет гораздо быстрее окупиться и более эффективно использовать солнечную электростанцию.

Если основное потребление на объекте происходит вечером (что довольно часто встречается в частных домохозяйствах), можно отдавать энергию, вырабатываемую станцией в течение дня, в сеть, а вечером забирать ее обратно. В конце месяца производится оплата за разницу в потребленной (отданной) электроэнергии, и таким образом, если в конце месяца отдано больше, чем потреблено, энергосбытовая компания будет обязана заплатить за соответствующую часть электроэнергии. Это позволяет использовать сеть как бесплатный аккумулятор бесконечной емкости.

При подключении станции обязательно установление двунаправленного счетчика (рис. 2), который будет считать энергию в обоих направлениях.



**Рисунок 2 – Двунаправленный счетчик**

Доход от продажи электроэнергии от солнечной электростанции не будет облагаться налогом.

Уже сейчас все больше домашних хозяйств, отраслей промышленности и предприятий активно внедряют солнечные электростанции в свои собственные энергосистемы. Солнечная энергетика является одним из самых быстрорастущих и экономически привлекательных рынков во всем мире, и мы надеемся, что она станет толчком к более масштабному развитию страны. Даже сейчас срок окупаемости солнечных электростанций начинается от двух лет (или 25 % годовых), что, несомненно, является хорошей инвестицией.

Для того, чтобы рассчитать мощность солнечных панелей, нужно установить потребление. Для этого мы суммируем потребляемую мощность всех электроприборов, обогревателей, освещения и других потребителей. Стоит отметить, что если планируется установка солнечных панелей на даче, то такое решение окупится достаточно быстро из-за небольшой требуемой мощности.

Согласно расчетным данным, потребление электроэнергии частным домом составляет примерно 300 кВт·ч в месяц. Это означает, что ежедневное потребление составляет 10 кВт·ч. Далее нам нужно определить, сколько солнечных панелей способно вырабатывать не менее 10 кВт·ч энергии в день для дома. Прежде всего, следует установить время работы системы. Даже самые мощные элементы способны получать энергию только в определенное время суток. Рабочий период называется пиковыми солнечными часами. Их не следует путать с продолжительностью светового дня, которая намного больше. Однако утренние и вечерние часы не учитываются, так как они непродуктивны для оборудования.

Для расчета мощности панели используем формулу (1):

$$P_{\text{сп}} = \frac{E_{\text{п}} \cdot K \cdot P_{\text{инс}}}{E_{\text{инс}}} \quad (1)$$

где  $P_{\text{сп}}$  – мощность панели, кВт;

$E_{\text{п}}$  – суточное потребление, кВт·ч;

$K$  – коэффициент потерь (равен от 1,2 до 1,4);

$P_{\text{инс}}$  – мощность инсоляции на земной поверхности;

$E_{\text{инс}}$  – среднемесячное значение инсоляции (из справочных таблиц).

Подставляя значения, получаем:  $P_{\text{сп}} = \frac{10 \cdot 1,2 \cdot 0,7}{4,5} = 1,87$  кВт.

Как правило, учитывается время с 9 до 16 часов. Этот период можно еще сократить, чтобы скорректировать потери от деградации панелей и изношенного оборудования. Допустим, рабочее время панелей в сутки составит 5 часов. При потребности в 10 кВт·ч, необходимо, чтобы мощность, вырабатываемая панелями, была 2 кВт. Руководствуясь этим значением, можно подсчитать, сколько солнечных панелей нужно для обеспечения электроэнергией дома.

Предположим, что мощность панели 300 Вт. Чтобы вычислить количество нужно 2 кВт поделить на 300, и таким образом получается, что нам необходимо купить 7 панелей, чтобы обеспечить дом с потреблением 300 кВт·ч в месяц бесплатной энергией.

Выбирать устройства необходимо с некоторым запасом, учитывая возможность появления дополнительных потребителей и деградацию оборудования. На практике приходится учитывать также стоимость панелей и условия их работы. Например, если солнечных дней в году мало, оптимальным вариантом станут гибкие модели, хорошо работающие даже в сумерках.

Продажа электроэнергии будет осуществляться по оптовой цене, которая составляет 1,5–2 руб./кВт·ч. А если понадобится потребить электроэнергию из сети (по двунаправленным счетчикам), то частный владелец строения сможет это сделать только по розничной цене, которая в некоторых регионах может достигать до 4–5 руб./кВт·ч.

Считаем, что такая установка также будет интересна для южных регионов страны: Краснодарский край, Ростовская область и др., где много солнечных дней и сильное солнечное излучение. Если в этих регионах 6 месяцев в году

будет оптимальная выработка электроэнергии, то при 20 солнечных днях в месяц по тарифу 1,5 руб./кВт·ч можно заработать 200 руб. за один день или около 4 тыс. руб. в месяц. Эти средства можно аккумулировать и расходовать в ночное время, а также использовать зимой на отопление от электричества.

© Кадах Д. Е., Кривошеев Д. О., Ижевский А. С., 2022

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 537.871.3

EDN REGFLR

DOI 10.22450/9785964205777\_30

### Расчет предельно допустимых уровней электромагнитного поля линий электропередачи сверхвысокого напряжения

**Александр Николаевич Козлов**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент

**Петр Васильевич Беляев**<sup>2</sup>, студент бакалавриата

<sup>1,2</sup> Амурский государственный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [kozlov1951@yandex.ru](mailto:kozlov1951@yandex.ru), <sup>2</sup> [belyev.p.v1@yandex.ru](mailto:belyev.p.v1@yandex.ru)

**Аннотация.** Проведена оценка напряженности электромагнитного поля на подстанции сверхвысокого напряжения. Исследованы способы обеспечения электромагнитной совместимости для защиты устанавливаемого на подстанции оборудования, чувствительного к электромагнитным помехам.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, сверхвысокое напряжение, электромагнитная совместимость, электроэнергетика, электромагнитные поля, помехозащищенность, уровень помех

**Для цитирования:** Козлов А. Н., Беляев П. В. Расчет предельно допустимых уровней электромагнитного поля линий электропередачи сверхвысокого напряжения // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 30–34.

Original article

### Calculation of the maximum permissible levels of the electromagnetic field of ultrahigh voltage transmission lines

**Alexander N. Kozlov**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Petr V. Belyaev**<sup>2</sup>, Undergraduate Student

<sup>1,2</sup> Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [kozlov1951@yandex.ru](mailto:kozlov1951@yandex.ru), <sup>2</sup> [belyev.p.v1@yandex.ru](mailto:belyev.p.v1@yandex.ru)

**Abstract.** An assessment of the electromagnetic field strength at an ultrahigh voltage substation has been carried out. The methods of ensuring electromagnetic compatibility for the protection of equipment installed at a substation that is sensitive to electromagnetic interference are investigated.

**Keywords:** electromagnetic radiation, ultra-high voltage, electromagnetic compatibility, electric power, electromagnetic fields, noise immunity, interference level

**For citation:** Kozlov A. N., Belyaev P. V. Raschet predel'no dopustimyh urovnej elektromagnitnogo polya linij elektroperedachi sverhвысокoго napryazheniya [Calculation of the maximum permissible levels of the electromagnetic field of ultra-high voltage transmission lines]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 30–34 (in Russ.).

Электромагнитные поля промышленной частоты, в зависимости от их величины оказывают негативное влияние на организм человека. Поэтому в процессе проектирования производится теоретический расчет соответствия величины электромагнитного поля и выбирается санитарно-охранная зона.

После строительства и запуска энергетического объекта производятся практические измерения магнитных полей частотой 50 Гц в нормальных режимах, в местах установки устройств автоматических и автоматизированных систем технологического управления, на распределительное устройство высокого напряжения вдоль трассы прокладки кабелей при помощи измерителя магнитного поля [1].

Представлен теоретический расчет напряженности электромагнитного поля промышленной частоты одноцепной ВЛ 500 кВ «Дальневосточная – Владивосток». Так как протяженность трассы составляет 95 км, расчет электромагнитного поля производился в местах крепления проводов на опоре ПС 500 кВ «Дальневосточная». Для упрощения расчетов, допустим, что сама линия изолирована от опор, следовательно, грозозащитные тросы не оказывают значительного влияния на напряженность электромагнитного поля проводов.

Для вновь проектируемых воздушных линий электропередачи, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарно-защитных зон вдоль трассы воздушной линии с горизонтальным расположением прово-

дов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на расстоянии 30 м от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к воздушной линии электропередачи напряжением 500 кВ. Предельно допустимые значения напряженности нормируются для электрического поля, не искаженного присутствием человека. Напряженность электрического поля определяется на высоте 1,8 м от уровня земли, а для помещений – от уровня пола.

ВЛ 500 кВ выполнено тремя проводами марки АС-300/66, которые имеют горизонтальное расположение на опорах (рис. 1).

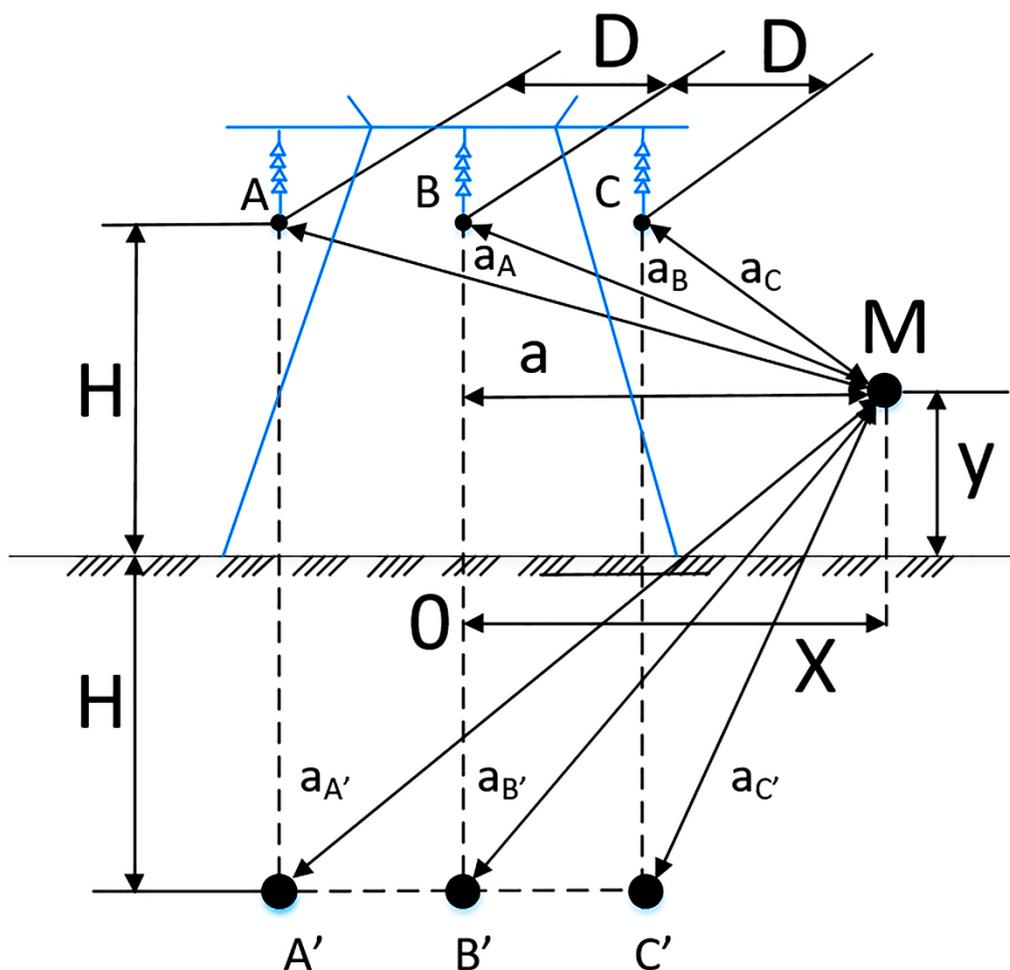


Рисунок 1 – Расчетная схема электромагнитного поля ВЛ 500 кВ

Расстояние между проводами  $D = 10,5$  м; радиус каждой фазы  $d = 24,5$  мм; высота подвеса проводов на опоре  $H = 34,7$  м; высота точки измерения  $y = 1,8$  м;

расстояние от геометрического центра системы  $X = 30$  м.

Исходя из условий, напряженность электрического поля в заданной точке выражается зависимостью (1) и определяется суммарным потенциалом, каждого провода по отдельности:

$$E = \varphi_A + \varphi_B + \varphi_C \quad (1)$$

где  $\varphi_n$  – потенциал, наводимый в точке М.

В свою очередь, потенциал одиночного проводника в любой точке пространства можно определить с помощью теоремы Гаусса:

$$\varphi_n = \tau \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{n'}{n}, \quad (2)$$

$$\tau = C \cdot U \quad (3)$$

где  $n$  и  $n'$  – расстояние от провода до точки М и ее зеркальное изображение соответственно;

$\tau$  – заряд на поверхности линии.

$C$  – емкость единицы длины линии;

$U$  – номинальное напряжение.

При этом величина емкости единицы длины линии определяется выражением (4) [2]:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\lg \left( \frac{2 \cdot D}{d} \right)} \quad (4)$$

где  $D$  – расстояние между проводами;

$\epsilon_0$  – электрическая постоянная (равна  $8,85 \times 10^{-12}$ );

$d$  – диаметр провода.

В результате расчета, напряженность электромагнитного поля в точке М составила 23,194 кВ/м. В соответствии с п.п 3.4.2.2 СанПиН 2.2.4.1191–03 [3]: при напряженности от 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в электромагнитном поле составляет 10 минут.

### Список источников

1. Харлов Н. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебное пособие. Томск : Томский политехнический университет, 2007. 207 с.
2. Сидоров А. И., Окраинская И. С. Электромагнитные поля вблизи электроустановок сверхвысокого напряжения : монография. Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2008. 204 с.
3. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях. СПб. : Деан, 2003. 30 с.

### References

1. Harlov N. N. *Elektromagnitnaya sovmestimost' v elektroenergetike: uchebnoe posobie [Electromagnetic compatibility in the electric power industry: textbook]*, Tomsk, Tomskij politekhnicheskij universitet, 2007, 207 p. (in Russ.).
2. Sidorov A. I., Okrainskaya I. S. *Elektromagnitnye polya vblizi elektroustanovok sverhvyssokogo napryazheniya: monografiya [Electromagnetic fields near ultrahigh voltage electrical installations: monograph]*, Chelyabinsk, Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet, 2008, 204 p. (in Russ.).
3. *Elektromagnitnye polya v proizvodstvennyh usloviyah [Electromagnetic fields in production conditions]*. (2003). *SanPiN 2.2.4.1191–03 gostinform.ru* Retrieved from <https://gostinform.ru/normativnye-dokumenty-po-sanitarno-epidemiologicheskomu-nadzoru/sanpin-2-2-4-1191-03-obj54781.html> (Accessed 02 October 2022) (in Russ.).

© Козлов А. Н., Беляев П. В., 2022

Статья поступила в редакцию 22.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 22.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.91

EDN AZXVCF

DOI 10.22450/9785964205777\_35

### Оценка количества тепловой энергии, получаемой от солнечной инсоляции на широте города Благовещенска

Дмитрий Станиславович Котенко<sup>1</sup>, студент магистратуры

Олеся Александровна Пустовая<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [diman999port@gmail.com](mailto:diman999port@gmail.com), <sup>2</sup> [pus14@yandex.ru](mailto:pus14@yandex.ru)

**Аннотация.** Произведена оценка количества тепловой энергии, получаемой от солнечной инсоляции на широте города Благовещенска. В этой связи, обосновано, что город является одним из наиболее благоприятных регионов, где малое количество пасмурных дней и высокая прозрачность атмосферы позволяют достигать максимальных показателей при производстве тепла.

**Ключевые слова:** гелиоэнергетика, атмосфера, рассеянная радиация, прямая радиация, модель

**Для цитирования:** Котенко Д. С., Пустовая О. А. Оценка количества тепловой энергии, получаемой от солнечной инсоляции на широте города Благовещенска // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 35–39.

Original article

### Estimation of the amount of thermal energy received from solar insolation at the latitude of the city of Blagoveshchensk

Dmitry S. Kotenko<sup>1</sup>, Master's Degree Student

Olesya A. Pustovaya<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [diman999port@gmail.com](mailto:diman999port@gmail.com), <sup>2</sup> [pus14@yandex.ru](mailto:pus14@yandex.ru)

**Abstract.** The amount of thermal energy received from solar insolation at the latitude of the city of Blagoveshchensk is estimated. In this regard, it is proved that the city is one of the most favorable regions, where a small number of cloudy days and high transparency of the atmosphere make it possible to achieve maximum performance in heat production.

---

**Keywords:** solar energy, atmosphere, scattered radiation, direct radiation, model

**For citation:** Kotenko D. S., Pustovaya O. A. Ocenka kolichestva teplovoj energii, poluchaemoj ot solnechnoj insolyacii na shirote goroda Blagoveshchenska [Estimation of the amount of thermal energy received from solar insolation at the latitude of the city of Blagoveshchensk]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 35–39 (in Russ.).

Излучение Солнца представляет собой электромагнитный поток, который частично достигает земной поверхности. Часть потока отражается и поглощается магнитосферой, часть – газами атмосферы. Оставшуюся радиацию, приходящую к Земле от Солнца, нерассеянную облаками, называют прямой солнечной радиацией. При этом около 30 % падающей на Землю прямой солнечной радиации сразу отражается назад в космическое пространство, а большая часть радиации поглощается земной поверхностью, в результате чего она нагревается.

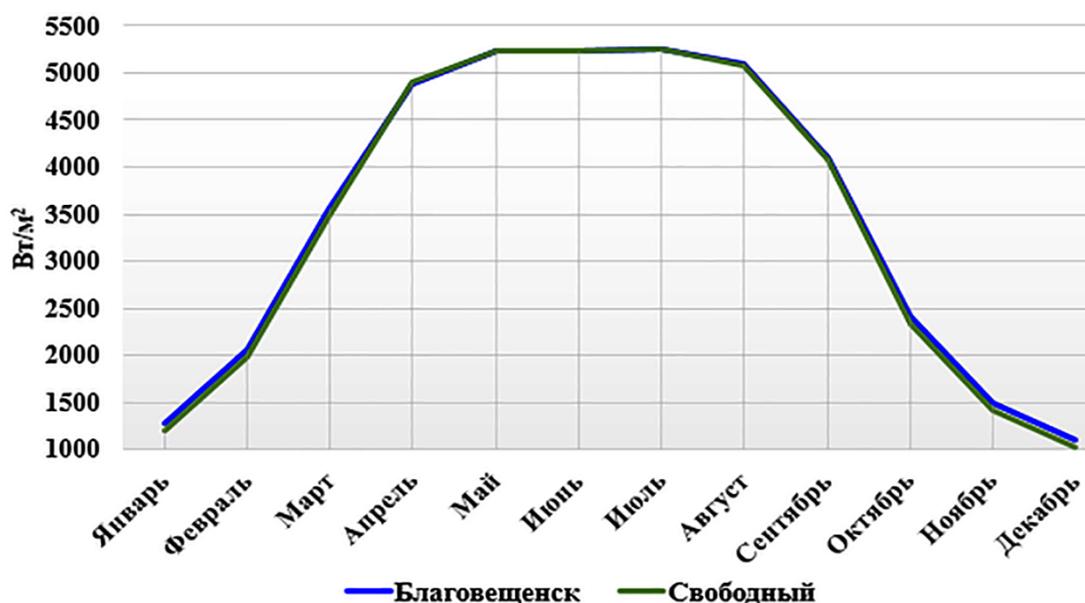
Излучение в оптическом диапазоне служит источником света для поверхности. Также поверхности достигает излучение в инфракрасном диапазоне. Данная часть спектра позволяет работать установкам, аккумулирующим тепло.

Всю солнечную радиацию, приходящую к земной поверхности (прямую и рассеянную) называют суммарной радиацией. На распределение радиации по земной поверхности оказывают влияние облачность и прозрачность атмосферы. Годовое количество суммарной радиации велико в малооблачных субтропических пустынях. Зато над приэкваториальными лесными областями с большой облачностью – оно снижено.

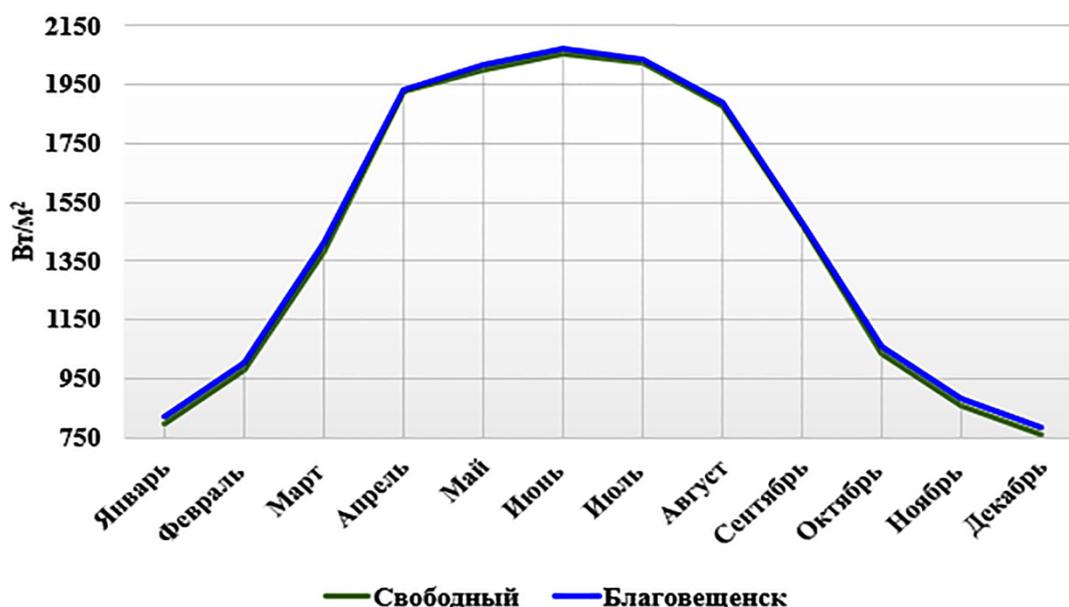
Город Благовещенск имеет высокие показатели прямой солнечной радиации, что позволяет использовать гелиоустройства (рис. 1).

Так, в июле уровень прямой радиации составляет  $5\,247,6 \text{ Вт/м}^2$ , а в декабре –  $1\,101,7 \text{ Вт/м}^2$ , что позволяет нагреть 10 л воды на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  за 2 минуты.

Наличие рассеянной радиации обусловлено потерями в парах воды. Ее значение в городе Благовещенск составляет в июне  $2\,074,9 \text{ Вт/м}^2$  в декабре –  $782,1 \text{ Вт/м}^2$  (рис. 2).



**Рисунок 1 – Среднемесячные значения прямой солнечной радиации в г. Благовещенске и г. Свободный (2012–2016 гг.)**



**Рисунок 2 – Среднемесячные значения рассеянной солнечной радиации в г. Благовещенске и г. Свободный (2012–2016 гг.)**

На суммарное количество прямой и рассеянной радиации, попадающее на Землю, сильно влияет облачность, так как ее наличие способствует поглощению части излучения. Для города Благовещенска в апреле максимальное значение в 2014 г. составило 6 457,1 Вт/м<sup>2</sup>, причем тенденция сохраняется ежегодно, а затем в мае следует провал (рис. 3).

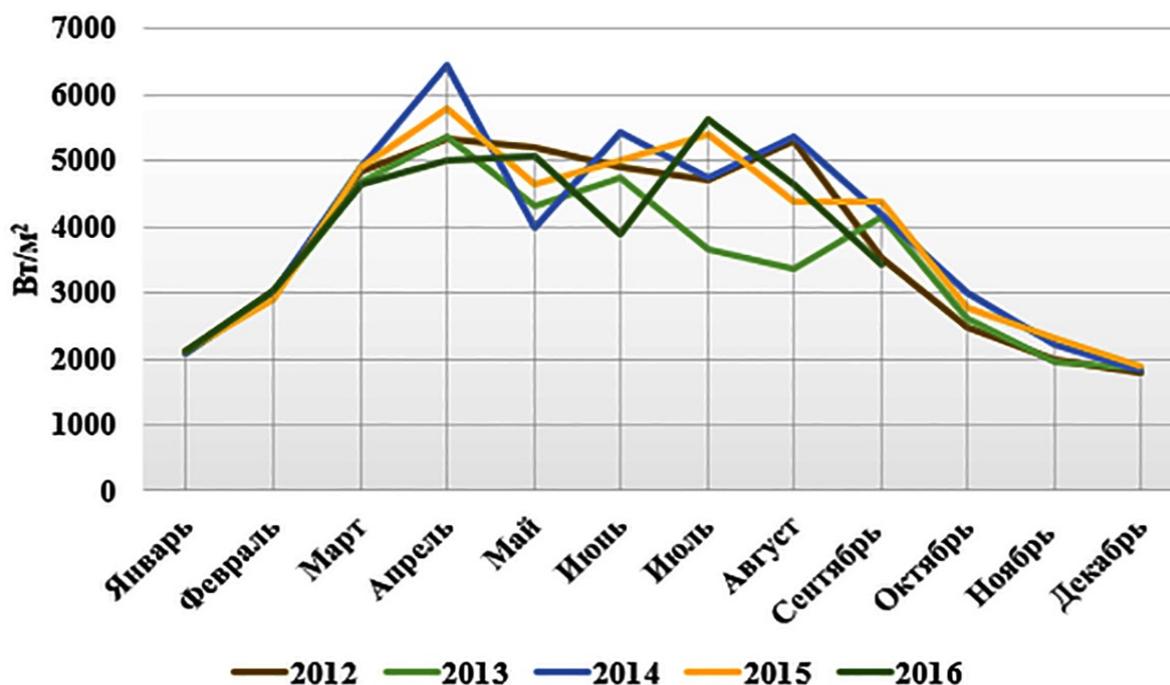


Рисунок 3 – Среднемесячные значения суммарной радиации, включая облачность, в г. Благовещенске (2012–2016 гг.)

Сравнение приведенных выше показателей города Благовещенска с городом Свободным позволяет сказать, что основной показатель инсоляции ниже в городе Свободный. Таким образом, для использования гелиосистем, предпочтительней, исходя из климатических условий, использовать территорию города Благовещенска.

Для проведения экспериментального исследования и возможных режимов работы была создана экспериментальная установка в виде здания, с проложенной под крышей зигзагом трубкой для водоснабжения. Нагрев крыши будет производиться с помощью инфракрасного нагревателя, заменяя солнечное излучение, а циркуляция воды – с помощью погружного насоса (рис. 4).



**Рисунок 4 – Экспериментальная установка**

© Котенко Д. С., Пустовая О. А., 2022

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 28.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.316

EDN BVKNKD

DOI 10.22450/9785964205777\_40

### Математическая обработка данных выработки солнечной электроэнергии на Нижне-Бурейской ГЭС

Людмила Геннадьевна Крючкова<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент  
Евгения Александровна Борисенко<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru), <sup>2</sup> [evgpodolko@mail.ru](mailto:evgpodolko@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты обработки данных выработки электроэнергии на Нижне-Бурейской ГЭС при помощи солнечной генерации в летний период времени.

**Ключевые слова:** альтернативный источник энергии, солнечная электростанция, статистическая обработка

**Для цитирования:** Крючкова Л. Г., Борисенко Е. А. Математическая обработка данных выработки солнечной электроэнергии на Нижне-Бурейской ГЭС // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 40–44.

Original article

### Mathematical processing of solar power generation data at the Nizhne-Bureyskaya HPP

Lyudmila G. Kryuchkova<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Evgenia A. Borisenko<sup>2</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru), <sup>2</sup> [evgpodolko@mail.ru](mailto:evgpodolko@mail.ru)

**Abstract.** The article presents the results of data processing of electricity generation at the Nizhne-Bureyskaya HPP using solar generation in the summer.

**Keywords:** alternative energy source, solar power plant, statistical processing

**For citation:** Kryuchkova L. G., Borisenko E. A. Matematicheskaya obrabotka

dannyh vyrobki solnechnoj elektroenergii na Nizhne-Burejskoj GES [Mathematical processing of solar power generation data at the Nizhne-Bureyskaya HPP]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 40–44 (in Russ.).

Использование традиционных источников энергии, основанных на применении угля, нефти и газа, зачастую выглядит малодоступным и затратным. При этом существует ограниченность этих природных ресурсов [1]. В настоящее время все чаще применяются альтернативные способы получения энергии, такие как, энергия Солнца, энергия ветра, биоэнергетика, энергия приливов и волн, тепловая энергия Земли, энергия атмосферного электричества и грозовая энергетика.

Рассмотрим применение альтернативной энергетики на примере Нижне-Бурейской гидроэлектростанции.

Первый объект солнечной генерации на Нижне-Бурейской ГЭС установили и сдали в опытно-промышленную эксплуатацию в декабре 2019 г. На подготовку и реализацию проекта, не имеющего аналогов в России, понадобилось меньше года.

На площадке Нижне-Бурейской ГЭС впервые выполнена гибридная генерация – параллельная работа гидроэлектростанции и солнечной электростанции. При этом мощность гидроэлектростанции составляет 320 МВт, мощность солнечной электростанции – 1,244 МВт.

Модули нового поколения с коэффициентом полезного действия ячейки более 23 % вырабатывают на 20 % больше электроэнергии, чем традиционные элементы из поликристаллического кремния, и эффективно функционируют как при высоких, так и при низких температурах. Это особенно важно, учитывая, так зимой на Бурее температура может опускаться до минус 35 °С.

Для анализа количества выработанной электроэнергии на данном объекте

был взят летний период времени. Нами были собраны данные о выработке электроэнергии солнечной электростанции с 01 июня по 29 августа 2022 г.

*Данный анализ состоял из статистической обработки данных: построены статистический ряд и выполнено его графическое представление; вычислены точечные оценки параметров закона распределения; записан доверительный интервал для неизвестного математического ожидания; сделаны выводы.*

**Результаты исследований.** Для построения статистического ряда определим наименьшее и наибольшее значения выработки электроэнергии:  $x_{min} = 270$  и  $x_{max} = 2109$ . Вычислим размах выборки:  $r = x_{max} - x_{min} = 1839$ .

Число интервалов ( $k$ ), на которые разбивается диапазон, вычислим по формуле Стерджеса [2]:  $k = 1 + \log_2 90 = 1 + 6,49 \approx 7$ .

Затем определим длину интервала:  $h = \frac{r}{k} = \frac{1839}{7} \approx 300$ .

При построении интервалов начальное значение ( $x_{нач}$ ) первого интервала вычислим следующим образом:  $x_{нач} = x_{min} - 0,5 \cdot h = 270 - 0,5 \cdot 300 = 120$ .

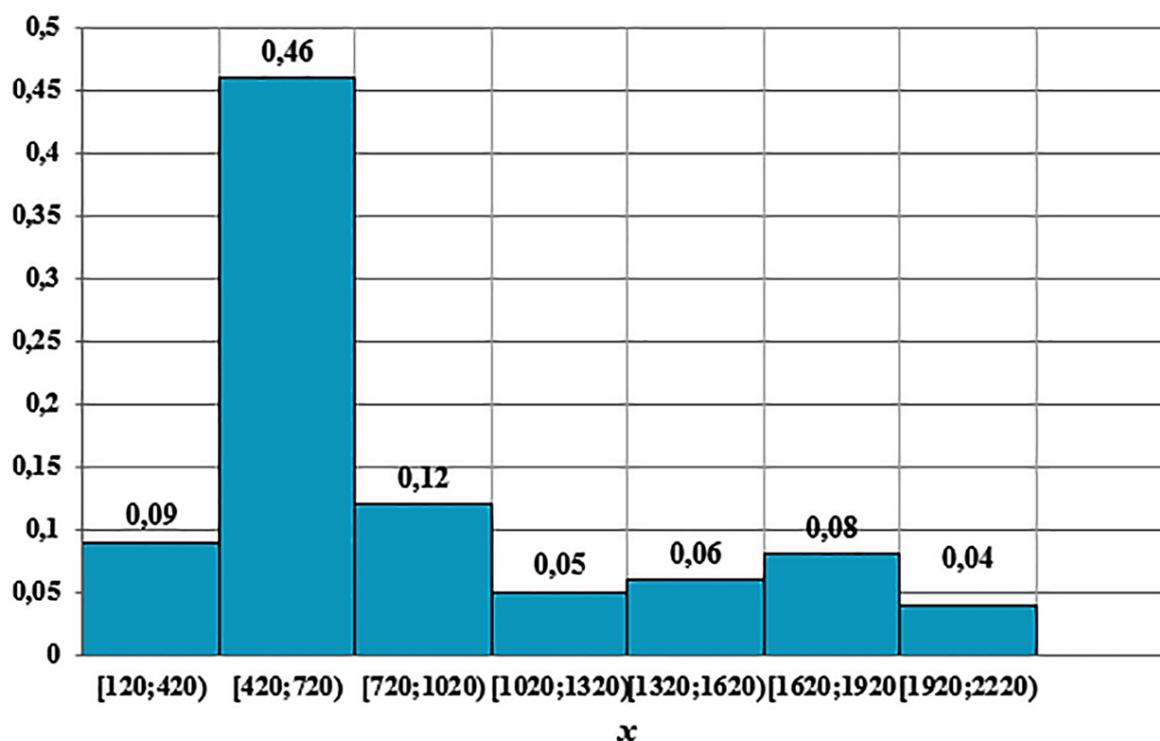
В таблице 1 представлен интервальный ряд распределения выработки электроэнергии. Представим графически статистический ряд в виде гистограммы относительных частот (рис. 1).

**Таблица 1 – Интервальный ряд распределения выработки электроэнергии**

Интервал	Частота ( $n_i$ )	Середина интервала ( $x_i$ )	Относительная частота ( $\omega_i$ )
[120;420)	9	270	0,09
[420;720)	46	570	0,46
[720;1020)	12	870	0,12
[1 020;1320)	5	1 170	0,05
[1 320;1620)	6	1 470	0,06
[1 620;1920)	8	1 770	0,08
[1 920;2220)	4	2 070	0,04

По гистограмме относительных частот, можно сделать вывод, что выработка электроэнергии в пределах от 420 кВт·ч до 720 кВт·ч, наблюдается

*примерно каждый второй летний день.*



**Рисунок 1 – Гистограмма относительных частот**

Для дальнейших исследований вычислим точечные оценки параметров закона распределения: выборочное среднее; выборочную дисперсию; выборочное среднее квадратическое отклонение (смещенное и несмещенное). В результате, выборочное среднее составит  $\bar{x} = 847$ , исправленное среднее квадратическое отклонение равно  $S \approx 499$ . Несмещенная оценка дисперсии составит:  $S^2 = \frac{n}{n-1} D_B = \frac{90}{89} \cdot 246456 \approx 249225$ . Расчеты коэффициента вариации показывают, что он равен:  $V = \frac{\sigma_B}{\bar{x}_B} \cdot 100\% = \frac{496}{847} \cdot 100\% \approx 58,56\%$ .

По значению коэффициента вариации *можно сделать вывод о высокой колеблемости значений выработки электроэнергии и неоднородности выбранных нами значений.*

Полагая, что изучаемая генеральная совокупность подчиняется нормальному закону распределения, оценим среднее значение выработанной электро-

энергии в летний период с помощью доверительного интервала, на уровне значимости 0,95.

По условию  $\gamma = 0,95 = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon\sqrt{n}}{s}\right) \rightarrow \Phi\left(\frac{\varepsilon\sqrt{n}}{s}\right) = \Phi(t_\gamma) = 0,475$ , используя таблицу значений функции Лапласа, находим значение аргумента  $t_\gamma = 1,96$ . Объем выборки ( $n$ ) равен 90.

Тогда  $\varepsilon = t_\gamma \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,96 \cdot \frac{499}{\sqrt{90}} \approx 103$ . Доверительный интервал будет иметь вид:  $(\bar{x} - 103; \bar{x} + 103) = (744; 950)$ .

**Выводы** Таким образом, *вне зависимости от погодных условий, с вероятностью 95 % можно прогнозировать среднее значение выработки электроэнергии в летний период на уровне от 744 до 950 кВт·ч. Это позволит учесть, сколько электроэнергии в среднем в летний день может быть выработано, при дальнейшем ее использовании для собственных нужд станции.*

#### **Список источников**

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. СПб. : Наука и Техника, 2014. 320 с.

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие. М. : Высшая школа, 1997. 479 с.

#### **References**

1. Germanovich V., Turilin A. *Al'ternativnye istochniki energii i energosberezhenie. Prakticheskie konstrukcii po ispol'zovaniyu energii vetra, solnca, vody, zemli, biomassy [Alternative energy sources and energy conservation. Practical designs for the use of wind, solar, water, earth, and biomass energy]*, Sankt-Peterburg, Nauka i Tekhnika, 2014, 320 p. (in Russ.).

2. Gmurman V. E. *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]*, Moskva, Vysshaya shkola, 1997, 479 p. (in Russ.).

© Крючкова Л. Г., Борисенко Е. А., 2022

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.314

EDN CGPWJS

DOI 10.22450/9785964205777\_45

### **Необходимость моделирования переходных процессов контактных систем регуляторов напряжения под нагрузкой**

**Георгий Михайлович Михеев<sup>1</sup>**, доктор технических наук, доцент

**Антон Анатольевич Димитриев<sup>2</sup>**, аспирант

<sup>1,2</sup> Чувашский государственный университет

Чувашская республика, Чебоксары, Россия

*Аннотация.* В работе представлены проблемы бесперебойной работы электрических сетей путем поддержания в работоспособном состоянии переключателей устройств, устанавливаемых на силовых трансформаторах. Показано, что для надежной работы регуляторов напряжения под нагрузкой необходимо следить за состоянием работы контактора, а также за очередностью совместной работы контактов контактора и переключателей. Затронута тема о моделировании переходных процессов контактной системы переключающего устройства с целью более точного определения индуктивности рассеяния обмоток преобразователя напряжения.

*Ключевые слова:* силовой трансформатор, регулятор напряжения под нагрузкой, контактная система, переходные процессы, индуктивность рассеяния, осциллографирование

*Для цитирования:* Михеев Г. М., Димитриев А. А. Необходимость моделирования переходных процессов контактных систем регуляторов напряжения под нагрузкой // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 45–51.

Original article

### **Necessity of simulation of transients of contact systems of voltage regulators under load**

**Georgy M. Mikheev<sup>1</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Anton A. Dimitriev<sup>2</sup>**, Postgraduate Student

<sup>1,2</sup> Chuvash State University, Chuvash Republic, Cheboksary, Russia

*Abstract.* The paper presents the problems of uninterrupted operation of electrical networks by maintaining the working condition of switching devices installed

---

on power transformers. It is shown that for reliable operation of voltage regulators under load it is necessary to monitor the state of the contactor, as well as the sequence of joint operation of contactor and switch contacts. The topic of simulation of transients in the contact system of a switching device in order to determine more accurately the leakage inductance of transformer windings is touched upon.

**Keywords:** power transformer, voltage regulator under load, contact system, transients, leakage inductance, oscilloscope

**For citation:** Mikheev G. M., Dimitriev A. A. Neobhodimost' modelirovaniya perekhodnyh processov kontaktnyh sistem regulyatorov napryazhenie pod nagruzkoj [Necessity of simulation of transients of contact systems of voltage regulators under load]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vse-rossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 45–51 (in Russ.).

Известно, что практически все силовые трансформаторы (СТ), эксплуатируемые в системах электроснабжения, снабжены переключающими устройствами (ПУ). Как правило, СТ, выполненные на класс напряжения 6–35 кВ, снабжаются ПУ типа переключателя без возбуждения (ПБВ), а СТ на класс напряжения 110 кВ и выше – регуляторами напряжения под нагрузкой (РПН) [1]. Эти устройства необходимы для поддержания на шинах подстанции нормируемого значения напряжения, то есть для соблюдения качества электрической энергии у потребителя.

По этой причине для энергоснабжающих предприятий важное значение имеет функция поддержания в рабочем состоянии вышеназванных устройств для бесперебойной работы электрических сетей в целом.

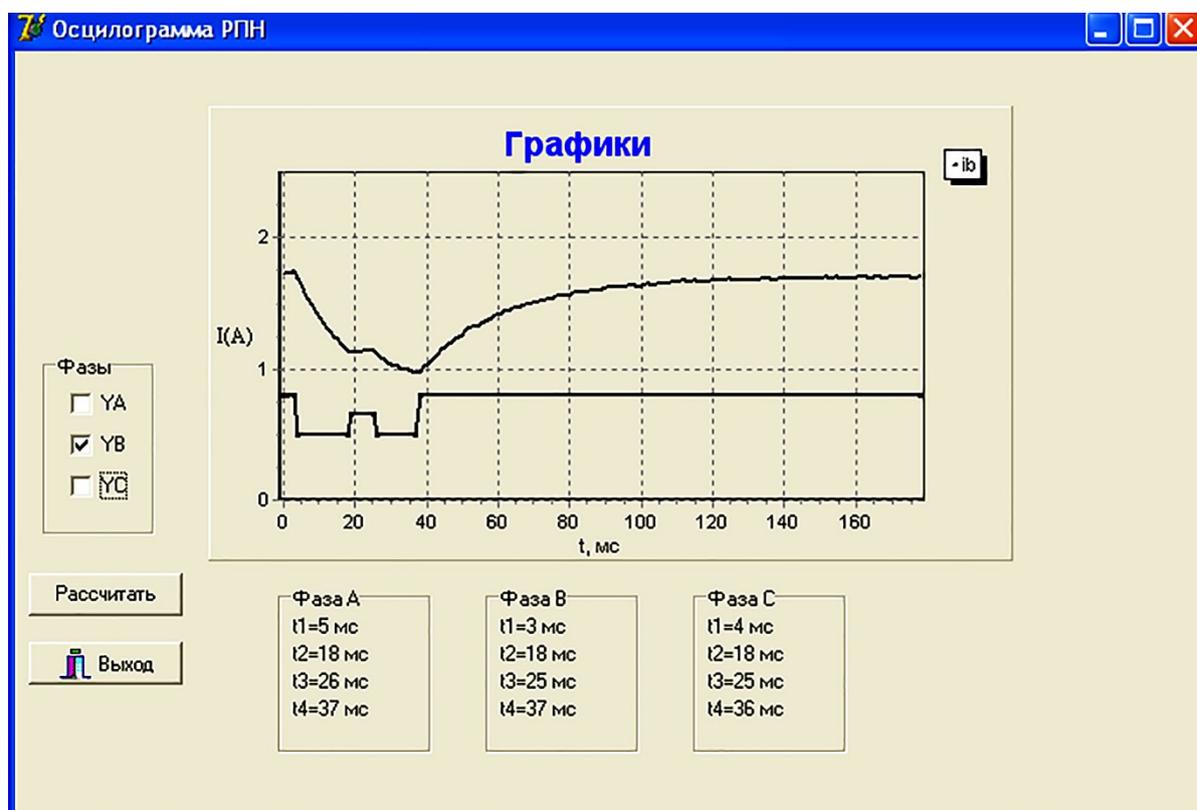
Известно также, что одним из способов выявления всевозможных дефектов в ПУ типа РПН является снятие токов осциллографирования [1, 2, 3] и снятие круговой диаграммы в их контактных системах [4].

В работах [5–8] приведены алгоритмы определения работоспособности РПН с помощью обработки цифровых осциллограмм токов. Разработанные ал-

горитмы позволяют создать не только базу данных ПУ, но и параметры их работоспособности. В последующем этот массив данных способствует анализу работы ПУ и обнаружению отклонений работы отдельных их узлов.

Во всех алгоритмах расчет временных параметров переключения контактной системы РПН осуществляется с учетом влияния индуктивностей фаз обмотки СТ. Поэтому моменты начала и завершения коммутации контактов левых и правых плеч контактора РПН определяются по скачкообразному изменению постоянной времени переходного процесса в  $RL$  цепи обмотки трансформатора.

Разработанные программы формируют исходные данные, снятые многоканальным цифровым осциллографом токов контактной системы без вскрытия бака контактора. Здесь они преобразуются в типовые осциллограммы, подобные тем, что обычно снимаются со вскрытием бака РПН без учета индуктивности обмотки СТ. Примеры этих осциллограмм могут иметь вид, представленной на рисунке 1.



---

**Рисунок 1 – Вид исходной (верхняя) и обработанной (нижняя) осциллограммы переходного процесса контактной системы переключающего устройства**

Характеристики трансформатора, имеющего в своем составе РПН, зависят не только от токов намагничивания, но и от магнитных потоков рассеяния, так как последние напрямую связаны с преобразованием одного значения напряжения первичной обмотки в другое на вторичной обмотке.

Обычно на схемных моделях трансформатора магнитные потоки рассеяния отображаются через линейную индуктивность рассеяния  $L_{\sigma}$ , которая позволяет уменьшить токи короткого замыкания, а также нагрев обмоток при аварийных режимах работы преобразователя.

Магнитные потоки рассеяния также принимают участие в процессе уменьшения электродинамических усилий в трансформаторе, что способствует сведению к минимальному повреждению преобразователя напряжения во время внутренних и сквозных токах короткого замыкания.

Нельзя не упомянуть, что индуктивность рассеяния влияет еще на один из параметров трансформатора. Это связано с добавочными потерями в нем. Как известно, что добавочные потери возникают в элементах конструкции преобразователя напряжения. Они способствуют уменьшению коэффициента полезного действия, полезной мощности и напряжения на вторичных обмотках СТ, а также принимают участие в потреблении реактивной мощности.

В настоящее время известно ряд методов определения индуктивности рассеяния обмоток СТ. Одним из таких методов является определение индуктивности рассеяния обмоток по заданным конструктивным параметрам преобразователя напряжения [9]. Недостатком данного метода является присутствие некоторых допущений, например, равенство числа витков первичных и вторичных обмоток и т. д. Известен экспериментальный метод определения индуктивности рассеяния обмоток СТ [10], который предполагает применение опыта короткого замыкания трансформатора с учетом его паспортных данных.

Однако точность определения индуктивности рассеяния обмоток преобразователя напряжения этим методом весьма приближенная.

В работе [10] предложен альтернативный метод для расчета этого важного параметра. Он основан на обработке цифровых осциллограмм, полученных посредством осциллографирования токов контактной системы контактора и переключателей преобразователя напряжения. В режиме осциллографирования этих токов, путем симметричной подачи напряжения постоянного тока по всем фазам обмотки высшего напряжения трансформатора, все три фазные магнитодвижущие силы одинаковы. В тоже время эти силы направлены встречно. Благодаря этому, возбуждаемые магнитные потоки в обмотках трансформатора являются потоками рассеяния. Индуктивность рассеяния высоковольтной обмотки преобразователя напряжения ( $L_{1\sigma}$ ) вычисляется как произведение постоянной времени переходного процесса и активного сопротивления осциллографируемой цепи трансформатора. Исходя из этого встает вопрос о необходимости моделирования переходных процессов контактных систем обмоток трансформатора, имеющего в своем составе РПН.

**Заключение.** 1. *Цифровые осциллограммы токов контактной системы ПУ, снятые без вскрытия бака контактора, позволяют определить индуктивность рассеяния высоковольтной обмотки трансформатора.*

2. *С помощью моделирования переходных процессов контактных систем РПН возможно повысить точность определения индуктивности рассеяния обмоток преобразователей напряжения.*

#### **Список источников**

1. Михеев Г. М., Ефремов Л. Г., Иванов Д. Е. Способы повышения энергоэффективности силовых трансформаторов // Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С. 212–218.

2. Диагностика состояния контактных систем РПН силовых трансформаторов путем цифрового осциллографирования / Г. М. Михеев, В. М. Шевцов, С. Н. Баталыгин, Ю. А. Федоров // Промышленная энергетика. 2006. № 3. С. 20–

22.

3. Методика цифрового осциллографирования процесса переключения контактов РПН типа РНОА-110/1000 / Г. М. Михеев, В. М. Шевцов, Ю. А. Федоров, С. Н. Баталыгин // Промышленная энергетика. 2007. № 3. С. 8–11.

4. Патент № 2304345 С1 Российская Федерация. Способ снятия в силовых трансформаторах круговой диаграммы регулятора под нагрузкой и устройство для его осуществления : № 2005139623/09 : заявл. 19.12.2005 : опубл. 10.08.2007 / Г. М. Михеев, Ю. А. Федоров, С. Н. Баталыгин, В. М. Шевцов // База патентов Yandex. URL:

[https://yandex.ru/patents/doc/RU2304345C1\\_20070810](https://yandex.ru/patents/doc/RU2304345C1_20070810) (дата обращения: 10.10.2022).

5. Михеев Г. М., Иванова Т. Г., Константинова Д. И. Алгоритм определения работоспособности однофазного регулятора напряжения под нагрузкой в режиме интродиагностики // Промышленная энергетика. 2017. № 2. С. 19–25.

6. Константинов Д. И., Михеев Г. М., Иванова Т. Г. Алгоритм осциллографирования регулятора напряжения под нагрузкой серии РНОА // Региональная энергетика и электротехника: проблемы и решения : сб. науч. тр. Чебоксары : Чувашский государственный университет, 2015. С. 140–146.

7. Михеев Г. М., Константинова Д. И. Алгоритм снятия круговой диаграммы однофазных регуляторов напряжения под нагрузкой // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2014. № 6. С. 18–25.

8. Михеев Г. М., Константинов Д. И., Ефремов Л. Г. Алгоритм снятия круговой диаграммы РПН типа РНОА-110/1000 // Вестник Чувашского университета. 2014. № 2. С. 32–41.

9. Петров Г. Н. Электрические машины. Часть 1. Введение. Трансформаторы : учебник. М. : Энергия, 1974. 240 с.

10. Михеев Г. М., Шевцов В. М., Иванова Т. Г. Методы определения индуктивности рассеяния обмоток силового трансформатора // Вестник Чувашского университета. 2009. № 2. С. 147–153.

## References

1. Mikheev G. M., Efremov L. G., Ivanov D. E. Sposoby povysheniya energoeffektivnosti silovyh transformatorov [Ways to increase energy efficiency of power transformers]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta. – Bulletin of Chuvash University*, 2013; 3: 212–218 (in Russ.).

2. Mikheev G. M., Shevtsov V. M., Batalygin S. N., Fedorov Yu. A. Diagnostika sostoyaniya kontaktnykh sistem RPN silovyh transformatorov putem cifrovogo oscillografirovaniya [Diagnostics of the contact systems state of the on-load tap changers of power transformers by digital oscillography]. *Promyshlennaya energetika. – Industrial Energy*, 2006; 3: 20–22 (in Russ.).

3. Mikheev G. M., Shevtsov V. M., Fedorov Yu. A., Batalygin S. N. Metodika cifrovogo oscillografirovaniya processa pereklyucheniya kontaktov RPN tipa RNOA-

110/1000 [Approach of a digital oscillograph of the contact change-over process for an on-load tap changer of RNOA-110/1000 type]. *Promyshlennaya energetika. – Industrial Energy*, 2007; 3: 8–11 (in Russ.).

4. Mikheev G. M., Fedorov Yu. A., Batalygin S. N., Shevtsov V. M. Sposob snyatiya v silovyh transformatorah krugovoj diagrammy regulatora pod nagruzkoy i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method for determination of the regulator's circular diagram under load in power transformers and the device for its realization]. *Patent RF. No. 2304345 C1 patenton.ru* (2007). Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2304345C1\\_20070810](https://yandex.ru/patents/doc/RU2304345C1_20070810) (Accessed 10 October 2022) (in Russ.).

5. Mikheev G. M., Ivanova T. G., Konstantinov D. I. Algoritm opredeleniya rabotosposobnosti odnofaznogo regulatora napryazheniya pod nagruzkoy v rezhime introdiagnostiki [Algorithm of single-phase voltage regulator under load in introdiagnostic mode]. *Promyshlennaya energetika. – Industrial Energy*, 2017; 2: 19–25 (in Russ.).

6. Konstantinov D. I., Mikheev G. M., Ivanova T. G. Algoritm oscillografirovaniya regulatora napryazheniya pod nagruzkoy serii RNOA [Algorithm of oscillographing of voltage regulator under load RNOA series]. Proceedings from *Regional'naya energetika i elektrotehnika: problemy i resheniya – Regional power engineering and electrical engineering: problems and solutions*. (PP. 140–146), Cheboksary, Chuvashskij gosudarstvennyj universitet, 2015 (in Russ.).

7. Mikheev G. M., Konstantinov D. I. Algoritm snyatiya krugovoj diagrammy odnofaznyh regulatorov napryazheniya pod nagruzkoy [Algorithm of Circular Diagram of single-phase voltage regulators under load]. *Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. – Electrical Equipment: Operation and Repair*, 2014; 6: 18–25 (in Russ.).

8. Mikheev G. M., Konstantinov D. I., Efremov L. G. Algoritm snyatiya krugovoj diagrammy RPN tipa RNOA-110/1000 [Algorithm of Circular Diagram Detection of RPN of RNOA-110/1000]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta. – Bulletin of Chuvash University*, 2014; 2: 32–41 (in Russ.).

9. Petrov G. N. *Elektricheskie mashiny. Chast' 1. Vvedenie. Transformatory Electrical Machines [Electric machines. Part 1. Introduction. Transformers]*, Moskva, Energiya, 1974, 240 p. (in Russ.).

10. Mikheev G. M., Shevtsov V. M., Ivanova T. G. Metody opredeleniya induktivnosti rasseyaniya obmotok silovogo transformatora [Methods of determining the leakage inductance of power transformer windings]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta. – Bulletin of Chuvash University*, 2009; 2: 147–153 (in Russ.).

© Михеев Г. М., Димитриев А. А., 2022

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 23.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 23.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.91

EDN СМУТХЕ

DOI 10.22450/9785964205777\_52

## Расчет параметров автономной солнечной электрической станции на примере частного дома

Бахтияр Галеевич Надыргулов<sup>1</sup>, аспирант

Артур Талгатович Ахметшин<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Башкирский государственный аграрный университет

Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>1</sup> [nbg1899@yandex.ru](mailto:nbg1899@yandex.ru), <sup>2</sup> [Artur-2506@mail.ru](mailto:Artur-2506@mail.ru)

**Аннотация.** Проектирование и определение параметров автономной солнечной электростанции сопряжено с рядом расчетов, учитывающих географическое расположение, суммарную мощность и время работы потребителей электроэнергии. В работе приведена методика и результаты расчета параметров автономной солнечной электрической станции и ее основных элементов на основе суточного графика нагрузки на примере частного дома.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, автономная солнечная электростанция, определение параметров солнечной электростанции

**Для цитирования:** Надыргулов Б. Г., Ахметшин А. Т. Расчет параметров автономной солнечной электрической станции на примере частного дома // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 52–59.

Original article

## Calculation of parameters of an autonomous solar power station on the example of a house

Bakhtiyar G. Nadyrgulov<sup>1</sup>, Postgraduate Student

Artur T. Akhmetshin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>1</sup> [nbg1899@yandex.ru](mailto:nbg1899@yandex.ru), <sup>2</sup> [Artur-2506@mail.ru](mailto:Artur-2506@mail.ru)

**Abstract.** Designing and determining the parameters of an autonomous solar power plant involves some calculations that take into account the geographical location, total capacity and operating time of each electricity consumer. The paper presents the methodology and results of calculating the parameters of an autonomous

solar power plant and its main elements based on the daily load schedule on the example of a house.

**Keywords:** solar energy, autonomous solar power plant, determination of parameters of a solar power plant

**For citation:** Nadyrgulov B. G., Akhmetshin A. T. Raschet parametrov avtonomnoj solnechnoj elektricheskoj stancii na primere chastnogo doma [Calculation of parameters of an autonomous solar power station on the example of a house]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 52–59 (in Russ.).

Автономные солнечные электростанции предназначены для электроснабжения потребителей, удаленных от электрических сетей, для которых подведение электричества традиционным способом влечет значительные финансовые и трудовые затраты [1].

В состав основного оборудования автономных солнечных электростанций входят солнечные батареи (СФБ); аккумуляторные батареи (АКБ); контроллер заряда-разряда (АКБ), а также автономный инвертор напряжения для преобразования постоянного напряжения в переменное 230 В.

**Целью работы** является расчет параметров автономной солнечной электрической станции; выбор по результатам расчета состава оборудования и проверка с помощью симуляции работы системы в программе PVsyst.

В первую очередь, для проектирования автономной солнечной электростанции необходимо определить перечень потребителей, их мощность, напряжение питания и время работы (табл. 1). Потребители переменного напряжения подключаются к основной шине питания (ОШП) системы через инвертор. Мощность такой нагрузки необходимо пересчитать согласно формуле (1) [2]:

$$P_{ОШП} = \frac{P_{Hi}}{\eta} \quad (1)$$

где  $P_{ОШi}$  – мощность  $i$ -го потребителя, пересчитанная на напряжение основной шины;

$P_{Hi}$  – мощность  $i$ -го потребителя;

$\eta$  – КПД инвертора, принятый равным 0,9.

В качестве основной шины питания принята шина с напряжением 24 В.

Перечень электроприборов в доме, которые будут использовать электроэнергию от солнечной электростанции, номинальное напряжение, мощность прибора, время работы, электропотребление каждого прибора в сутки и их общая суммарная мощность приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень электроприборов и их энергопотребление за сутки

Тип электроприемника	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, Вт	Мощность на ОШП, Вт	Время работы, ч	Электропотребление в сутки, кВт·ч
Лампы освещения	230	100	111,11	3,00	333,33
Холодильник		180	200,00	24,00	4 800,00
Микроволновая печь		700	777,78	0,16	124,44
Стиральная машина		1 550	1 722,22	2,00	3 444,44
Электрический чайник		2 200	2 444,44	0,16	391,11
Электрический утюг		2 000	2 222,22	0,41	911,11
Ноутбук		65	72,22	1,00	72,22
Блок питания смартфона		5	5,56	2,50	13,90
<b>Итого</b>					<b>10 090</b>

При расчете нагрузок нужно проанализировать зависимость суммарной мощности нагрузок от интервала времени, при этом нельзя допускать одновременную работу потребителей высокой мощности или большого количества потребителей низкой мощности – необходимо распределить нагрузку так, чтобы выходная мощность системы в любой момент времени сводилась к минимуму.

Принимаем за интервал дневного времени суток: летом – 14 часов (с 6.00 до 20.00), зимой – 8 часов (с 8.00 до 16.00); за интервал ночного времени суток: в летнее время – 10 часов, зимой – 16 часов. Выходная мощность авто-

номной солнечной электростанции определяется как максимальная мощность нагрузки за интервал летнего дневного времени суток по формуле (2):

$$P_{\text{вых.}} = \max\{P_{Hj}\}, j = 1, M \quad (2)$$

где  $M$  – число выделенных интервалов времени, входящих в интервал летнего дневного времени суток (табл. 2).

Согласно таблице 2, выходная мощность автономной солнечной электростанции составляет приблизительно 2 762 Вт, Она будет использоваться для расчета мощности солнечной батареи.

**Таблица 2 – Время работы потребителей в течение суток**

Тип электроприемника	6:30–6:35	6:35–7:30	7:30–16:00	16:00–20:00	20:00–20:05	20:05–20:30	20:30–20:45	20:45–22:00	22:00–6:30
Лампы освещения	111,1	111,1	0	0	111,1	111,1	111,1	111,1	0
Холодильник	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Микроволновая печь	777,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Стиральная машина	0	0	0	0	0	0	1722,2	1722,2	0
Электрический чайник		0	0	0	2444,4	0	0	0	0
Электрический утюг	0	0	0	0	0	2222,2	0	0	0
Ноутбук	0	0	0	0	0	0	0	72,22	0
Блок питания смартфона	5,56	0	0	0	5,56	5,56	5,56	5,56	0
<b>Итого</b>	<b>1094,5</b>	<b>311,1</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>2761,1</b>	<b>2538,9</b>	<b>2038,9</b>	<b>2111,1</b>	<b>200</b>

Емкость аккумуляторной батареи определяется по формуле:

$$C_H = \frac{100}{S_P} \cdot \frac{P_H}{U_H} \cdot \Delta t_{HB} \quad (3)$$

где,  $S_P$  – допустимая степень разряда батареи, принятая равной 80 %;

$P_H$  – номинальная мощность нагрузки, Вт;

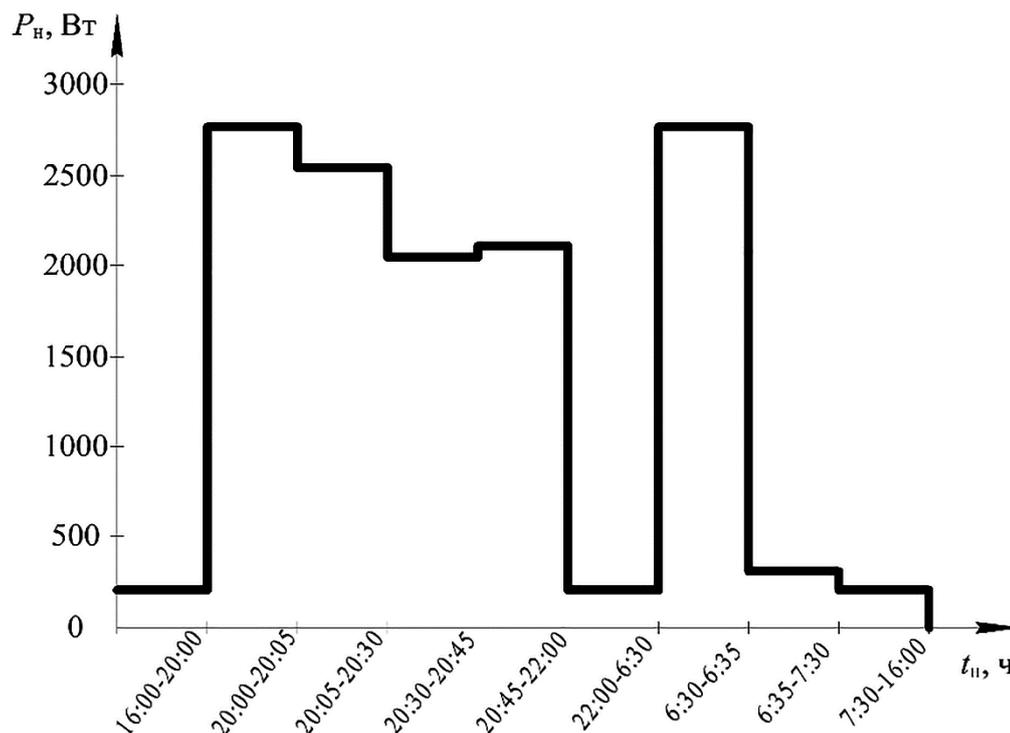
$U_H$  – номинальное напряжение нагрузки, В.

Формула (3) позволяет рассчитать требуемую емкость АКБ для постоянной нагрузки. Так как потребление в течение дня изменяется, выражение (3) примет следующий вид:

$$C_H = \frac{100}{S_P U_H} \cdot \sum P_{Hi} \Delta t_{HB} \quad (4)$$

где,  $P_{Hi}$  – нагрузка на соответствующем интервале времени  $\Delta t_{HBi}$ .

Объединяя интервалы времени с одинаковыми значениями нагрузок, получаем ступенчатый график изменения нагрузки в течение суток (рис. 1).



**Рисунок 1 – Упрощенный график нагрузки**

Исходя из графика изменения нагрузки требуемая емкость АКБ составит:

$$C_H = \frac{100}{80 \cdot 24} \cdot (2762,1 \cdot \frac{10}{60} + 2538,9 \cdot \frac{25}{60} + 2111,1 \cdot \frac{5}{60} + 2039 \cdot \frac{15}{60} + 311 \cdot \frac{55}{60} + 200 \cdot 17) = 435 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Примем что АКБ будет состоять из двух последовательно соединенных ( $n=2$ ), в две параллельные линии ( $m=2$ ) аккумуляторов емкостью 225 А·ч. Итоговая емкость АКБ равна 450 А·ч.

Зарядка аккумулятора представляет процесс обратный разрядке аккумулятора – во время зарядки, аккумулятор запасает энергию, питаясь от внеш-

него источника тока или солнечной батареи. После полной зарядки аккумулятор накапливает заряд, равной емкости аккумулятора.

Для заряда 12-вольтового аккумулятора необходимо иметь максимальный ток заряда ( $0,2C/1ч$ ) и максимальное выходное напряжение зарядного устройства (16,5 В). В общем случае аккумуляторная батарея состоит из  $n$  последовательно и  $m$  параллельно включенных одиночных аккумуляторных батарей.

Выходная мощность зарядного устройства определяется выражением (5):

$$P_{ЗУ} = nI_{\max \text{ зар.}} U_{\max \text{ зар.}} = 1,375nI_{\max \text{ зар.}} U_{AB} \quad (5)$$

где  $I_{\max \text{ зар.}}$  – максимальный ток заряда, А;

$U_{\max \text{ зар.}}$  – максимальное выходное напряжение зарядного устройства, В;

$U_{AB}$  – напряжение аккумулятора, В.

При  $U_{AB} = 12$  В,  $C = 2C_{AB} = 2 \cdot 225 = 450$ , и при  $n = 2$  получим выходную мощность зарядного устройства, равную 2 970 Вт.

Далее требуется рассчитать мощность основной шины автономной солнечной электростанции, которая определяется как сумма мощности нагрузки и мощности зарядного устройства. Она составит:  $2672 + \frac{2970}{0,9} = 6061$  Вт. При этом 0,9 – коэффициент полезного действия зарядного устройства.

Расчет мощности солнечной батареи. Модуль мощностью ( $P_w$ ) в течение выбранного периода выработает количество энергии, определяемое формулой (6):

$$W = \frac{kEP_w}{1000} \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно;

$E$  – значение солнечной инсоляции за выбранный период.

Для расчета параметров и выбора солнечной батареи необходимы данные о среднемесечной инсоляции солнечного излучения в месте установки

СФБ. Расчет производится для расположения установки в г. Уфе. Данные о среднемесячной солнечной инсоляции приведены в таблице 3 [3, 4].

Из расчета для наименьшего уровня инсоляции (декабрь), энергия одного модуля мощностью 250 Вт по формуле (6) составит:

$$W = \frac{0,7 \cdot 1630 \cdot 250}{1000} = 285,25 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

Необходимое количество модулей для обеспечения нагрузки 10 090 Вт·ч (табл. 1) равно:

$$N = \frac{10090}{285,25} = 35,37 \rightarrow 36.$$

Таблица 3 – Среднемесячная солнечная инсоляция в г. Уфа

Месяц	Месячные суммы суммарной солнечной радиации
Январь	1,67
Февраль	2,71
Март	4,13
Апрель	5,11
Май	5,55
Июнь	5,76
Июль	5,74
Август	4,61
Сентябрь	3,5
Октябрь	2,17
Ноябрь	1,74
Декабрь	1,63

**Выводы.** Приведенная в статье методика расчета параметров автономной солнечной электростанции универсальна и применима для определения параметров солнечной электростанции различного назначения.

Методика позволяет достаточно точно определить параметры солнечных фотоэлектрических модулей и аккумуляторных батарей – наиболее дорогих компонентов электростанции, что позволяет исключить неоправданное удорожание системы. Точность расчетов напрямую зависит от точно построенного графика нагрузки.

### Список источников

1. Ахметшин А. Т., Шерьязов С. К. Экономические особенности развития солнечной фотоэнергетики // Вестник Уфимского государственного нефтяного технического университета. 2017. № 2 (20). С. 57–66.
2. Охоткин Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций // Вестник Чувашского государственного университета. 2013. № 3. С. 223–231.
3. Значение солнечной инсоляции в г. Уфа (Республика Башкортостан) // Альтернативная энергия. URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/ufa/> (дата обращения: 10.11.2022).
4. Константинова Ю. А., Амелин Д. В., Харисов Д. Д. Возможности использования солнечной энергии в республике Башкортостан // Наука молодых – инновационному развитию АПК : материалы науч.-практ. конф. Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2017. С. 37–40.

### References

1. Akhmetshin A. T., Sheryazov S. K. Ekonomicheskie osobennosti razvitiya solnechnoj fotoenergetiki [Economic features of the development of solar photoenergy]. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo neftyanogo tekhnicheskogo universiteta*. – *Bulletin of the Ufa State Petroleum Technical University*, 2017; 2; 20: 57–66 (in Russ.).
2. Okhotkin G. P. Metodika rascheta moshchnosti solnechnyh elektrostancij [The method of calculating the capacity of solar power plants]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo universiteta*. – *Bulletin of the Chuvash State University*, 2013; 3: 223–231 (in Russ.).
3. Znachenie solnechnoj insolyacii v g. Ufa (Respublika Bashkortostan) [The value of solar insolation in Ufa (Republic of Bashkortostan)]. *Betaenergy.ru* Retrieved from <https://www.betaenergy.ru/insolation/ufa/> (Accessed 10 November 2022) (in Russ.).
4. Konstantinova Yu. A., Amelin D. V., Kharisov D. D. Vozmozhnosti ispol'zovaniya solnechnoj energii v Respublike Bashkortostan [Possibilities of using solar energy in the Republic of Bashkortostan]. Proceedings from Science of the young – innovative development of the agro-industrial complex: *Nauchno-prakticheskaya konferenciya – Scientific and Practical Conference*. (PP. 37–40), Ufa, Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017 (in Russ.).

© Надыргулов Б. Г., Ахметшин А. Т., 2022

Статья поступила в редакцию 18.11.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.31

EDN DCAХКУ

DOI 10.22450/9785964205777\_60

**Анализ повышения энергоэффективности гидроэнергетики путем ее гибридизации с солнечной электростанцией на примере Зейской ГЭС**

**Палина Павловна Проценко<sup>1</sup>**, доцент

**Екатерина Юрьевна Проценко<sup>2</sup>**, студент магистратуры

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [Ekaterina100400@mail.ru](mailto:Ekaterina100400@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрена возможность гибридизации гидроэлектростанции с солнечной электростанцией с целью повышения энергоэффективности на примере Зейской ГЭС. Определен оптимальный угол наклона солнечных панелей для установки на территории Зейской ГЭС. Выполнен расчет годовой выработки электроэнергии солнечной электростанцией.

*Ключевые слова:* гибридная электростанция, гидроэлектростанция, солнечная панель, солнечная инсоляция, оптимальный угол наклона

*Для цитирования:* Проценко П. П., Проценко Е. Ю. Анализ повышения энергоэффективности гидроэнергетики путем ее гибридизации с солнечной электростанцией на примере Зейской ГЭС // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 60–66.

Original article

**Analysis of improving the energy efficiency of hydropower by hybridizing it with a solar power plant on the example of the Zeyskaya HPP**

**Palina P. Protsenko<sup>1</sup>**, Associate Professor

**Ekaterina Yu. Protsenko<sup>2</sup>**, Master's Degree Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [Ekaterina100400@mail.ru](mailto:Ekaterina100400@mail.ru)

*Abstract.* The article considers the possibility of hybridization of a hydroelectric power plant with a solar power plant in order to increase energy efficiency on the example of the Zeyskaya HPP. The optimal angle of inclination of solar panels for installation on the territory of the Zeyskaya HPP has been determined. The cal-

culation of the annual electricity generation by a solar power plant has been performed.

**Keywords:** hybrid power plant, hydroelectric power plant, solar panel, solar insolation, optimal tilt angle

**For citation:** Protsenko P. P., Protsenko E. Yu. Analiz povysheniya energoeffektivnosti gidroenergetiki putem ee gibridizacii s solnechnoj elektrostanciej na primere Zejskoj GES [Analysis of improving the energy efficiency of hydropower by hybridizing it with a solar power plant on the example of the Zeyskaya HPP]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 60–66 (in Russ.).

На сегодняшний день в мире разрабатываются проекты, направленные на создание гибридных электростанций. В основном гибридизация заключается в комбинировании крупных промышленных электростанций с возобновляемыми источниками энергии. Гибридные электростанции – это энергоэффективные гибридные системы генерации, основными компонентами которых являются системы, как традиционной, так и альтернативной энергетики.

Наибольшую эффективность имеет гибридизация гидроэлектростанций с солнечными электростанциями. Возведение солнечной электростанции на ГЭС приводит к снижению энергетических затрат на собственные нужды ГЭС, а также к увеличению ее полезного отпуска и повышению эффективности работы всей системы [1].

Чаще всего на территориях гидроэлектростанций имеется много свободных площадей для размещения солнечных модулей, например, площади пристанционных участков, крыши административных зданий, береговые откосы, низовые откосы гравитационных плотин. Также рассматривается установка солнечных панелей непосредственно на поверхности водоемов.

Во всем мире плотины используются, как гидротехнические сооружения,

---

созданные для выработки электроэнергии, и иногда для создания транспортных коридоров водного, автодорожного и реже железнодорожного транспорта. Однако, плотинные сооружения являются незатемненными площадками, расположенными в непосредственной близости к объектам энергетики и транспортной инфраструктуре, и в связи с этим, отлично подходят для размещения солнечных панелей.

Также не стоит забывать, что солнечная энергия имеет огромный потенциал. Количество энергии, которое поступает на поверхность Земли от Солнца, превышает энергию всех мировых запасов таких углеводородных видов топлива как нефть, газ, уголь, а также уран. При этом солнечная энергетика – «чистая» и не оказывает отрицательного влияния на экологию [2].

Основным показателем использования гелиоэнергетических ресурсов является наибольшее количество поступающей на гелиоприемник солнечной энергии. Использование гелиоресурсов с целью получения электроэнергии в крупных масштабах целесообразно при годовой продолжительности солнечного сияния не меньше 2 000 часов в год. Продолжительность солнечного сияния в Амурской области составляет более 2 000 часов в год. Следовательно, можно сказать, что Амурская область, является перспективным регионом для использования солнечной энергии.

Сегодня на территории Нижне-Бурейской ГЭС расположена первая в России гибридная электростанция, источниками энергии которой являются солнце и вода. На территории гидроэлектростанции установлено около 3,5 тысяч фотоэлектрических модулей, суммарная годовая выработка которых составляет полтора миллиона киловатт-часов. Выработанная энергия направлена на покрытие собственных нужд станции [3].

На сегодняшний день в Амурской области помимо Нижне-Бурейской ГЭС работают еще две гидроэлектростанции – Зейская ГЭС и Бурейская ГЭС.

Однако, на Восточном экономическом форуме–2021 член правления «Рус-Гидро» Роман Бердников рассказал о планах строительства четырех новых гидроэлектростанций в бассейне Амура, а именно: Нижне-Зейской, Нижне-Ниманской, Селемджинской и Гилюйской ГЭС [4].

В качестве объекта исследования была выбрана Зейская ГЭС, так как она обладает достаточной площадью низового откоса плотины, на котором возможна установка солнечных модулей. Низовой откос плотины ориентирован по сторонам света, и территория возможной установки солнечных модулей не затемнена.

Первоочередной задачей при проектировании любой солнечной электростанции является исследование ресурса солнечной энергии в местах ее предполагаемого размещения.

На сегодняшний день существуют базы данных, где можно найти информацию о солнечной радиации, но только для горизонтальных поверхностей. Однако, в случае размещения солнечных модулей на низовых откосах плотин, данные о приходе солнечной радиации на горизонтальную поверхность необходимо пересчитывать для наклонных плоскостей, что требует достаточно сложных математических расчетов, которые рационально производить с помощью компьютерных программ.

Поэтому, в ходе проведения исследования была использована программа *Solar radiation calculation*, которая производит расчет инсоляции на горизонтальную и наклонную поверхности для различных временных промежутков (дневного, месячного, годового) как с учетом, так и без учета облачности; строит графики для визуализации результатов расчетов и определяет оптимальный угол наклона солнечной батареи.

Оптимальный угол наклона солнечных модулей находится путем последовательного перебора годовых значений суммарной солнечной радиации при углах наклона от 0 до 90 градусов и выявления среди них максимального.

Согласно расчетам программы, для местности в районе Зейской ГЭС оптимальный угол наклона солнечных модулей составляет 49 градусов. Помимо определения оптимального угла, программа производит построение графика зависимости годового значения суммарной солнечной радиации от угла наклона солнечного модуля, который представлен на рисунке 1.



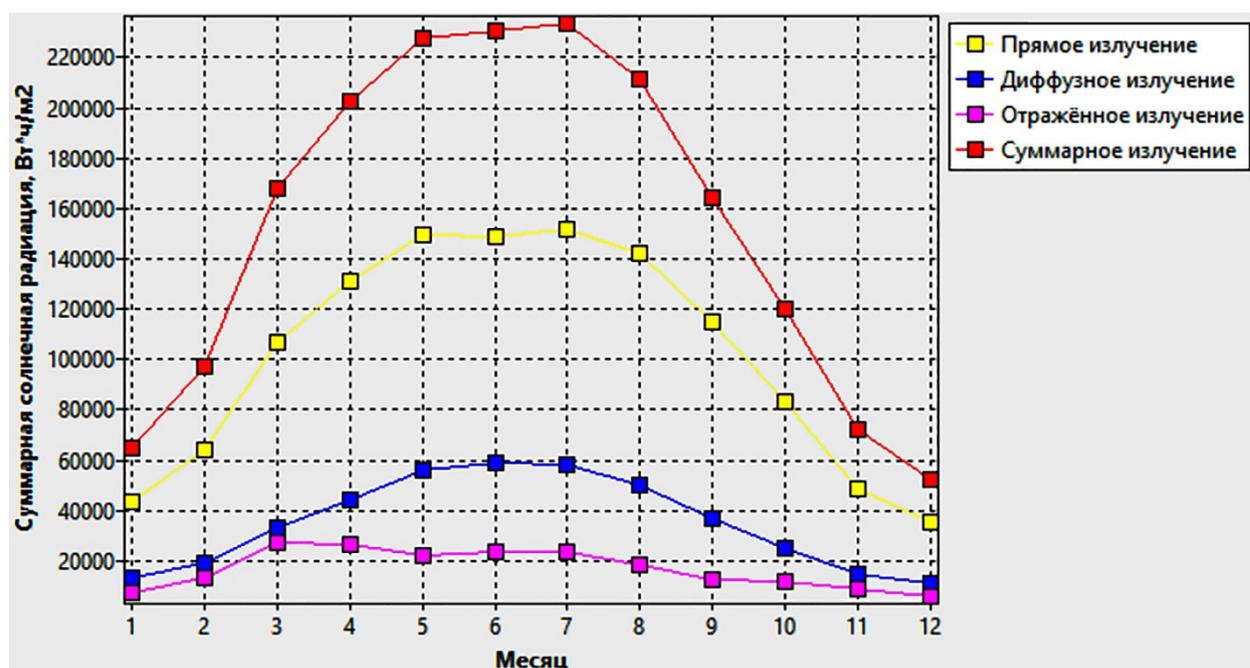
**Рисунок 1 – Результаты расчета оптимального угла наклона для местности в районе Зейской ГЭС**

Также в данной программе предоставляется возможным произвести расчет значений солнечной инсоляции в течении года без учета облачности, который представлен на рисунке 2.

Оценка потенциала солнечной энергии в районе Зейской ГЭС выделила ее как территорию перспективную для использования установок на основе преобразования солнечной энергии в электрическую. При оптимальном угле наклона солнечных модулей, равном 49 градусов, годовой потенциал солнечной энергии составляет 1 843,5 кВт·ч/м². В течение года величина месячного количества приходящего солнечного излучения варьирует от 52,5 кВт·ч/м² в

декабре до 233,6 кВт·ч/м<sup>2</sup> в июне.

Оптимальным вариантом для размещения солнечных панелей на территории Зейской ГЭС является низовой откос плотины, площадь которого составляет порядка 5 000 м<sup>2</sup>. На данной территории может поместиться около 2 500 солнечных панелей. Если для расчета выработки электроэнергии взять среднее значение выдаваемой мощности солнечных модулей 350–400 Вт, то годовая выработка солнечной электростанции на Зейской ГЭС в идеальных условиях составит 1,716 млн кВт·ч, что существенно сократит расходы станции на собственные нужды и принесет дополнительный доход при отпуске издержек электроэнергии в сеть.



**Рисунок 2 – График месячных значений суммарной солнечной радиации без учета облачности при угле наклона солнечного модуля, равном 49° для местности в районе Зейской ГЭС**

Таким образом, *гибридизация гидроэлектростанции с солнечной электростанцией, является перспективным направлением развития энергетики. Так, при выборе оптимального угла наклона солнечных панелей в зависимости от солнечной инсоляции, можно достичь наибольшей эффектив-*

---

ности выработки электроэнергии с учетом их оптимального места размещения на территории гидроэлектростанции.

### Список источников

1. Расчет ресурсов солнечной энергетики : учебное пособие / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, С. В. Кривенкова [и др.]. М. : Московский энергетический институт, 1998. 57 с.
2. Солнечная энергетика : учебное пособие / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин. М. : Московский энергетический институт, 2008. 276 с.
3. Зеленая энергия: на Нижне-Бурейской ГЭС удался эксперимент по солнечной генерации // Вести: Амурская Область. URL: <https://gtrkamur.ru/news/2021/09/22/186724> (дата обращения: 02.10.2022).
4. В бассейне Амура хотят построить еще четыре ГЭС // Амур. Инфо. URL: <https://www.amur.info/news/2021/09/03/194240> (дата обращения: 08.04.2022).

### References

1. Vissarionov V. I., Deryugina G. V., Krivenkova S. V., Kuznetsova V. A., Malinin N. K. *Raschet resursov solnechnoj energetiki: uchebnoe posobie [Calculation of solar energy resources: textbook]*, Moskva, Moskovskij energeticheskij institut, 1998, 57 p. (in Russ.).
2. Vissarionov V. I., Deryugina G. V., Kuznetsova V. A., Malinin N. K. *Solnechnaya energetika: uchebnoe posobie [Solar energy: a textbook]*, Moskva, Moskovskij energeticheskij institut, 2008, 276 p. (in Russ.).
3. Zelenaya energiya: na Nizhne-Burejskoj GES udalsya eksperiment po solnechnoj generacii [Green energy: the experiment on solar generation was successful at the Nizhne-Bureyskaya HPP]. *Gtrkamur.ru* Retrieved from <https://gtrkamur.ru/news/2021/09/22/186724> (Accessed 02 October 2022) (in Russ.).
4. V bassejne Amura hotyat postroit' eshche chetyre GES [They want to build four more hydroelectric power plants in the Amur basin]. *Amur.info* Retrieved from <https://www.amur.info/news/2021/09/03/194240> (Accessed 08 April 2022) (in Russ.).

© Проценко П. П., Проценко Е. Ю., 2022

Статья поступила в редакцию 10.11.2022; одобрена после рецензирования 18.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 10.11.2022; approved after reviewing 18.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.9

EDN DHJXZC

DOI 10.22450/9785964205777\_67

## **Энергетическая безопасность Амурской области в современных условиях**

**Палина Павловна Проценко<sup>1</sup>**, доцент

**Леонид Романович Романчук<sup>2</sup>**, студент бакалавриата

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

***Аннотация.*** В статье рассмотрены причины снижения энергетической безопасности, произведен их анализ. Предложены оптимальные методы решения проблемы энергетической безопасности.

***Ключевые слова:*** энергетика, энергетическая безопасность, надежность, эффективность, энергетический объект

***Для цитирования:*** Проценко П. П., Романчук Л. Р. Энергетическая безопасность Амурской области в современных условиях // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 67–71.

Original article

## **Energy security of the Amur region in modern conditions**

**Palina P. Protsenko<sup>1</sup>**, Associate Professor

**Leonid R. Romanchuk<sup>2</sup>**, Undergraduate Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

***Abstract.*** The article considers the reasons for the decrease in energy security, and analyzes them. Optimal methods for solving the problem of energy security are proposed.

***Keywords:*** energy, energy security, reliability, efficiency, energy facility

***For citation:*** Protsenko P. P., Romanchuk L. R. Energeticheskaya bezopasnost' Amurskoj oblasti v sovremennyh usloviyah [Energy security of the Amur region in modern conditions]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical*

---

*Conference. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 67–71 (in Russ.).*

Обеспечение глобальной энергетической безопасности является одним из основных системных вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика. Одновременно энергетическая безопасность, понимаемая, прежде всего, как надежное и бесперебойное снабжение потребителей топливом и энергией в необходимых объемах и требуемого качества по экономически приемлемым ценам, является и важнейшей составной частью всей энергетической политики. К тому же энергетика является основной обеспечивающей все отрасли народного хозяйства сферой производства.

Амурская область является крупным производителем тепловой и электрической энергии. Основные энергогенерирующие компании (Зейская ГЭС, Бурейская ГЭС, Нижне-Бурейская ГЭС, Райчихинская ГРЭС, Благовещенская ТЭЦ) являются поставщиками энергии не только потребителям Амурской области, но и осуществляют транзит как на Дальневосточный регион, так и за рубеж, что приводит к дополнительной ответственности за соблюдение договорных условий по выработке и транзиту энергетических ресурсов.

На нормальное функционирование энергетической безопасности в Амурской области оказывают существенное воздействие ряд проблем:

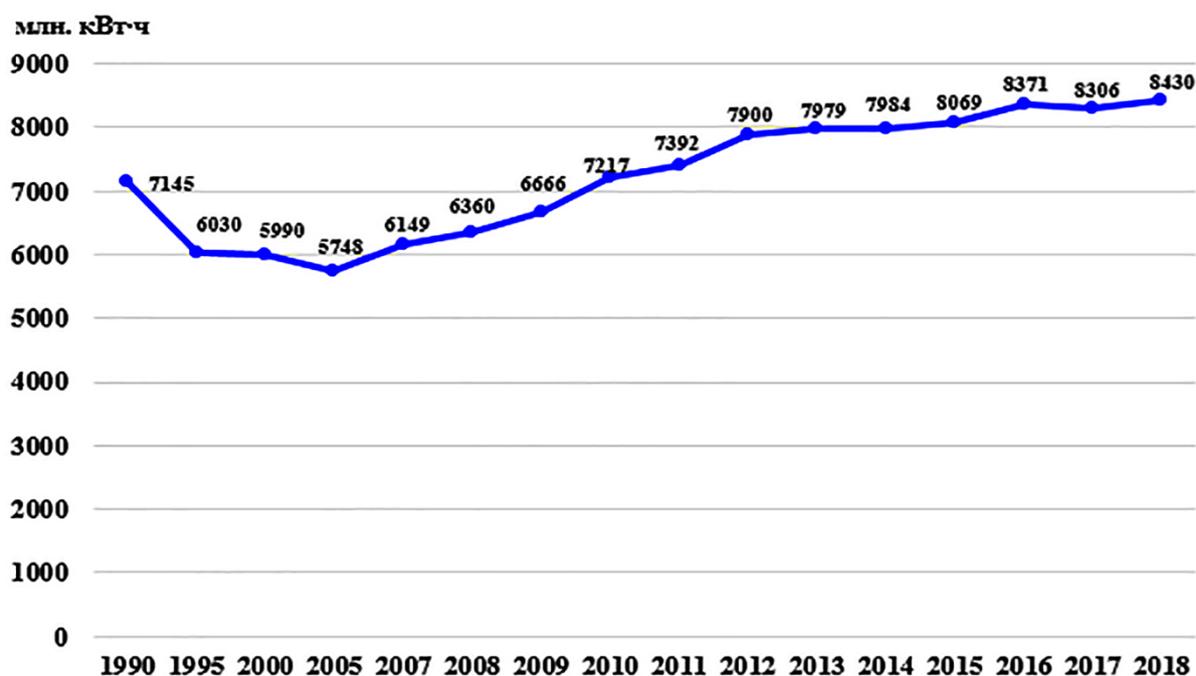
**1. Проблема наводнения.** Энергетические объекты не только попадают под затопляемые территории, но и их большая часть выходит из строя, что приводит к лишним затратам на их восстановление.

**2. Проблема изношенности оборудования.** В первую очередь, это происходит из-за износа производственных фондов и нерационального использования средств, выделенных на обслуживание энергетических объектов.

**3. Проблема неравномерности тарифов,** что напрямую связано с продажей электроэнергии в Китай по себестоимости дешевле, чем ее продажа в России.

Производство электрической энергии напрямую связано с электропотреблением как в производственной, так и в жилищно-коммунальной сферах.

Из рисунка 1 видно, что показатели потребности в электроэнергии превысили максимальные величины 1990 г. и, начиная с 2005 г., имеют тенденцию к постоянному увеличению, что показывает высокую степень зависимости всех жизнеобеспечивающих процессов от энергетических ресурсов, и, в первую очередь, – от электрической энергии. Таким образом, все серьезнее нарастает проблема в области обеспечения энергетической безопасности в Амурской области.



**Рисунок 1 – Показатели электропотребления энергосистемы Амурской области**

Для повышения уровня энергетической безопасности и энергетики в целом целесообразно произвести следующие организационные и технические мероприятия:

*1) реконструкция электростанций и развитие современных технологий; изменение тарифов;*

2) создание постоянно функционирующей системы энергетического мониторинга;

3) создание и развитие политики в области энергосбережения;

4) качественное обслуживание энергетических объектов;

5) развитие энергетики на основе привлечения квалифицированного персонала.

Возведение новых электростанций значительно повысит уровень энергетической безопасности. Амурская область заняла первое место по гелиоэнергетическому потенциалу и развитию солнечной генерации среди субъектов России в неценовых зонах и изолированных энергосистемах.

К концу 2023 г. в Благовещенском районе построят две солнечных электростанции (Волковская СЭС-1 и Волковская СЭС-2) мощностью 12,6 МВт и 15 МВт соответственно на площади 60 га возле сел Ровное и Волково.

Отношения всеобъемлющего партнерства и стратегического взаимодействия между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой находятся на беспрецедентно высоком уровне. Важной составляющей этих отношений является энергетическое сотрудничество, которое за последние годы получило весьма значительное развитие.

Компания по производству возобновляемой энергии «En+ Group» представила многомиллиардный проект масштабного экспортного ветропарка, который появится в Благовещенске. Строительством займется китайская сторона и возведет объект «под ключ». По данным пресс-центра компании, ориентировочная стоимость проекта составит около семидесяти миллиардов рублей.

Мощность ветропарка составит 1 ГВт, что позволит ежегодно генерировать около 3,5 миллиарда кВт·ч «зеленой» электроэнергии. При этом она пойдет на экспорт в КНР, а не на потребление жителями России. Партнерами «En+ Group» выступает дочернее предприятие «Power China», которое считается крупнейшей мировой организацией в сфере энергетического строительства.

Амурская область является лидером генерации электроэнергии на Дальнем Востоке и единственным регионом, откуда идет экспорт энергии в Китай. Между тем КНР неоднократно просила об увеличении поставок. Так, в декабре 2021 г. Россия и Китай подписали соглашение о ежегодном экспорте более четырех миллиардов киловатт-часов электроэнергии, что является рекордным объемом. При этом стоимость одного киловатт-часа для китайской стороны на сегодня составляет 0,05 долларов США.

Таким образом, энергетическая безопасность – глобальная проблема. А поскольку человечество в XXI в. живет в глобальном взаимозависимом мире, то система энергетической безопасности призвана обеспечить надежность поставок энергоресурсов в общих интересах и мировой экономики, и каждой страны, а также потребителей и производителей энергоресурсов. Причем, эта система должна быть прозрачной, базироваться на международном праве и ответственной политике в отношении спроса и предложения энергоресурсов.

© Проценко П. П., Романчук Л. Р., 2022

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; одобрена после рецензирования 07.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022; approved after reviewing 07.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.316

EDN EEEIPN

DOI 10.22450/9785964205777\_72

### **Преимущества и недостатки микроэлектронных систем защиты оборудования электроустановок**

**Наталья Владимировна Середина**<sup>1</sup>, старший преподаватель

**Шамиль Мусаевич Магомедов**<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Дагестанский государственный технический университет

Республика Дагестан, Махачкала, Россия

<sup>1</sup> [nwsereda@mail.ru](mailto:nwsereda@mail.ru), <sup>2</sup> [sm1626003@gmail.com](mailto:sm1626003@gmail.com)

*Аннотация.* Проведено сравнение микроэлектронных и контактно-механических систем защиты электроустановок, выявлены преимущества и недостатки обоих типов защиты. На основе исследований определена оптимальная система защиты для современной подстанции.

*Ключевые слова:* оборудование электроустановок, микроэлектронная система защиты, контактно-механическая система защиты, сравнительный анализ

*Для цитирования:* Середина Н. В., Магомедов Ш. М. Преимущества и недостатки микроэлектронных систем защиты оборудования электроустановок // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 72–76.

Original article

### **Advantages and disadvantages of microelectronic protection systems for electrical installations**

**Natalya V. Sereda**<sup>1</sup>, Senior Lecturer

**Shamil M. Magomedov**<sup>2</sup>, Student

<sup>1,2</sup> Dagestan State Technical University, Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

<sup>1</sup> [nwsereda@mail.ru](mailto:nwsereda@mail.ru), <sup>2</sup> [sm1626003@gmail.com](mailto:sm1626003@gmail.com)

*Abstract.* The comparison of microelectronic and contact-mechanical protection systems of electrical installations is carried out, the advantages and disadvantages of both types of protection are revealed. Based on the research, the optimal protection system for a modern substation has been determined.

**Keywords:** electrical installation equipment, microelectronic protection system, contact-mechanical protection system, comparative analysis

**For citation:** Sereda N. V., Magomedov Sh. M. Preimushchestva i nedostatki mikroelektronnyh sistem zashchity oborudovaniya elektroustanovok [Advantages and disadvantages of microelectronic protection systems for electrical installations]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 72–76 (in Russ.).

Главные щиты управления (ГЩУ), которые в настоящий момент используются на подстанциях, и прочие объекты, сопутствующие им в работе, оснащаются агрегатами на электронике, которые их защищают. Применение последних стало возможным, благодаря прогрессу в области микроэлектронных технологий. Их развитие создало предпосылки создания защитного оборудования, которое по функционалу такое же эффективное, как агрегаты предыдущих образцов, но при этом работает на электромеханическом реле.

Достоинство указанных видов техники – расширенный функционал. Они не просто созданы для защиты ГЩУ, на которых установлены. Электрические установки также защищают применяемые автоматические средства, одновременно с этим производя подсчет используемого электричества.

Устройства прошлого поколения отличались от своих микроэлектронных последователей свойствами и составом. В старых защитных агрегатах было немало реле, а для измерений требовалось использовать дополнительное оборудование. Сейчас потребность в этом отпала, потому что микроэлектронные технологии значительно уменьшили размеры самих устройств, а функционал их при этом остался не хуже, чем у предшественников. Все значения в процессе измерения можно наблюдать на жидкокристаллическом экране, который демонстрирует показатели в режиме реального времени.

Дополнительный плюс в пользу оборудования нового поколения – точность измерительных приборов стала выше. Раньше измерения производились на довольно приблизительном уровне, и эта погрешность всегда учитывалась при выставлении результатов. Но агрегаты, которые служили более десятка лет, откровенно теряли свои измерительные свойства, потому что зачастую их расчеты были неточными. И использоваться такое оборудование на постоянной основе уже попросту не могло.

С новыми приборами такой проблемы нет. Данные во время измерения отображаются на экране, и они меняются в процессе смены своего значения. Расчет по фазам позволяет установить, когда измерения производились с учетом отключения или включения полюсов устройства.

Дополнительная характеристика, о которой ранее было уже упомянуто в положительном ключе, – компактность новых агрегатов. Такие технологии позволяют в разы сократить присоединение дополнительных сервисов, среди которых автоматика контроля над работой оборудования, измерительные приборы, потому что этот функционал уже есть в составе компактного микроэлектронного агрегата. В общей сложности, площадь, которую занимают элементы защиты ГЩУ нового поколения, сократилась вдвое. Например, чтобы защитить автоматику с применением выключателей силового трансформатора, нужно было как минимум три таких прибора, каждый из которых устанавливался на отдельную защитную панель. Но если применять новые агрегаты, потребуется установить всего два компактных вида оборудования, которые без труда поместятся на одной панели.

Понять, что при работе оборудования произошел сбой, с микроэлектронными технологиями также проще. У них есть терминал защиты, на котором в случае любых отклонений загораются светодиоды, как сигнал о появлении ошибки.

Ранее все коммутационные аппараты учитывались вручную. Их положения отмечалось на так называемой мнемосхеме, на которую при изменении расположения агрегата нужно было самостоятельно, ответственным специалистом, нанести новое место, где теперь располагается коммутатор. И это доставляло определенные неудобства, а также увеличивало время работы мастеров. Но с микроэлектронными защитными механизмами можно полностью отказаться от мнемосхемы. Экраны-терминалы защиты устройств при изменении положения автоматически строят карту, которая показывает актуальное расположение установленных агрегатов. Вручную изменять больше ничего не нужно, и ошибки при выполнении этой работы также сведены к минимуму.

Электронные терминалы автоматически подключены к SCADA. С помощью этой схемы можно проследить ряд показателей, например, каковы нагрузки при соединении, какое актуальное напряжение в шинах. Сбои в работе системы и аварии также фиксируются в режиме онлайн, что позволяет скорее устранить возникшие трудности. Возможности устройства позволяют диспетчеру синхронизироваться с SCADA. Благодаря этому, он всегда в курсе возможных аварий на объекте, а также может спокойно следить за производственным процессом переключений.

К сожалению, недостатки у микроэлектронных защитных установок все же присутствуют. И один из них – высокая стоимость. Кроме закупки самих агрегатов, требуется постоянное финансирование, направленное на поддержание оптимального функционала их работы. Нужно качественное программное обеспечение, а также профессионалы, которые смогут установить такое оборудование и контролировать его работу. Их услуги также стоят недешево. Но даже дорогостоящий сервис данного агрегата нельзя назвать однозначным его минусом. Если организация полностью перешла на применение указанных систем, то обслуживание всех их будет осуществляться централизованно, и этим будет заниматься релейная служба защиты.

Среди явных минусов стоит все же отметить то, что современные агрегаты довольно чувствительны к перепадам температуры. Их предшественники, несмотря на свой устаревший функционал, могли осуществлять свою работу практически в любых условиях. Микроэлектронные защитные механизмы довольно привередливы к изменениям погоды. И это приводит к необходимости покупать климатические установки, которые будут создавать благоприятную среду для их функционирования.

Стабильности работы микроэлектронному оборудованию, при всех его преимуществах, тоже не достает. Мастера, которые контролировали функционал указанных элементов защиты, отмечали довольно частые сбои, преимущественно связанные с перезагрузкой электронных терминалов. И опасность в том, что при случайном замыкании во время одного из таких сбоев все оборудование, к которому подключена защита, может выйти из строя, так как во время перезагрузки защитные функции системы не работают.

Но указанные недостатки нельзя назвать критичными. При продуманном подходе к установке микроэлектронных элементов защиты указанные риски можно предотвратить, например, за счет установки климатического оборудования, периодической самостоятельной перезагрузки агрегатов, чтобы избежать незапланированного сбоя. Использование качественного современного программного обеспечения также способствует продолжительной и беспроблемной работе систем, несмотря на изменчивость условий.

© Серeda Н. В., Магомедов Ш. М., 2022

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.319

EDN RWRQQZ

DOI 10.22450/9785964205777\_77

## Обзор средств компенсации реактивной мощности

Юрий Михайлович Тарков<sup>1</sup>, студент

Сергей Владимирович Сукьясов<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского  
Иркутская область, Иркутск, Россия

<sup>1</sup> [urijtarkov@gmail.com](mailto:urijtarkov@gmail.com), <sup>2</sup> [sukyasov@mail.ru](mailto:sukyasov@mail.ru)

**Аннотация.** Развивающиеся энергосистемы требуют особого внимания в отношении эффективного использования энергоресурсов. Одним из таких вопросов является компенсация реактивной мощности. Результатом данной работы является обзор используемых средств компенсации реактивной мощности, их сравнительный анализ.

**Ключевые слова:** реактивная мощность, компенсация, конденсаторные батареи, синхронные компенсаторы, шунтирующие реакторы

**Для цитирования:** Тарков Ю. М., Сукьясов С. В. Обзор средств компенсации реактивной мощности // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 77–82.

Original article

## Overview of reactive power compensation tools

Yuri M. Tarkov<sup>1</sup>, Student

Sergey V. Sukyasov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Yezhevsky

Irkutsk region, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup> [urijtarkov@gmail.com](mailto:urijtarkov@gmail.com), <sup>2</sup> [sukyasov@mail.ru](mailto:sukyasov@mail.ru)

**Abstract.** Developing energy systems require special attention in relation to the efficient use of energy resources. One such issue is reactive power compensation. The result of this work is an overview of the means of reactive power compensation used, their comparative analysis.

**Keywords:** reactive power, compensation, capacitor banks, synchronous compensators, shunt reactors

---

**For citation:** Tarkov Yu. M., Sukyasov S. V. Obzor sredstv kompensacii reaktivnoj moshchnosti [Overview of reactive power compensation tools]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 77–82 (in Russ.).

**Батареи конденсаторов.** Это средство получило наибольшее распространение. Батареи конденсаторов – это группа конденсаторов, объединенных последовательно-параллельным соединением; мощность каждого элемента обычно не превышает 125 квар. Группа конденсаторов является емкостным элементом, при подключении которого к сети, образуется опережающий, по отношению к напряжению, ток [1, 2].

Преимущества батарей конденсаторов: простота конструкции; экономичное обслуживание, незначительные потери активной мощности; возможно подключение в любой точке сети; возможно получение компенсирующей установки любой мощности за счет различных количеств конденсаторов и схем их включения; мощность данной установки можно регулировать; группа конденсаторов может нормально работать при неисправности одного из них.

Недостатки: величина генерируемой реактивной мощности зависит от значения напряжения; конденсаторы чувствительны к искажениям питающего напряжения и перенапряжениям; устройства особенно неустойчивы к токам короткого замыкания [3].

**Синхронные компенсаторы.** Синхронный компенсатор является электрической машиной, рассчитанной на генерацию емкостных и индуктивных токов, направленных на компенсацию реактивной мощности с целью повышения энергетических показателей и качества электроэнергии в тех точках сети, где сосредоточены нагрузки потребителей [2, 4, 5, 6, 7].

В качестве синхронных компенсаторов могут использоваться синхрон-

ные двигатели и генераторы. Для компенсации реактивной мощности синхронную машину необходимо ввести в режим перевозбуждения (для генерации емкостного тока) или недовозбуждения (для генерации индуктивного тока). В этих режимах эксплуатации величина постоянного тока в обмотке ее ротора соответственно выше или ниже номинального значения.

Преимущества синхронных компенсаторов: плавное регулирование реактивной мощности; возможно увеличение мощности устройства при пониженном напряжении; генерация и потребление реактивной мощности.

Недостатки: высокая стоимость; повышенные эксплуатационные расходы; присутствуют потери мощности.

**Шунтирующие реакторы.** Шунтирующий реактор представляет из себя устройство с большим реактивным и малым активным сопротивлением, и предназначен для выдачи индуктивной составляющей в сеть с целью компенсации емкостной составляющей реактивной мощности и ограничения внутренних перенапряжений в ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения. Конструктивно реактор – это обмотка цилиндрической формы, размещенная на броневом магнитопроводе, что призвано обеспечить постоянную величину индуктивного сопротивления [2, 8].

В настоящее время для повышения качества передаваемой потребителю электроэнергии устанавливаются управляемые шунтирующие реакторы, которые, в свою очередь, делятся на подмагничиваемые и тиристорные. Преимущество управляемого реактора над неуправляемым состоит в возможности регулирования величины потребляемой реактивной мощности [9].

Преимущества шунтирующих реакторов: доступность на рынке; возможно плавное регулирование потребляемой реактивной мощности в широком диапазоне; возможно непосредственное подключение к ЛЭП, без промежуточных трансформаторов; можно установить в любой точке электрической

---

системы; возможна стабилизация напряжения; возможность увеличения пропускной способности электросетей; низкие потери энергии и стоимость.

Недостатки: невозможность генерации реактивной мощности; конструктивное исполнение с масляным охлаждением требует дополнительных затрат на эксплуатацию, помимо этого повышается пожароопасность устройства.

В ходе исследования нами рассмотрены средства компенсации реактивной мощности, применяемые в системах электроснабжения, производственного оборудования и линиях электропередачи. Рассмотрены общие принципы работы устройств, их преимущества и недостатки.

**Выводы.** *Синхронные компенсаторы дороже в плане стоимости приобретения и эксплуатации, являясь при этом более функциональным средством компенсации.*

*Различные варианты систем регулирования шунтирующих реакторов обеспечивают различную скорость изменения величины генерируемой реактивной мощности.*

*Конденсаторные батареи, в сравнении со средствами компенсации других видов, недороги в плане стоимости приобретения и эксплуатации, удобны в плане монтажа. К тому же, используя конденсаторные батареи, существует возможность индивидуальной компенсации, что обеспечит минимум потерь электроэнергии и хорошие технико-экономические показатели.*

### **Список источников**

1. Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов А. Л. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве : учебное пособие. СПб. : Лань, 2020. 194 с.
2. Лыкин А. В. Электрические системы и сети : учебник. М. : Юрайт, 2019. 362 с.
3. Сукьясов С. В. Моделирование режима однофазного замыкания на землю в трехфазной трехпроводной цепи напряжением до 1 000 вольт с ис-

пользованием программной среды MatLab – Simulink // XVI International Scientific and Practical Conference. Sheffield : Science and education LTD, 2020. P. 48–59.

4. Соломин В. А., Замшина Л. Л., Трубицина Н. А. Электрические машины : учебное пособие. Ростов-на-Дону : Российский государственный университет путей сообщения, 2021. 91 с.

5. Сукьясов С. В., Горобей А. А. Повышение эффективности использования электрической энергии в сельскохозяйственном производстве // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 30. С. 27–35.

6. Сукьясов С. В., Рудых А. В. Способы повышения качества электрической энергии в распределительных сетях 0,38 кВ // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2017. № 8. С. 242–247.

7. Сукьясов С. В., Седова А. Г., Хуснудинова Е. А. Качество электрической энергии в городской сети с коммунально-бытовой нагрузкой // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2015. № 6. С. 284–288.

8. Красильникова Т. Г., Самородов Г. И. Физико-технические основы дальних электропередач переменного тока : монография. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. 300 с.

9. Мищенко П. А. Типы шунтирующих реакторов, применяемых в энергетических системах, их преимущества и недостатки // Вестник магистратуры. 2019. № 1–1. С. 13–15.

### References

1. Shcherbakov E. F., Alexandrov D. S., Dubov A. L. *Elektrosnabzhenie i elektropotreblenie v sel'skom hozyajstve: uchebnoe posobie [Electricity supply and electricity consumption in agriculture: textbook]*, Sankt-Peterburg, Lan', 2020, 194 p. (in Russ.).

2. Lykin A. V. *Elektricheskie sistemy i seti: uchebnik [Electrical systems and networks: textbook]*, Moskva, Yurajt, 2019, 362 p. (in Russ.).

3. Sukyasov S. V. Modelirovanie rezhima odnofaznogo замыкания на землю в трехфазной трехпроводной цепи напряжением до 1 000 вольт с использованием программной среды MatLab – Simulink [Simulation of a single-phase earth fault mode in a three-phase three-wire circuit with a voltage of up to 1,000 volts using the MatLab - Simulink software environment]. Proceedings from XVI International Scientific and Practical Conference. (PP. 48–59), Sheffield, Science and education LTD, 2020 (in Russ.).

4. Solomin V. A., Zamshina L. L., Trubitsina N. A. *Elektricheskie mashiny: uchebnoe posobie [Electric machines: tutorial]*, Rostov-na-Donu : Rossijskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2021, 91 p. (in Russ.).

5. Sukyasov S. V., Gorobey A. A. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya el-

---

ektricheskoy energii v sel'skohozyajstvennom proizvodstve [Increasing the efficiency of the use of electric energy in agricultural production]. *Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki*. – *Topical issues of agricultural science*, 2019; 30: 27–35 (in Russ.).

6. Sukyasov S. V., Rudykh A. V. Sposoby povysheniya kachestva elektricheskoy energii v raspredelitel'nyh setyah 0,38 kV [Ways to improve the quality of electrical energy in 0.38 kV distribution networks]. *Aktual'nye problemy energetiki APK*. – *Actual problems of agro-industrial energy*, 2017; 8: 242–247 (in Russ.).

7. Sukyasov S. V., Sedova A. G., Khusnudinova E. A. Kachestvo elektricheskoy energii v gorodskoy seti s kommunal'no-bytovoj nagruzkoy [The quality of electric energy in the urban network with a communal and household load]. *Aktual'nye problemy energetiki APK*. – *Actual problems of agro-industrial energy*, 2015; 6: 284–288 (in Russ.).

8. Krasilnikova T. G., Samorodov G. I. *Fiziko-tehnicheskie osnovy dal'nih elektroperedach peremennogo toka: monografiya* [Physical and technical fundamentals of long-distance AC power transmission: monograph], Novosibirsk, Novosibirskiy gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2019, 300 p. (in Russ.).

9. Mishchenko P. A. Tipy shuntiruyushchih reaktorov, primenyaemyh v energeticheskikh sistemah, ih preimushchestva i nedostatki [Types of shunt reactors used in power systems, their advantages and disadvantages]. *Vestnik magistratury*. – *Bulletin of the Magistracy*, 2019; 1–1: 13–15 (in Russ.).

© Тарков Ю. М., Сукьясов С. В., 2022

Статья поступила в редакцию 17.11.2022; одобрена после рецензирования 25.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 17.11.2022; approved after reviewing 25.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.91

EDN REVUZW

DOI 10.22450/9785964205777\_83

## Плавающие солнечные электростанции

Аркадий Дмитриевич Фитц<sup>1</sup>, студент бакалавриата

Андрей Сергеевич Поддубицкий<sup>2</sup>, студент бакалавриата

Андрей Станиславович Ижевский<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1, 2, 3</sup> [eiatp@dalgau.ru](mailto:eiatp@dalgau.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты исследования альтернативного источника энергии – солнечных плавающих электростанций. Выполнена оценка эффективности солнечных батарей, как основного источника питания. Выделены сильные и слабые стороны альтернативного источника энергии.

**Ключевые слова:** солнечные батареи, плавающие солнечные электростанции, эффективность, электрический ток, производительность, мощность

**Для цитирования:** Фитц А. Д., Поддубицкий А. С., Ижевский А. С. Плавающие солнечные электростанции // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 83–88.

Original article

## Floating solar power plants

Arkady D. Fitz<sup>1</sup>, Undergraduate Student

Andrey S. Poddubitsky<sup>2</sup>, Undergraduate Student

Andrey S. Izhevsky<sup>3</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1, 2, 3</sup> [eiatp@dalgau.ru](mailto:eiatp@dalgau.ru)

**Abstract.** The results of the study of an alternative energy source – solar floating power plants are presented. The efficiency of solar panels as the main power source was evaluated. The strengths and weaknesses of an alternative energy source are highlighted.

**Keywords:** solar panels, floating solar power plants, efficiency, electric current, productivity, power

---

**For citation:** Fitz A. D., Poddubitsky A. S., Izhevsky A. S. Plavuchie solnechnye elektrostancii [Floating solar power plants]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 83–88 (in Russ.).

Плавающая солнечная электростанция (FPV) – это любая солнечная установка, расположенная на конструкциях, плавающих на поверхности воды. Солнечные панели должны быть прикреплены к плавучей конструкции, которая удерживает их над поверхностью. Широко распространены плавучие солнечные станции на озерах и больших искусственных водоемах (рис. 1).



**Рисунок 1 – Вид плавучей солнечной электростанции**

Плавающие солнечные установки – относительно новая концепция. Первые патенты на этот тип технологии были зарегистрированы в 2008 г. С тех пор плавучие солнечные электростанции были впервые установлены в таких странах, как Китай, Япония и США.

Преимущество плавучих солнечных электростанций состоит в отсутствии потерь полезных дорогостоящих земельных участков; многие из этих установок могут занимать неиспользуемое пространство на водохранилищах,

таких как водохранилища вблизи гидроэлектростанций, водоочистных сооружений или резервуаров для питьевой воды. Кроме того, установка солнечных панелей на поверхности воды уменьшает необходимость удаления деревьев и уборки леса, что практикуется в случае некоторых крупных солнечных проектов.

Эффективность солнечных панелей заключается в их долговечности и способности работать при достаточно высоких температурах. Но, как и в случае с другой электроникой, при более высоких температурах выходная мощность уменьшается. Производительность солнечной панели снижается с повышением температуры, что может стать проблемой для владельцев недвижимости, которые хотят устанавливать панели в жарком и солнечном климате. Поверхность воды, на которой размещены плавающие солнечные панели, помогает охлаждать оборудование солнечной электростанции, а это значит, что панели могут вырабатывать электроэнергию с более высокой эффективностью.

Экономическая выгода от строительства таких станций возрастает, поскольку не требуется выполнять земляные, бетонные и другие строительные работы, необходимые в случае наземных электростанций. Кстати, при монтаже плавучих электростанций используются стандартизированные технологии крепления, поэтому время, затрачиваемое на строительство, также меньше.

Экологические преимущества плавучих солнечных электростанций, безусловно, играют положительную роль в создании более здоровой окружающей среды. Благодаря плавучим солнечным установкам, вода не только оказывает охлаждающее действие на солнечное оборудование, но и работает наоборот. Плавучая солнечная электростанция создает затенение на поверхности воды, уменьшая испарение из водоемов, водохранилищ и озер. Это особенно полезно в районах, подверженных засухе. Тень, создаваемая плавающими сол-

нечными панелями, также помогает уменьшить цветение водорослей в пресноводных водоемах. Плавающие солнечные панели являются источником чистой, возобновляемой электроэнергии. Использование технологий возобновляемых источников энергии помогает сократить выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ в атмосферу, что окажет положительное влияние на природную среду, а также на здоровье человека.

Недостаток плавучих солнечных электростанций состоит в отсутствии возможности реализации небольших проектов, так как ни одна из существующих плавучих солнечных установок не работает на одного человека. Большинство плавучих солнечных установок являются крупномасштабными и обеспечивают электроэнергией коммунальные службы, крупные сообщества, компании или муниципалитеты.

По всему миру по-прежнему наблюдается рост числа плавучих солнечных установок, и ожидается, что со временем объем проектов такого типа увеличится еще больше. Мы привели несколько наиболее известных в мире плавающих солнечных установок:

1. Самая большая установка в мире находится в Китайской Народной Республике (провинция Аньхой). Компания – Sungrow Power Supply. Мощность – 40 МВт.

2. Крупнейшая плавучая солнечная электростанция расположена в Японии (префектура Тиба). Компания – Kyocera. Мощность – 13,7 МВт.

3. Первая общественная плавающая солнечная система находится в США (Калифорния). Компания – Ciel & Terre. Мощность – 252 кВт.

Для реализации проекта создания плавучей солнечной электростанции в условиях Амурской области имеется несколько подходящих водоемов:

1. Чигиринское водохранилище. Водоохранилище было создано в 1974 г. на реке Чигири путем сооружения плотины. Располагается водоем на восточ-

ной окраине села Чигири, у Новотроицкого шоссе. Площадь – 66 га (660 квадратных метров).

2. Озеро Ротанье. Озеро расположено недалеко от города Благовещенска, рядом с селом Верхнеблаговещенское, площадь – около 0,25 квадратного километра.

3. Зейское, Бурейское, Нижне-Бурейское водохранилища. Реализация плавающих солнечных электростанций в искусственных водоемах гидроэлектростанций позволяет эффективней использовать водные ресурсы.

В России завершено строительство плавучей солнечной электростанции группой компаний «Хевел» на площадке Нижне-Бурейской ГЭС в Амурской области (рис. 2).



**Рисунок 2 – Плавающая солнечная установка на площадке Нижне-Бурейской ГЭС**

Конструкция генерирующей части энергетического комплекса выполнена с использованием сборно-разборных понтонных модулей высокой прочности, на которых установлены солнечные панели. Гибкость системы обеспечивается специальной схемой соединения плавучих блоков и рассчитана на

колебания водной поверхности различной амплитуды. Конструктивная особенность используемых понтонных модулей сокращает время установки системы и повышает ее мобильность. Таким образом, при необходимости электростанция может быть демонтирована как можно скорее и перемещена в любую другую точку резервуара. Прогнозируемая годовая мощность солнечной электростанции составляет 53,5 тыс. кВт·ч.

Экономические показатели реализации строительства плавучей солнечной электростанции на Нижне-Бурейской ГЭС представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Экономические показатели при реализации строительства плавучей солнечной электростанции на Нижне-Бурейской ГЭС**

<b>Показатели</b>	<b>Размер</b>
Количество солнечных панелей, шт.	140
Затраты на одну солнечную панель, руб.	9 870
Выработка электроэнергии в год, тыс. кВт·ч	53,5
Затраты на проект, млн. руб.	1,381
Годовой доход, руб.	171 200
Срок окупаемость солнечной электростанции, лет	8

Из полученных расчетов можно сделать вывод, что солнечные плавучие электростанции являются хорошим альтернативным источником энергии даже в нашем регионе с суровым климатом. Так как срок окупаемости проекта на Нижне-Бурейской ГЭС составил 8 лет, это достаточно приемлемый показатель для развития солнечной электроэнергетики в Амурской области.

© Фитц А. Д., Поддубицкий А. С., Ижевский А. С., 2022

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК  
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

Научная статья

УДК 697.1

EDN RSUBY

DOI 10.22450/9785964205777\_90

**К вопросу о разработке системы отопления  
как способа повышения эффективности производства**

**Егор Андреевич Зыков<sup>1</sup>**, студент бакалавриата

**Людмила Николаевна Горбунова<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [error20010404@gmail.com](mailto:error20010404@gmail.com), <sup>2</sup> [lmg1977@mail.ru](mailto:lmg1977@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос о способах организации системы отопления для промышленных и жилых зданий. Приведены классификация систем, их достоинства и недостатки. Рассмотрены виды теплоносителей, используемых в системах отопления.

**Ключевые слова:** система отопления, нагрев, теплоноситель, вид топлива, отопительный прибор

**Для цитирования:** Зыков Е. А., Горбунова Л. Н. К вопросу о разработке системы отопления как способа повышения эффективности производства // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 90–96.

Original article

**On the issue of developing a heating system  
as a way to increase production efficiency**

**Egor A. Zykov<sup>1</sup>**, Undergraduate Student

**Lyudmila N. Gorbunova<sup>1</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [error20010404@gmail.com](mailto:error20010404@gmail.com), <sup>2</sup> [lmg1977@mail.ru](mailto:lmg1977@mail.ru)

**Abstract.** The article considers the question of ways to organize a heating system for industrial and residential buildings. The classification of systems, their advantages and disadvantages are given. The types of heat carriers used in heating systems are considered.

**Keywords:** heating system, heating, heat carrier, type of fuel, heating device

**For citation:** Zykov E. A., Gorbunova L. N. K voprosu o razrabotke sistemy

otopleniya kak sposoba povysheniya effektivnosti proizvodstva [On the issue of developing a heating system as a way to increase production efficiency]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 90–96 (in Russ.).

В настоящее время существует огромное количество способов производства тепла, для которых используются различные ресурсы и возможности, а также методы его отдачи в отапливаемое помещение.

Температура в помещении, не важно – на сельскохозяйственных производствах, предприятиях или в жилых постройках, это очень важный фактор, который может оказать сильное влияние на условия жизнедеятельности и производства. Температура, отличная от нормируемой и комфортной, снижает производительность труда, может привести к травмам, сказывается на здоровье сотрудников. В сельском хозяйстве она также негативно влияет на здоровье животных: снижается масса животных, уменьшается удой, ухудшается плодовитость особей и т. д. [1].

Поэтому, тщательный расчет системы отопления, с учетом всех возможных потерь тепла, очень важная задача при проектировании будущей постройки, независимо от ее назначения, которая даст возможность повысить эффективность производства.

При разработке системы отопления следует учитывать, что она состоит из двух основных частей: источник тепловой энергии и отопительные приборы, которые отдают произведенное тепло в отапливаемое помещение.

В первую очередь, нужно рассмотреть все особенности помещения и выбрать, к какой системе отопления будет относиться проектируемая. Существует две системы – местного отопления и центрального отопления.

Если сосредоточиться на центральном отоплении, то поступление тепло-

носителя будет происходить от какого-то одного общего источника, отопляющего помимо нашего здания, еще и другие (например, ТЭЦ).

Достоинства такого варианта обогрева следующие:

1) при условии, если теплотрассы не находятся на большом расстоянии от здания, к которому мы подводим тепло, центральное отопление получается дешевле местного;

2) в сравнении с некоторыми системами местного обогрева, является более экологически чистым в плане того, что в отопляемое помещения не проникает никаких веществ, вырабатываемых в результате сгорания топлива;

3) такая система не требует отдельного помещения и специального оборудования для генерации тепла; в помещении достаточно наличия радиаторов;

4) в случае аварии, ее устранением занимается снабжающая компания.

К недостаткам можно отнести [2]:

1) высокие потери тепла; теплоноситель на пути от котельной до потребителя проходит большое расстояние, за время которого его температура снижается;

2) если рассматривать жилые постройки, то отключить отдельную квартиру невозможно;

3) даты включения и отключения подачи отопления устанавливает тепловая станция.

При местном отоплении помещение будет получать тепло от теплогенерирующего оборудования, расположенного непосредственно в нем или в смежном помещении.

В зависимости от способа получения тепла у местных систем отопления достоинства и недостатки могут отличаться, но есть и общие показатели.

К положительному можно отнести: возможность отопления любого помещения, независимо от его местоположения; широкие возможности для регулирования температуры и автоматизации процесса.

Отрицательные стороны таких систем: необходимость покупать дорогостоящее оборудование; сырье, в случае с использованием, например, угля или газа, обходится дороже.

При создании местной системы отопления необходимо выбрать теплоноситель – специальное вещество для передачи тепла от источника к потребителю. Теплоносители могут быть жидкостными (вода, антифриз, теплоносители на основе глицерина и т. д.), воздушными, паровыми и комбинированными.

Использование жидких теплоносителей обусловлено низкой ценой, более высокой теплоемкостью по сравнению с воздухом. Но при использовании воды в системах отопления можно столкнуться с одним очень серьезным недостатком данного теплоносителя. В случае прекращения работы отопления на продолжительное время вода в трубах может просто замерзнуть. Такое маловероятно на производстве, но с данным фактом можно столкнуться в жилых постройках, которые остаются на какое-то время без людей. Во избежание этого в качестве теплоносителя используют антифризы.

Воздух как теплоноситель, в отличие от жидкостей, используется несколько иначе. Если вода нагревает помещение путем рассеивания своего тепла с помощью специального оборудования, то воздух, нагреваясь в тепловом агрегате, подается непосредственно в отапливаемое помещение. В сравнение с водой, воздух менее агрессивная среда, и она не способствует ржавлению оборудования и теплопровода. Кроме того, воздух нагревает помещение быстрее, чем вода. Однако понижение температуры происходит быстрее, и вентиляторы для прогона воздуха создают шум, сильно сказывающийся на комфорте человека.

Если рассматривать пар, то как теплоноситель он обладает такими положительными качествами, как высокая теплоемкость, высокая скорость движения; также пар создает низкое гидростатическое давление в системе за счет

малой плотности [3].

Следующим этапом является выбор топлива и оборудования для нагрева теплоносителя. На сегодняшний день нагрев можно осуществлять с помощью печей, котлов, использующих разные виды топлива. Топливом могут выступать газ (сжиженный или природный), дизельное топливо, дрова, паллеты или уголь. Кроме того, для нагрева может использоваться электричество в электрических котлах. Последний из перечисленных видов топлива самый удобный, но в тоже время и самый дорогой.

Сегодня свою популярность обретают солнечные коллекторы, которые способны нагревать теплоноситель, используя энергию солнечных лучей. Данный способ является наиболее экологически чистым и имеет высокие приоритеты в совершенствовании своей технологии.

Вторая основная часть отопительной системы – это отопительные приборы. К ним относят устройства, которые обогревают помещение путем передачи в окружающую среду теплоты от теплоносителя. Выбор отопительных приборов зависит от теплоносителя.

При проектировании водяного отопления для рассеивания тепла от теплоносителя используют радиаторы. На производстве чаще используются регистры из гладких труб. Располагают их под окнами. Регистры удобны дешевой и легкостью изготовления, они малочувствительны к перепадам давления. По сравнению с радиаторами, регистры легче очищать от пыли, грязи и разных веществ, которые могут их загрязнить.

В системах воздушного нагрева одним из основных элементов является вентилятор, который выдувает нагретый воздух в отапливаемое помещение. Нагревать воздух можно по-разному. Можно использовать водяные или электрические калориферы. Такие установки могут быть мобильными, они не требуют монтажа и могут быть установлены в любом нужном месте [4].

Одним из способов повышения температуры в помещении также являются теплые полы. Теплый пол может работать на основе электричества или водяного отопления. Теплый пол способен обеспечить равномерное распределение тепла по всей площади помещения, так как такая система монтируется непосредственно под половое покрытие. Также из-за особенности установки, появляется свободное место, которое при использовании предыдущих систем отопления, было бы занято оборудованием. Вышеуказанные системы являются конвективными.

Инфракрасное отопление относится к лучистому виду. Принцип его действия немного отличается. При лучистом отоплении сначала нагреваются предметы и поверхности в помещении, а уже потом, от них, нагревается воздух. По типу установки инфракрасные излучатели бывают потолочными, напольными и настенными. Они могут работать как на газе, так и на электричестве. К положительным аспектам здесь можно отнести довольно высокий коэффициент полезного действия (примерно 80 %), низкий уровень шума и способность нагревать воздух до требуемых значений при более низкой температуре окружающей среды. Однако нахождение под прямым воздействием таких установок может сказаться на самочувствии персонала.

Итак, разработка системы отопления – это очень ответственная часть проектирования любого здания, независимо от его дальнейшей эксплуатационной задачи, которая может серьезно повысить эффективность производства. В настоящее время существует множество способов обеспечить комфортную температуру в помещении. У каждого из них есть как свои достоинства, так и недостатки, которые следует учитывать для тех или иных условий дальнейшей эксплуатации помещения. Кроме того, технологии не стоят на месте. Оборудование постоянно совершенствуется, появляются все новые и новые технологические решения для того или иного вида системы отопления.

### Список источников

1. Фокин С. В., Шпортко О. Н. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж и эксплуатация : учебное пособие. М. : КноРус, 2016. 368 с.
2. Каменев П. Н., Сканави А. Н., Богословский В. Н. Отопление и вентиляция : учебник. Часть 1. Отопление. М. : Стройиздат, 1975. 483 с.
3. Киселев И. Г., Кудрин М. Ю. Отопление и вентиляция : учебное пособие. СПб : Петербургский государственный университет путей сообщения, 2016. 44 с.
4. Логунова О. Я., Зоря И. В. Водяное отопление : учебное пособие. СПб : Лань, 2020. 272 с.

### References

1. Fokin S. V., Shportko O. N. *Sistemy otopleniya, ventilyacii i kondicionirovaniya vozduha: ustrojstvo, montazh i ekspluataciya: uchebnoe posobie* [Heating, ventilation and air conditioning systems: device, installation and operation: textbook], Moskva, KnoRus, 2016, 368 p. (in Russ.).
2. Kamenev P. N., Skanavi A. N., Bogoslovsky V. N. *Otoplenie i ventilyaciya: uchebnik. Chast' 1. Otoplenie* [Heating and ventilation: textbook. Part 1. Heating], Moskva, Strojizdat, 1975, 483 p. (in Russ.).
3. Kiselev I. G., Kudrin M. Yu. *Otoplenie i ventilyaciya: uchebnoe posobie* [Heating and ventilation: tutorial], Sankt-Peterburg, Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2016, 44 p. (in Russ.).
4. Logunova O. Ya., Zorya I. V. *Vodyanoje otoplenie: uchebnoje posobie* [Water heating: a textbook], Sankt-Peterburg, Lan', 2020, 272 p. (in Russ.).

© Зыков Е. А., Горбунова Л. Н., 2022

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 667.6:631.3

EDN FFTCSW

DOI 10.22450/9785964205777\_97

### **Сравнительный анализ устройств для нанесения консервационных материалов**

**Виктор Валерьевич Клепиков**, кандидат технических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбовская область, Тамбов, Россия

[viktrikt@mail.ru](mailto:viktrikt@mail.ru)

***Аннотация.*** В статье рассмотрен вопрос механизированного нанесения консервационных материалов при подготовке сельскохозяйственной техники к хранению. Выполнен обзор существующих устройств и проведена оценка их эксплуатационных параметров.

***Ключевые слова:*** пневматический пистолет, хранение сельскохозяйственной техники, защита от коррозии, нанесение материалов

***Для цитирования:*** Клепиков В. В. Сравнительный анализ устройств для нанесения консервационных материалов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 97–103.

Original article

### **Comparative analysis of devices for applying conservation materials**

**Victor V. Klepikov**, Candidate of Technical Sciences

All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov region, Tambov, Russia, [viktrikt@mail.ru](mailto:viktrikt@mail.ru)

***Abstract.*** The article considers the issue of mechanized application of conservation coatings when preparing agricultural machinery for storage. Review of existing devices and their performance parameters were evaluated.

***Keywords:*** pneumatic gun, storage of agricultural machinery, corrosion protection, application of materials

***For citation:*** Klepikov V. V. Sravnitel'nyj analiz ustrojstv dlya naneseniya konservacionnyh materialov [Comparative analysis of devices for applying conservation materials]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya*

---

2022 g.) – *All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 97–103 (in Russ.).

Характерной особенностью, отличающей сельскохозяйственное производство, является сезонность использования техники – наличие разных по длительности периодов времени, когда машины и агрегаты не используются. В этот период важно в полном объеме проводить работы по подготовке к хранению, чтобы обеспечить высокий уровень безотказности и надежности по истечении срока хранения [1]. Ключевым процессом в подготовке к хранению является нанесение защитного покрытия на металлические поверхности сельскохозяйственных машин [2].

Существует большой выбор промышленно выпускаемых мастик и смазок для антикоррозионной защиты. Но их использование может быть оправданно только для автомобильного транспорта, из-за большего срока службы защитного покрытия – порядка пяти лет. Использование таких средств для межсезонного хранения сельскохозяйственной техники, при котором наносить защитные покрытия необходимо ежегодно, нерентабельно.

Отсутствие готовых решений для сельскохозяйственного производства заставляет специалистов инженерно-технических служб в качестве антикоррозионных материалов использовать отработанные масла с добавлением битума и дизельного топлива, в редких случаях пушечного сала или отходов нефтехимии [3]. Такие материалы наносят на металлические поверхности рабочих органов вручную – с помощью малярных кистей или частей ветоши. С точки зрения защитной эффективности такие самодельные составы могут давать хороший результат, но ручное их нанесение снижает эффект от защиты из-за образования несплошного покрытия [4].

Для решения этого вопроса нами был проведен сравнительный анализ существующих промышленных образцов, которые могут использоваться для

нанесения материалов на металлические поверхности.

В зависимости от принципа смешивания используемого материала с воздухом при нанесении пневматические пистолеты можно разделить на устройства внешнего смешивания [5] и устройства внутреннего смешивания [6]. К устройствам внешнего смешивания относятся КРП-11 с верхним бачком, СО-71 с верхним бачком и MATRIX 57316 с нижним бачком (рис. 1).



**Рисунок 1 – Краскораспылители с головками внешнего смешения**

При включении пневматического пистолета сжатый воздух с большой скоростью выходит из кольцевого отверстия воздушного сопла и создает разрежение перед материальным соплом. Материал поступает в зону разрежения, где разделяется на мелкие капли и образует факел аэрозоля. Диаметр материального сопла составляет 1,8 мм у КРП-11; 2,1 мм – у СО-71 и 1,5–1,8 мм – у MATRIX 57316.

К недостаткам такого типа устройств относят сложность работы с высоковязкими материалами из-за малого диаметра материального сопла и повышенный расход из-за туманообразования.

Применение пневмопистолетов, имеющих материальные сопла малого диаметра (1,5–2,1 мм), сопряжено с частыми технологическими отказами при

нанесении высоко вязких консервационных материалов, которые могут содержать крупнодисперсные наполнители [7]. Такие пневмопистолеты могут использоваться только при работе с невязкими материалами, для обработки поверхностей машин при хранении в закрытых помещениях.

К устройствам внутреннего смешивания относят пневмопистолет Kraft KT-707055 с нижним резервуаром, пневмопистолет Voylet PS-5 с регулируемой камерой смешивания, и пневмопистолет GAV-167 с возможностью присоединения евробаллона с диаметром горловины 38 мм (рис. 2).



Kraft KT-707055

Voylet PS-5

GAV-167

**Рисунок 2 – Пневмопистолеты с эжектором  
для нанесения автоконсервантов**

Сжатый воздух поступает через воздушное сопло, где ускоряется и создает разрежение в приемной камере. Под действием разрежения материал поступает в камеру смешения, где соединяется с воздушным потоком. При этом часть материала попадает в ядро воздушного потока, где разделяется воздухом на капли и движется по камере смешения в виде аэрозоля.

Другая часть материала движется с меньшей скоростью вдоль стенок камеры смешивания в виде кольцевого слоя. На выходе из узкого распылительного сопла скорость воздушного потока возрастает. При этом кольцевой слой материала, перемещаемый вдоль стенок, тоже ускоряется. При сходе с кромки распылительного сопла он разрывается на капли и, соединяясь с воздушным

поток, образует грубодисперсный факел распыла.

Диаметр распылительного сопла составляет 9 мм у GAV-167; 6 мм – у Voylet PS-5 и 1,5 мм – у Kraft KT-707055. Пневмопистолеты Voylet и GAV подходят для нанесения материалов с высокой вязкостью, в том числе и битумных составов. Обработанные такими материалами сельскохозяйственные машины и агрегаты могут храниться на открытых площадках под воздействием климатических факторов – осадков, солнечного света, ветровой нагрузки.

Использование запасных евробаллонов, заранее заправленных автоконсервантом, способно сократить потери времени на их замену и повысить производительность процесса нанесения. Дорогостоящие евробаллоны можно заменить на полиэтиленовую тару вместимостью один литр с горловиной диаметром 38 мм, если заменить на пневмопистолетах пробку на переходник с резьбой, напечатанной на 3D-принтере.

Проведены натурные испытания по нанесению материалов разной вязкости: с вязкостью порядка 11–20 секунд по ВЗ-4; с вязкостью около 30–40 секунд по ВЗ-4; с вязкостью более 60 секунд по ВЗ-4. Материалы наносили пневмопистолетами GAV-167, Voylet PS-5 и Matrix 57316. В испытаниях визуально оценивали качество и сплошность образованных покрытий, величину факела распыла и потери материала на туманообразование.

**Выводы.** По результатам натурных испытаний наиболее универсальным для применения является пневмопистолет Voylet PS-5, так как он оснащен переменной камерой смешивания и распылительным соплом достаточного диаметра (6 мм). Для распыления маловязких материалов рекомендуется регулировать камеру смешивания на максимальную длину; для распыления консерванта средней вязкости – на среднюю длину; для распыления вязкого консерванта – на минимальную длину.

### Список источников

1. Князева Л. Г., Прохоренков В. Д., Губашева А. М. Некоторые аспекты межсезонного хранения аграрной техники // Наука в центральной России. 2015. № 4. С.18–32.
2. Клепиков В. В. Технология и средства консервации загущенными смазками // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : материалы XIX междунар. науч.-практ. конф. Тамбов: ИП Першин Р. В., 2017. С. 113–116.
3. Петрашев А. И., Зазуля А. Н., Клепиков В. В. Доступный консервант для почвообрабатывающей техники // Сельский механизатор. 2019. № 2. С. 36–37.
4. Князева Л. Г., Урядников А. А., Клепиков В. В. Консервационные составы из отработанных материалов // XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии : тезисы докладов. СПб., 2019. С. 95.
5. Пистолеты для нанесения покрытий // Все инструменты. URL: <https://tambov.vseinstrumenti.ru/instrument/pnevmoinstrument/pnevmapistolety/drugie/> (дата обращения: 02.09.2022).
6. Евробаллон, защитные покрытия автомобиля // Все инструменты. URL: <https://tambov.vseinstrumenti.ru/avtogarazhnoe-oborudovanie/avtohimija/zaschitnye-pokrytiya-avtomobilya/antigravij/> (дата обращения: 02.09.2022).
- 7 Клепиков В. В. Безотходная технология консервации аграрной техники // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 83–85.

### References

1. Knyazeva L. G., Prohorenkov V. D., Gubasheva A. M. Nekotorye aspekty mezhsezonnogo hranenija agrarnoj tekhniki [Some environmental aspects of inter-seasonal storage of agricultural machinery]. *Nauka v central'noj Rossii. – Science in the central Russia* 2015; 4: 18–32 (in Russ.).
2. Klepikov V. V. Tehnologija i sredstva konservacii zagushhennymi smazkami [Technology and means of conservation with thickened greases]. Proceedings from Improving the efficiency of the use of resources in the production of agricultural products – new technologies and equipment of a new generation for crop production and animal farming: *XIX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – XIX International Scientific and Practical Conference*. (PP. 113–116), Tambov, Pershin R. V., 2017 (in Russ.).
3. Petrashev A. I., Zazulya A. N., Klepikov V. V. Dostupnyj konservant dlja pochvoobrabatyvajushhej tekhniki [Experimental regularity of pneumatic spraying of conservation materials]. *Sel'skij mekhanizator. – Rural Mechanic*, 2019; 2: 36–37 (in Russ.).

4. Knyazeva L. G., Uryadnikov A. A., Klepikov V. V. Konservacionnye sostavy iz otrabotannyh materialov [Conservation compositions from used materials]. Proceeding from *XXI Mendeleevskij s"ezd po obshchej i prikladnoj himii – XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry*. (PP. 95), Sankt-Petersburg, 2019 (in Russ.).

5. Pistolety dlja naneseniya pokrytij [Coating guns]. *Tambov.vseinstrumenti.ru* Retrieved from <https://tambov.vseinstrumenti.ru/instrument/pnevmoinstrument/pnevmpistolety/drugie/> (Accessed 02 September 2022) (in Russ.).

6. Evroballon, zaschitnye pokrytiya avtomobilya [Euroballon, car protective coatings]. *Tambov.vseinstrumenti.ru* Retrieved from <https://tambov.vseinstrumenti.ru/avtogarazhnoe-oborudovanie/avtohimija/zaschitnye-pokrytiya-avtomobilya/antigravij/> (Accessed 02 September 2022) (in Russ.).

7. Klepikov V. V. Bezothodnaya tekhnologiya konservacii agrarnoj tekhniki [Waste-free conservation technology for agricultural machinery] // *Trudy GOSNITI. – Works of GOSNITI*, 2015; 118: 83–85 (in Russ.).

© Клепиков В. В., 2022

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 24.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 24.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.9

EDN FJSKRT

DOI 10.22450/9785964205777\_104

**Результаты исследования энергоэффективности  
топливных элементов на основе протонообменной мембраны**

**Зоя Федоровна Кривуца<sup>1</sup>**, доктор технических наук, доцент

**Виктория Васильевна Сергеева<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Наталья Федоровна Двойнова<sup>3</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>3</sup> Сахалинский государственный университет

Сахалинская область, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>1</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>2</sup> [grafik-71@mail.ru](mailto:grafik-71@mail.ru), <sup>3</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье предлагается метод оценки исследования изменения средней энергоэффективности топливных элементов от заданной нагрузки на основе построения вольт-амперных характеристик. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что с увеличением нагрузки средняя эффективность топливного элемента понижается. Обосновано, что основными направлениями повышения коэффициента полезного действия топливной батареи являются применение комбинированного соединения топливных элементов и обеспечение поступления необходимых реагентов.

**Ключевые слова:** солнечные панели, электрическая энергия, кремний, напряжение, сила тока

**Для цитирования:** Кривуца З. Ф., Сергеева В. В., Двойнова Н. Ф. Результаты исследования энергоэффективности топливных элементов на основе протонообменной мембраны // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 104–110.

Original article

**Results of a study of the energy efficiency  
of fuel cells based on a proton exchange membrane**

**Zoya F. Krivutsa<sup>1</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Victoria V. Sergeeva<sup>2</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Natalya F. Dvoynova**<sup>3</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>3</sup> Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

<sup>1</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>2</sup> [grafik-71@mail.ru](mailto:grafik-71@mail.ru), <sup>3</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru)

**Abstract.** The article proposes a method for evaluating the study of changes in the average energy efficiency of fuel cells from a given load based on the structure of volt-ampere characteristics. As a result of the conducted experimental studies, it was found that with an increase in the load, the average efficiency of the fuel cell decreases. It is proved that the main directions of increasing the efficiency of a fuel battery are the use of a combined compound of fuel cells and ensuring the receipt of the necessary reagents.

**Keywords:** solar panels, electric energy, silicon, voltage, amperage

**For citation:** Krivutsa Z. F., Sergeeva V. V., Dvoynova N. F. Rezul'taty issledovaniya energoeffektivnosti toplivnyh elementov na osnove protonoobmennoj membrany [Results of a study of the energy efficiency of fuel cells based on a proton exchange membrane]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 104–110 (in Russ.).

Приоритетным направлением государственной политики в экономической сфере агропромышленного комплекса является повышение эффективности производства и реализации сельскохозяйственной продукции за счет развития ресурсного потенциала. Основным компонентом ресурсного потенциала сельского хозяйства являются топливно-энергетические ресурсы. Для повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции необходимо рациональное использование энергетических ресурсов с учетом перспективы снижения запасов ископаемых. В связи с этим возникает необходимость инвестировать в перспективные стратегические направления исследований, к которым, в первую очередь, относятся исследования по развитию водородных технологий.

Транспортная составляющая оказывает существенный вклад в себестоимость сельскохозяйственной продукции. Надежность и бесперебойность выполнения транспортных работ в сельском хозяйстве в ближайшем будущем целесообразно связывать с перспективным переходом от традиционных технологий, базирующихся на поршневых двигателях внутреннего сгорания к энергетическим системам на топливных элементах. Технологии использования водорода и топливных элементов как составляющих чистой энергии могут применяться в различных областях энергоснабжения сельского хозяйства – от управления транспортными средствами до питания мобильных телефонов и ноутбуков или жилых домов.

Одним из наиболее существенных сдерживающих факторов масштабного внедрения в сектор экономики сельского хозяйства низкотемпературных батарей топливных элементов на основе протонообменной мембраны с учетом их преимуществ, является высокая себестоимость, недостаточный гарантированный ресурс. Все это определяет необходимость проведения теоретических и экспериментальных исследований по повышению энергоэффективности батареи топливных элементов на основе протонообменной мембраны.

Энергетическая эффективность топливных элементов на основе протонообменной мембраны получила подтверждения в теоретических и экспериментальных исследованиях авторов [1–3], что послужило основанием для дальнейшего усовершенствования характеристик топливных элементов и энергоустановок на их основе. В связи с этим, исследование факторов, влияющих на мгновенную и среднюю энергоэффективность топливных элементов в зависимости от величины нагрузки, приобретает актуальный характер.

Анализируя исследования, проведенные в работах [4–5], можно отметить значительные успехи при определении мгновенного значения энергоэффективности топливных элементов, однако по-прежнему актуальной является

проблема прогнозирования среднего значения энергоэффективности топливных элементов при заданной нагрузке. Одним из наиболее существенных сдерживающих факторов является необходимость учета многообразных процессов, возникающих при исследовании топливных элементов на основе протонообменной мембраны во всем рабочем диапазоне, что приводит к громоздким теоретическим расчетам. Аппроксимация экспериментальных данных, допущения и упрощения выражений могут привести к значительным погрешностям, что вызывает снижение достоверности полученных результатов.

С целью устранения перечисленных проблем предлагается использовать достаточно простой метод оценки исследования изменения средней энергоэффективности топливных элементов от заданной нагрузки на основе построения вольт-амперных характеристик. Выходные параметры топливных элементов на основе протонообменной мембраны оцениваются по вольт-амперным характеристикам, что позволяет с достаточной достоверностью оценить среднюю эффективность в виде функции состояния выходного сигнала в заданном режиме нагрузки. Вольт-амперная кривая, являясь важной характеристикой, дает возможность провести сравнительный анализ топливных элементов и различных способов их соединения.

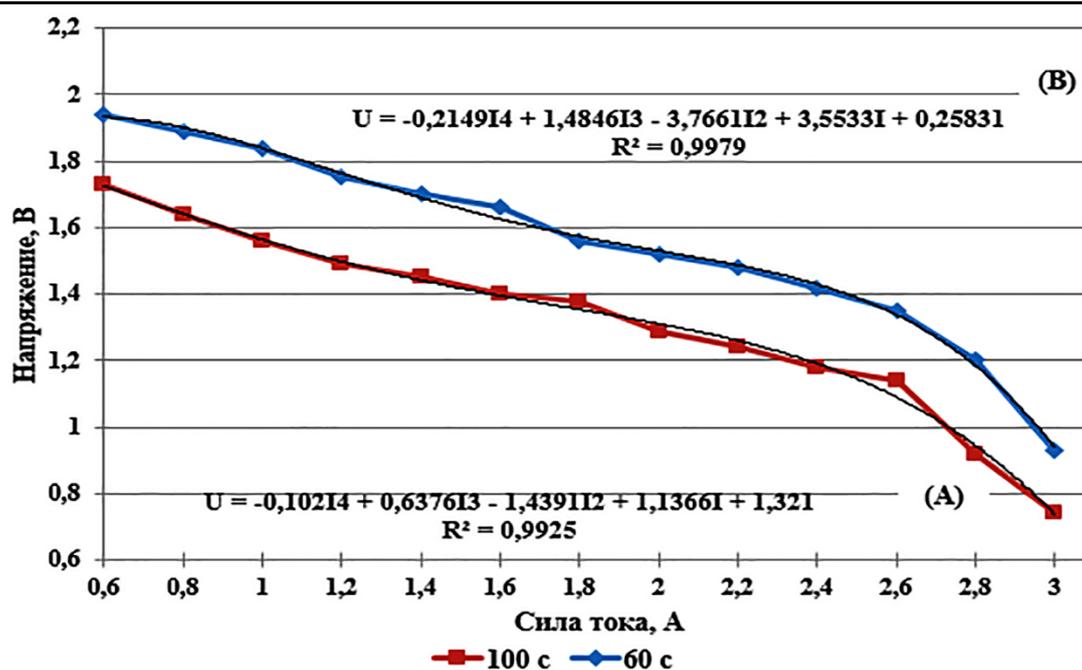
Экспериментальные исследования проводились на стенде «Водородная энергетика» Energy (рис. 1).



**Рисунок 1 – Внешний вид стенда «Водородная энергетика» Energy при определении значения напряжения на первой батарее топливного элемента**

Работоспособность топливных элементов обеспечивается поступлением необходимых реагентов: топлива – водорода и кислорода воздуха; отвода продуктов реакции. Стенд «Водородная энергетика» Energy позволяет при заданных значениях скорости вентиляторов, длительности продувки клапанов, задержки между продувками клапанов, режимов нагрузки фиксировать напряжение, мощность, мгновенное значение расхода водорода. Это позволяет исследовать работу системы, состоящей из двух последовательно и параллельно соединенных батарей топливных элементов на основе протонообменной мембраны. Теоретические исследования [4–5] показали, что размеры топливных элементов на основе протонообменной мембраны можно изменять в широком диапазоне, но на практике целесообразно применять модули, состоящие из последовательно либо параллельно соединенных топливных элементов.

В рамках проведенных экспериментальных исследований построены вольт-амперные характеристики при различных режимах нагрузки и способов соединения топливных элементов (рис. 2).



**Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики топливных батарей при последовательном соединении (А) и параллельном соединении (В) в режимах заданной продолжительности продувки клапанов**

**Выводы.** Анализ исследуемых зависимостей показывает, что в заданном режиме нагрузки при последовательном соединении двух топливных элементов напряжение увеличивается более чем на 46 %. Применяя параллельное соединение двух топливных элементов, напряжение изменяется незначительно.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют проанализировать влияние нагрузки и расхода топлива на значения эффективности топливной батареи.

#### Список источников

1. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 11. С. 180–185.
2. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка технологического процесса перевозок бобовых культур // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 58–59.
3. Кривуца З. Ф. Исследование топливной экономичности автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении предприятий АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 107–110.
4. Снижение энергетических затрат транспортных средств за счет термоэлек-

трического переноса энергии / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 133–139.

5. Кривуца З. Ф., Двойнова Н. Ф. Оценка вольт-амперным методом эффективности солнечных панелей // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 110–115.

## References

1. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Energeticheskaya ocenka transportno-tekhnologicheskogo obespecheniya proizvodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Energy assessment of transport and technological support of agricultural production]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2011; 11: 180–185 (in Russ.).

2. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Energeticheskaya ocenka tekhnologicheskogo processa perevozok bobovyh kul'tur [Energy assessment of the technological process of transportation of legumes]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex*, 2014; 1: 58–59 (in Russ.).

3. Krivutsa Z. F. Issledovanie toplivnoj ekonomichnosti avtomobilej v transportno-tekhnologicheskom obespechenii predpriyatij APK [Research of fuel efficiency of cars in the transport and technological support of agricultural enterprises]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014; 3: 107–110 (in Russ.).

4. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Snizhenie energeticheskikh zatrat transportnyh sredstv za schet termoelektricheskogo perenosa energii [Reduction of energy costs of vehicles due to thermoelectric energy transfer]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 133–139), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

5. Krivutsa Z. F., Dvoynova N. F. Ocenka vol't-ampernym metodom effektivnosti solnechnykh panelej [Evaluation of the efficiency of solar panels by the volt-ampere method]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*., Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. PP. 110–115 (in Russ.).

© Кривуца З. Ф., Сергеева В. В., Двойнова Н. Ф., 2022

Статья поступила в редакцию 17.11.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 17.11.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.3

EDN DTNEUV

DOI 10.22450/9785964205777\_111

## Электромобильный транспорт и зарядная инфраструктура

Наталья Владимировна Середа<sup>1</sup>, старший преподаватель

Мансур Магомедрасулович Абдулаев<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Дагестанский государственный технический университет

Республика Дагестан, Махачкала, Россия

<sup>1</sup> [nwsereda@mail.ru](mailto:nwsereda@mail.ru), <sup>2</sup> [mansur.abdulaev.02@mail.ru](mailto:mansur.abdulaev.02@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена динамика развития производства электромобилей. Показан принцип работы их двигателей. Исследовано влияние расширения использования электромобилей на окружающую среду. Обосновано, что применение менее изнашивающихся и трущихся деталей в двигателе электромобиля, существенно сокращает затраты на его текущий ремонт.

**Ключевые слова:** электромобиль, экологичность, аккумулятор, зарядная станция, эффективность электромобилей

**Для цитирования:** Середа Н. В., Абдулаев М. М. Электромобильный транспорт и зарядная инфраструктура // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 111–115.

Original article

## Electric vehicle transport and charging infrastructure

Natalya V. Sereda<sup>1</sup>, Senior Lecturer

Mansur M. Abdulaev<sup>2</sup>, Student

<sup>1,2</sup> Dagestan State Technical University, Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

<sup>1</sup> [nwsereda@mail.ru](mailto:nwsereda@mail.ru), <sup>2</sup> [mansur.abdulaev.02@mail.ru](mailto:mansur.abdulaev.02@mail.ru)

**Abstract.** The dynamics of the development of the production of electric vehicles is considered. The principle of operation of their engines is shown. The influence of the expansion of the use of electric vehicles on the environment is investigated. It is proved that the use of less wearing and rubbing parts in the electric vehicle engine significantly reduces the cost of its current repair.

**Keywords:** electric vehicle, environmental friendliness, battery, charging station, efficiency of electric vehicles

**For citation:** Sereda N. V., Abdulaev M. M. Elektromobil'nyj transport i zaryadnaya infrastruktura [Electric vehicle transport and charging infrastructure]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 113–117 (in Russ.).

**Электромобили и их влияние на окружающую среду.** Ключевым преимуществом электромобилей перед другими видами автомобилей является их экологичность. На первый взгляд, при переходе на эти автомобили не будет никаких вредных выбросов в атмосферу, но если учесть весь цикл жизни автомобилей, становится ясно, что есть минимум два фактора, которые лишают этот вид транспорта статуса «экологически чистого».

Первый фактор – при зарядке электромобиля он питается от электростанций, находящихся в этом районе, одной из которых может оказаться тепловая электрическая станция. Электричество из этой станции заряжает машину, а для ее получения сжигается горючее топливо. Следовательно, является целесообразным использовать этот вид транспорта в районах с иным типом электростанций.

Второй и более весомый фактор – для производства машин с электрическим двигателем в атмосферу выбрасывается в два раза больше вредных веществ, что связано с повышенным энергопотреблением ввиду технологических причин. Ученые выяснили, что производство одного такого автомобиля тратит энергию, эквивалентную одной тысячи литров бензина. Такого количества топлива обычной машине на двигателе внутреннего сгорания хватит на полный период ее эксплуатации. Основная часть этой энергии тратится на производство аккумуляторов. Основные элементы аккумуляторов производятся из лития, опасных и ядовитых соединений никеля, меди, алюминия и кобальта.

Сочетания этих веществ гораздо опаснее, чем вредные выбросы от автомобилей на традиционном двигателе.

Более того, срок службы таких аккумуляторов не более 5–6 лет, и из-за этого на первый план также выходит проблема их утилизации. Для извлечения металла требуется в несколько раз больше энергии, чем при производстве, что также увеличивает генерацию на электростанциях, при этом данная процедура трудоемкая, дорогая и сложная. Вес таких аккумуляторов примерно 400 кг, а вес электромобиля будет немногим больше, чем вес автомобиля на двигателе внутреннего сгорания с такими же характеристиками.

**Необходимость производства электромобилей в России.** Использование электромобилей позволит снизить количество вредных выбросов в атмосферу, благодаря тому, что в нашей стране работают разные виды электростанций. Ремонт электродвигателей обходится дешевле, чем ремонт двигателей внутреннего сгорания (в этом типе двигателя более 500 двигающихся частей).

Сегодня топливо растет в цене, а двигатели внутреннего сгорания становятся ненадежными, учитывая, что их коэффициент полезного действия не достигает 40 % (в то время как у электродвигателя он равен 95 %). Также повышаются требования по экологичности автомобилей на двигателях внутреннего сгорания. При данной ситуации покупка электромобиля выглядит более выгодным и комфортным предложением, ведь такой автомобиль оснащается всеми возможными датчиками контроля безопасности и управления (ABS, системы контроля полосы и приближения препятствий), система автопилота и контроля полосы.

**Зарядка электромобиля.** Заправочные (зарядные) станции для автомобилей на электрическом двигателе имеют четыре уровня скорости зарядки:

- 1) от 1 кВт – обычная розетка в доме; время зарядки – примерно 20 часов;
- 2) от 5 кВт – специализированные зарядные устройства (обычно продаются вместе с электромобилем); время зарядки – приблизительно 4 часа;

3) от 80 кВт – специализированные станции для быстрой зарядки; время зарядки – примерно 40 минут;

4) от 120 кВт – на сегодняшний день устанавливаются производителями электромобилей; время зарядки – приблизительно 20 минут.

Зарядные станции 3 и 4 уровней более сложные и дорогие, а станция первого уровня почти бесплатна. Как и на заправках, зарядные станции практикуют самообслуживание и требуют меньше эксплуатационных затрат, чем бензиновые заправки. С таких зарядных станций, которые подключены к общей энергосистеме, взимается плата за потребление электроэнергии, которая, в свою очередь, используется для компенсации затрат на улучшение электрических коммуникаций. Станция высокого уровня будет взимать большую плату за пиковую нагрузку, чем станция низкого уровня. Однако зарядные станции будут обходиться дороже, чем медленная зарядка от обычной розетки. Следовательно, большинство владельцев таких автомобилей, скорее всего, будут использовать домашние зарядные станции, когда это возможно.

Еще одним преимуществом таких зарядных станций является то, что их можно размещать в городе, а не на окраине, как это требуется от бензиновых заправок.

Бюджетные электромобили являются выгодными для перемещения в пределах города, позволяют экономить в три раза, по сравнению с автомобилями на двигателе внутреннего сгорания. Кроме того, они гораздо более экологически чистый вид транспорта, что позволяет размещать зарядные станции на территории города, соответственно, электромобили можно уверенно включать в программу каршеринга.

Для развития инфраструктуры зарядных станций нужна поддержка государства, необходимо создать более выгодные условия для покупки и использования электромобилей; решить проблемы по производству аккумуляторов и

их утилизации. В частности, разработана Концепция развития электротранспорта в России до 2030 г. Например, в Москве выделено 130 млн. рублей на развитие сети быстрых зарядных станций для электромобилей; планируется установить 600 быстрых зарядок.

**Выводы.** Электротранспорт начинает развиваться в России быстрыми темпами, но это возможно только при государственной поддержке. Также необходимо решить многие вопросы, связанные с налогообложением, для того, чтобы облегчить финансовое бремя автомобильных компаний и фирм, занимающихся эксплуатацией электромобилей.

© Серeda Н. В., Абдулаев М. М., 2022

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.365.5: 631.172

EDN DVCCRC

DOI 10.22450/9785964205777\_116

### **Сверхвысокочастотная электротехнологическая установка для микроволновой обработки биологических субстратов**

**Мидхат Ильфатович Тухватуллин**, кандидат технических наук, доцент  
Башкирский государственный аграрный университет  
Республика Башкортостан, Уфа, Россия, [midhat.tuhvatullin@mail.ru](mailto:midhat.tuhvatullin@mail.ru)

*Аннотация.* В статье предложена конструкция сверхвысокочастотная электротехнологической установки для микроволновой обработки биологических субстратов. Представлены структурные схемы конструкций данной установки.

*Ключевые слова:* рабочая камера, СВЧ электромагнитное поле, модификация, субстрат, установка

*Для цитирования:* Тухватуллин М. И. Сверхвысокочастотная электротехнологическая установка для микроволновой обработки биологических субстратов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 116–120.

Original article

### **Microwave electrotechnological installation for microwave processing of biological substrates**

**Midkhat I. Tuhvatullin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia  
[midhat.tuhvatullin@mail.ru](mailto:midhat.tuhvatullin@mail.ru)

*Abstract.* The article proposes the design of a microwave electrotechnological installation for microwave processing of biological substrates. Structural diagrams of the structures of this installation are presented.

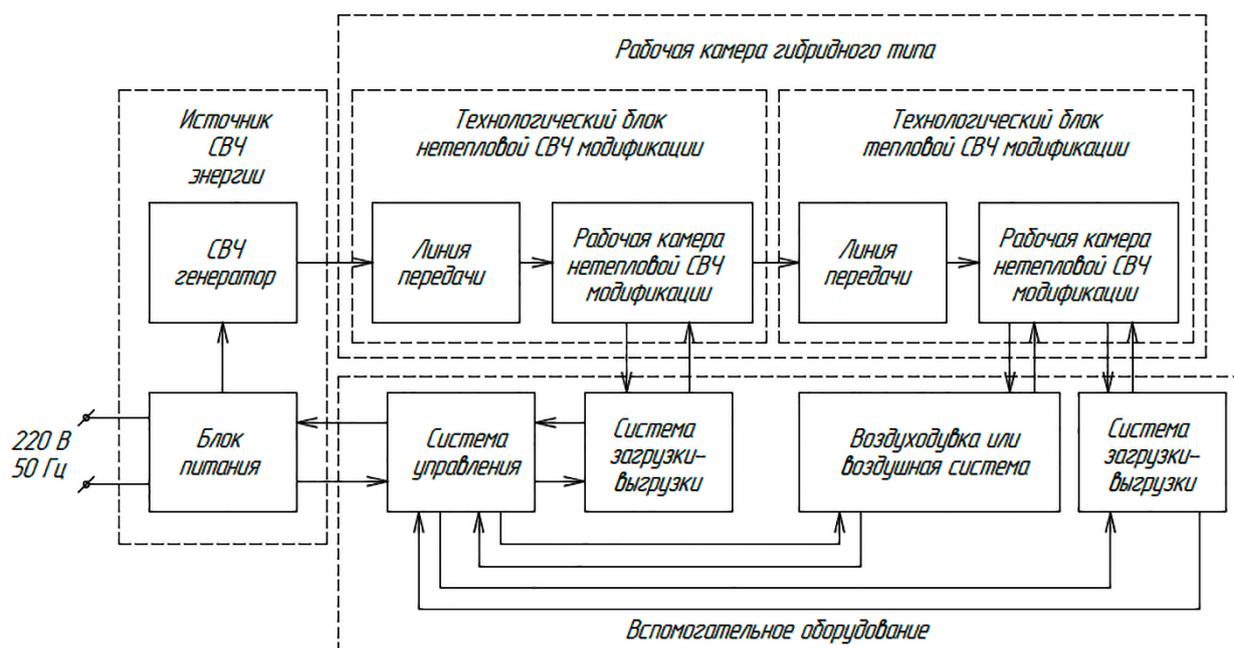
*Keywords:* working chamber, microwave electromagnetic field, modification, substrate, installation

*For citation:* Tuhvatullin M. I. Sverhvysohochastotnaya elektrotekhnologicheskaya ustanovka dlya mikrovolnovoj obrabotki biologicheskikh substratov [Microwave electrotechnological installation for microwave processing of biological substrates]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex:

*Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference., Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 116–120. (in Russ.).*

В данной работе предложена структура СВЧ электротехнологической установки с камерой гибридного типа для микроволновой обработки биологических субстратов, реализующая одновременно нетепловую СВЧ модификацию поликапроамидного материала и тепловую СВЧ модификацию биологического субстрата.

Структурная схема СВЧ установки для микроволновой обработки биологических субстратов приведена на рисунке 1.

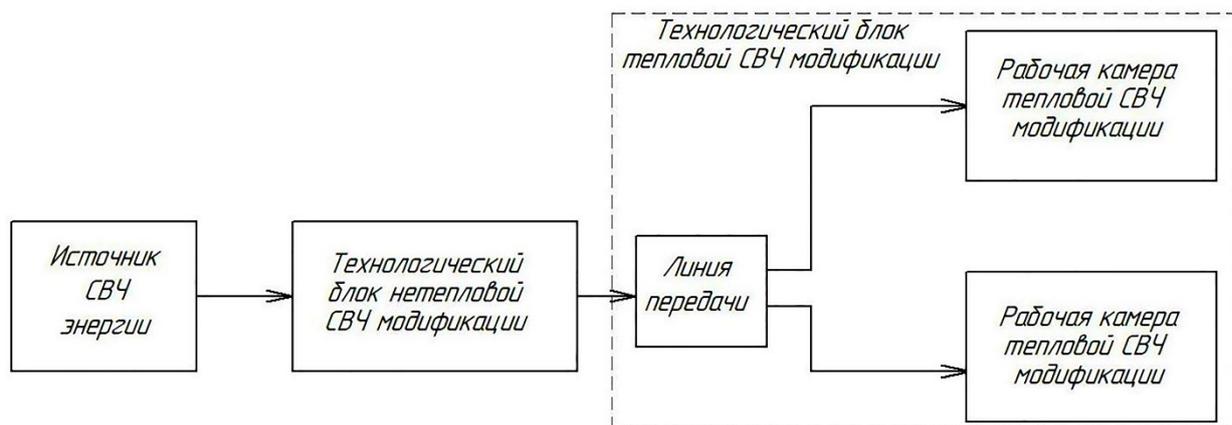


**Рисунок 1 – Структурная схема установки для микроволновой обработки биологических субстратов**

В данной установке возможно одновременно проводить нетепловую СВЧ модификацию поликапроамидного материала и тепловую СВЧ модификацию биологического субстрата.

Если же на вход рабочей камеры тепловой СВЧ модификации поступает СВЧ мощность, превышающая необходимую для тепловой СВЧ модификации

биологического субстрата, то линия передачи технологического блока тепловой СВЧ модификации должна поделить пришедшую СВЧ мощность так, чтобы эта СВЧ мощность была истрачена на тепловую СВЧ модификацию (рис. 2).



**Рисунок 2 – Структурная схема установки с двумя рабочими камерами тепловой СВЧ модификации**

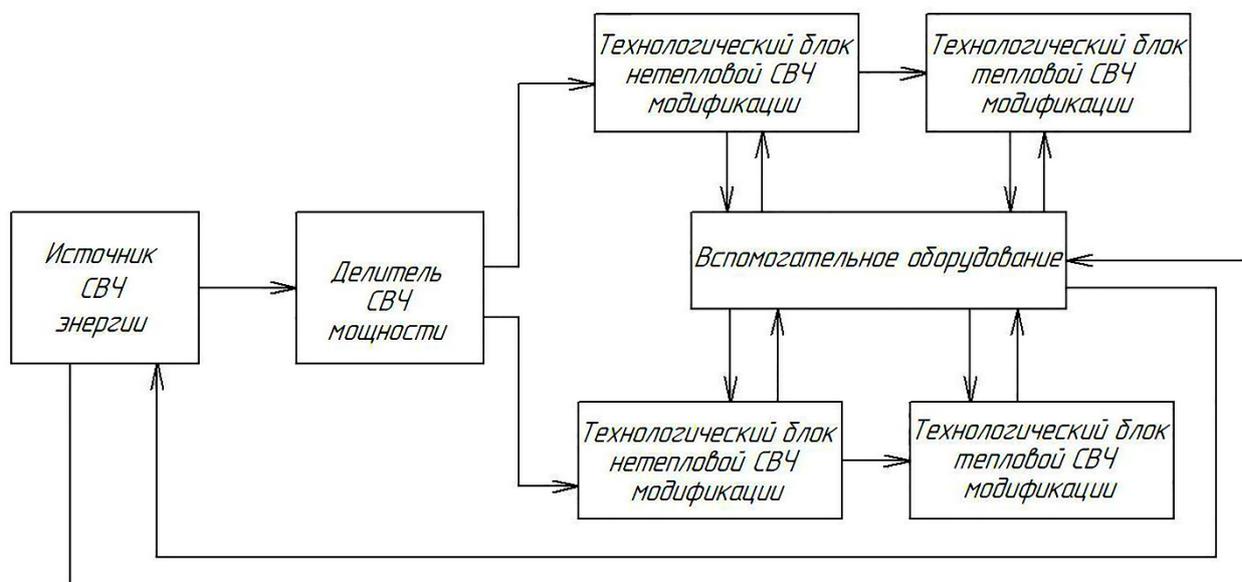
Установка с такой структурой может выпускать два или три вида продукции [1].

Если же источник СВЧ энергии генерирует СВЧ мощность, значительно превышающую нужную для нетепловой СВЧ модификации поликапроамидного материала, то на входе технологического блока нетепловой СВЧ модификации должен быть делитель СВЧ мощности, обеспечивающий подачу СВЧ мощности во второй технологический блок нетепловой СВЧ модификации того же или другого поликапроамидного материала с дальнейшим поступлением СВЧ мощности во второй технологический блок тепловой СВЧ модификации того же или другого биологического субстрата (рис. 3).

В данной установке могут одновременно обрабатываться два, три или четыре разные вида биологических субстратов.

Так как нетепловая СВЧ модификация поликапроамидных нитей длится несколько секунд, рабочая камера должна работать в методическом режиме. Если же рабочая камера установки будет работать в периодическом режиме,

это повлечет высокий процент начального и конечного брака материала, так как данный режим потребует частого включения и выключения источника СВЧ энергии [2].



**Рисунок 3 – Структурная схема установки с четырьмя технологическими блоками**

Предложена конструкция СВЧ электротехнологической установки с рабочей камерой гибридного типа для микроволновой обработки биологических субстратов, позволяющая проводить одновременно нетепловую СВЧ модификацию поликапроамидного материала и тепловую СВЧ модификацию биологических субстратов. Это удешевляет производство той же товарной продукции в сравнении с отдельными установками с нетепловой и тепловой СВЧ модификациями.

*Применение установки позволит при пониженной энергоемкости получать сельскохозяйственную продукцию с улучшенными качествами, расширить функциональные возможности использования оборудования как для предприятий семеноводства, так и сельскохозяйственных предприятий, а также для обработки поликапроамидных нитей, используемых в качестве шовного материала в ветеринарии.*

**Список источников**

1. Добродум А. С., Архангельский Ю. С. СВЧ электротехнологические установки с гибридными камерами // Вопросы электротехнологии. 2017. № 3. С. 16–22.
2. Архангельский Ю. С., Калганова С. Г., Яфаров Р. К. Измерения в СВЧ электротехнологических установках : монография. Саратов : Амирит, 2018. 322 с.

**References**

1. Dobrodum A. S., Arkhangelsk Yu. S. SVCH elektrotekhnologicheskie ustanovki s gibridnymi kamerami [Microwave electrotechnological installations with hybrid cameras]. *Voprosy elektrotekhnologii. – Issues of Electrical Technology*, 2017; 3: 16–22 (in Russ.).
2. Arkhangelsky Yu. S., Kalganova S. G., Yafarov R. K. *Izmereniya v SVCH elektrotekhnologicheskikh ustanovkakh: monografiya* [Measurements in microwave electrotechnological installations: monograph], Saratov, Amirit, 2018, 322 p. (in Russ.).

© Тухватуллин М. И., 2022

Статья поступила в редакцию 13.11.2022; одобрена после рецензирования 23.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 23.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

**МЕХАНИЗАЦИЯ И  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕ**

Научная статья

УДК 637.116

EDN FQBMDU

DOI 10.22450/9785964205777\_122

**К разработке устройства для доения коров  
на универсальной доильной станции УДС-3Б**

**Владимир Иванович Борозенцев**, кандидат технических наук, доцент  
Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина  
Белгородская область, Белгород, Россия, [borozensev\\_v@mail.ru](mailto:borozensev_v@mail.ru)

*Аннотация.* В статье обоснована необходимость разработки устройства для доения коров применительно к универсальной доильной станции типа «УДС». Предложена новая конструкция устройства для доения, обеспечивающая автоматизацию заключительных операций машинного доения, в зависимости от интенсивности выведения молока в целом по вымени: машинное додаивание; отключение и снятие доильных стаканов с сосков вымени коров.

*Ключевые слова:* корова, устройство для доения, вакуум, доильный стакан, механизм додаивания, пневмоцилиндр, молоко, коллектор

*Для цитирования:* Борозенцев В. И. К разработке устройства для доения коров на универсальной доильной станции УДС-3Б // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 122–128.

Original article

**To develop a device for milking cows  
at the universal milking station UDS-3B**

**Vladimir I. Borozentsev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin  
Belgorod region, Belgorod Russia, [borozensev\\_v@mail.ru](mailto:borozensev_v@mail.ru)

*Abstract.* The article substantiates the need to develop a device for milking cows in relation to a universal milking station, such as "UDS". A new design of the milking device is proposed, which provides automation of the final operations of machine milking, depending on the intensity of milk excretion in the whole udder: machine milking; disconnecting and removing milking cups from cow udder teats.

*Keywords:* cow, milking device, vacuum, milking cup, milking mechanism, pneumatic cylinder, milk, collector

**For citation:** Borozentsev V. I. K razrabotke ustrojstva dlya doeniya korov na universal'noj doil'noj stancii UDS-3B [To develop a device for milking cows at the universal milking station UDS-3B]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 122–128), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. (P. 122–128 (in Russ.).

Молочная продуктивность животных зависит от многих факторов, таких как селекция, кормление, технологии содержания и др. При этом немаловажное значение имеет используемое доильное оборудование.

Оператор машинного доения, при доении животных на неавтоматизированных доильных установках, обслуживая одновременно несколько доильных аппаратов (три или четыре), не всегда, по различным причинам, может своевременно выполнить заключительные операции машинного доения и тем самым невольно допускает «сухое» доение.

Многие ученые, на основании исследований, утверждают, что машинное доение является одной из основных причин заболевания коров маститом, а именно передержка доильных аппаратов на вымени, снижающая годовой надой до 10–12 % [1].

Отмечено, что передержка доильных аппаратов на сосках вымени происходит в среднем у 32,8 % животных, доение которых осуществляется на неавтоматизированных доильных установках [2].

Автоматы доения, применяемые на автоматизированных доильных установках, наиболее полно соответствуют морфо-функциональным свойствам вымени коров, вследствие автоматического выполнения заключительных операций машинного доения. Однако они не выполняют машинное додаивание [3].

Следует заметить, что многочисленными исследованиями по определению функциональных свойств вымени животных установлено, что при окончании доения, внутривыменное давление снижается, и происходит наползание доильных стаканов на доли вымени, то есть перекрытие молочного протока,

соединяющего цистерну вымени и цистерну соска. Поэтому введение в алгоритм управления машинного додаивания, своевременно устраняет перекрытие молочного протока и тем самым обеспечивается полнота выдаивания [4, 5].

Некоторые хозяйства практикуют в весенне-летний период беспривязное пастбищное содержание животных, применяя для доения коров универсальные доильные станции УДС-3Б.

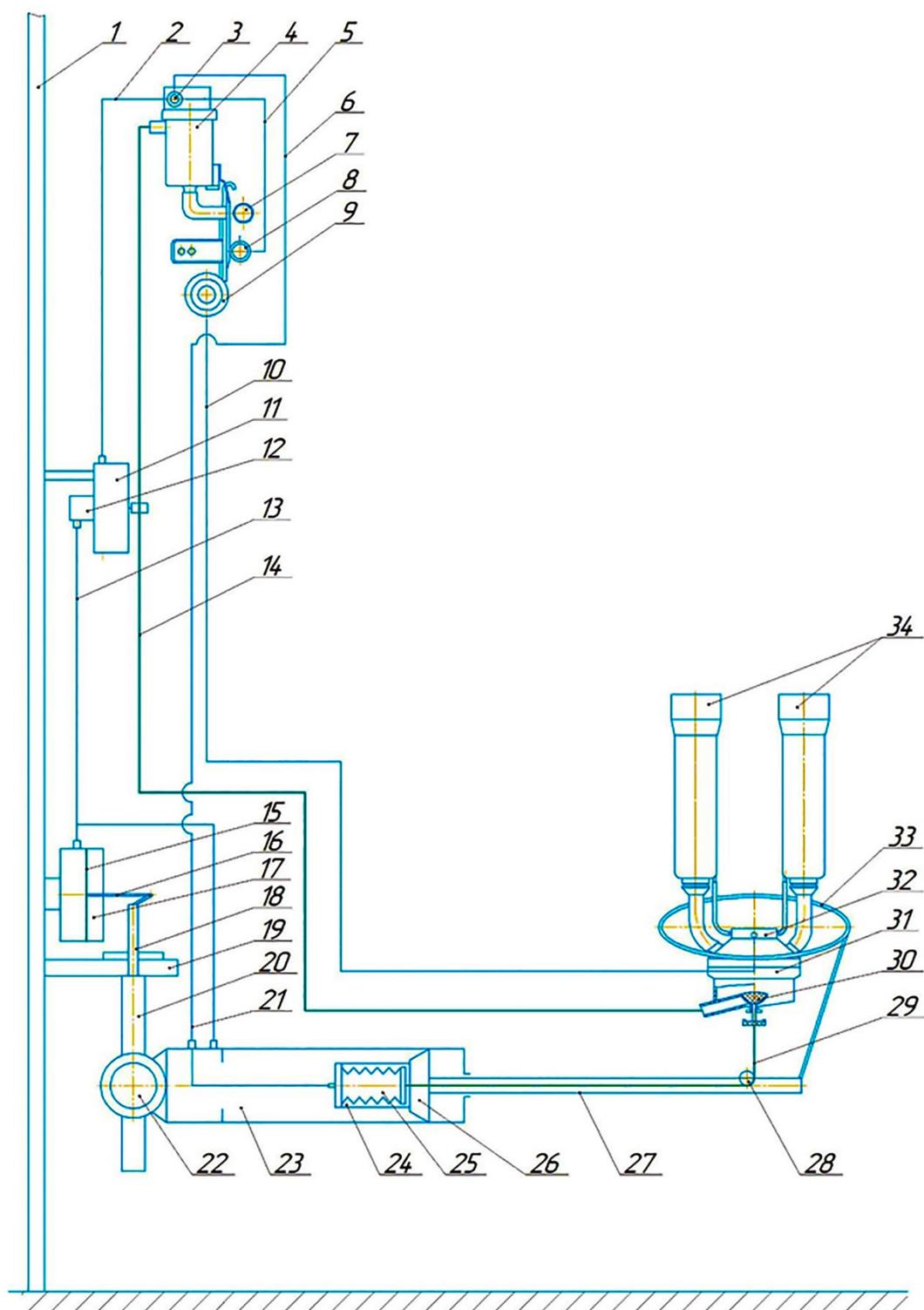
*В статье предлагается разработанное устройство для доения, применительно к универсальной доильной станции УДС-3Б, обеспечивающее машинное додаивание в зависимости от интенсивности молоковыведения в целом по вымени, в сторону естественного направления сосков, обеспечивая равномерное усилие их оттягивания и снятие доильных стаканов [6, 7].*

Разработанное устройство для доения включает в себя датчик потока молока 4, который соединен с молокопроводом 7 и молочным шлангом 14 с коллектором 31 доильного аппарата (рис. 1).

Несущая часть устройства выполнена в виде пневмоцилиндра 23 к поршню 26 которого прикреплен держатель 27, на конце которого прикреплен улавливатель 33 доильных стаканов 34. Держатель 27 выполнен в виде трубы квадратного сечения. Механизм додаивания 24 прикреплен к поршню 26, выполнен в виде гофры 25. Причем свободным концом гофра 25 соединена с коллектором 31 через полый держатель 27 и шкив 28.

Пневмоцилиндр 23 прикреплен к стойке 20, с возможностью изменения положения доильных стаканов 34 в вертикальной плоскости с помощью механизма регулировки 22. Стойка 20 установлена в опоре 19, с возможностью проворота. Вал 18 стойки 20 соединен тягой 16 с мембраной 15 пневмокамеры 17.

Распределитель 3 датчика потока молока 4 соединен: вакуумшлангом 5 с вакуумпроводом 8; вакуумшлангом 6 с гофрой 25 механизма додаивания 24; вакуумшлангом 2 с пневмозажимом 11. Клапан 12 пневмозажима 11 вакуумшлангом 13 соединен с пневмокамерой 17 и пневмоцилиндром 23.



1, 20 – стойка; 2, 5, 6, 10, 13, 21 – вакуумный шланг; 3 – распределитель; 4 – датчик потока молока; 7 – молокопровод; 8 – вакуумпровод; 9 – пульсатор; 11 – пневмозажим; 12 – клапан; 14 – шланг молочный; 15 – мембрана; 16 – тяга; 17 – пневмокамера; 18 – вал; 19 – опора; 22 – механизм регулировки; 23 – пневмоцилиндр; 24 – механизм додаивания; 25 – гофра; 26 – поршень; 27 – держатель; 28 – шкив; 29 – трос; 30 – клапан; 31 – коллектор; 32 – распределитель переменного вакуума; 33 – улавливатель; 34 – доильный стакан

**Рисунок 1 – Устройство для доения**

**Принцип работы заключается в следующем.** Оператор машинного доения датчик потока молока 4 подсоединяет к молокопроводу 7 и вакуумпроводу 8; подводит доильные стаканы 34 под вымя животного, перемещая поршень 26 с держателем 27 на требуемую величину и устанавливает их на доли вымени.

В зависимости от положения вымени относительно пола станка, оператор перемещает по стойке 20 с помощью механизма регулировки 22 пневмоцилиндр 23 с доильными стаканами 34, и изменяет их положение по высоте.

При доении молоко по молочному шлангу 14 от доильных стаканов 34 поступает в датчик потока молока 4 и далее в молокопровод 7.

При снижении интенсивности потока молока до 550–600 мл/мин., происходит опускание поплавка, который проворачивает посредством тяги золотник (на рисунке не показан) распределителя 3, и вакуум от распределителя по вакуумшлангу 5 поступает в гофру 25 механизма додаивания 24. При этом гофра 25 сжимается и перемещает трос 29, который через коллектор 31 оттягивает доильные стаканы 34, с усилием 28 Н (в соответствии с зоотехническими требованиями), то есть выполняется машинный додой.

Если при этом интенсивность молоковыведения возрастает, то происходит отключение механизма додаивания 24 от вакуума. При дальнейшем снижении потока молока до 550–600 мл/мин., вновь включается режим машинного додая.

При окончании доения, когда поток молока, в целом по вымени, снизится до 200 мл/мин., поплавок опускается на дно молоколовушки датчика потока молока 4, проворачивая через тягу золотник распределителя 3, который сообщает пневмозажим 11 посредством вакуумшланга 2 с вакуумпроводом 7. При поступлении вакуума в пневмозажим 11 происходит пережатие молочного шланга 14, и поступление вакуума из молокопровода 7 в подсосковые камеры

доильных стаканов прекращается. При этом вакуум от пневмозажима 11 поступает в клапан 12 и от него по вакуумшлангу 13 одновременно поступает:

1) в пневмоцилиндр 23; при этом поршень 26 перемещается влево, увлекая за собой держатель 27 с доильными стаканами 34, и тем самым снимает их с сосков вымени;

2) в пневмокамеру 17; при этом происходит прогибание ее мембраны 15, которая перемещает тягу 16, и тем самым проворачивает вал 18 со стойкой 20.

При провороте стойки 20 также проворачивается пневмоцилиндр 23 с доильными стаканами 34, то есть происходит их вывод за пределы доильного станка, чтобы не препятствовать заходу в станок следующего животного.

С целью безболезненного снятия доильных стаканов с вымени, то есть для обеспечения в их подсосковых камерах давления до атмосферного, в момент их снятия, в управление устройством для доения включен клапан 12, который обеспечивает задержку поступления вакуума в пневмокамеру 17 и пневмоцилиндр 23.

***Применение разработанных устройств для доения позволит повысить продуктивность животных и снизить заболеваемость вымени маститом.***

#### **Список источников**

1. Кудрин М. Р. Морфофункциональные свойства вымени коров и их молочная продуктивность // Аграрная Россия. 2006. № 4. С. 12–14.
2. Велиток И. Г. Физиология молокоотдачи при машинном доении. Новосибирск : Западно-Сибирской книжное издательство, 1996. 87 с.
3. Юлдашев Ф. Ф. Эффективность зарубежных манипуляторов доения коров // Международный сельскохозяйственный журнал. 2005. № 5. С. 55–57.
4. Бойнович М. К., Линьков Н. С. Элементы автоматизации доения коров // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 19–21.
5. Борозенцев В. И., Ужик В. И. К разработке алгоритма действия автомата доения коров // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 4. С. 15–17.
6. Ужик В. Ф., Борозенцев В. И. К обоснованию конструктивных параметров автомата доения // XI Международный симпозиум по машинному доения

---

коров сельскохозяйственных животных. Казань, 2003. С. 49–54.

7. Патент № 2189737 Российская Федерация. Мобильный автомат доения коров : № 2000114413 : заявл. 05.06.2000 : опубл. 27.09.2002 / Пономарев А. Ф., Ужик В. Ф., Борозенцев В. И., Ульяновцев Ю. Н. Бюл. № 9. 11 с.

### References

1. Kudrin M. R. Morfofunkcional'nye svoystva vymeni korov i ih molochnaya produktivnost' [Morphofunctional properties of cow udders and their milk productivity]. *Agrarnaya Rossiya. – Agrarian Russia*, 2006; 4: 12–14 (in Russ.).

2. Velitok I. G. *Fiziologiya molokootdachi pri mashinnom doenii [Physiology of milk production during machine milking]*, Novosibirsk, Zapadno-Sibirskoj knizhnoe izdatel'stvo, 1996, 87 p. (in Russ.).

3. Yuldashev F. F. Effektivnost' zarubezhnyh manipulyatorov doeniya korov [The effectiveness of foreign cow milking manipulators]. *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – International Agricultural Journal*, 2005; 5: 55–57 (in Russ.).

4. Boynovich M. K., Linkov N. S. Elementy avtomatizacii doeniya korov [Elements of automation of milking cows]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – Dairy and beef cattle breeding*, 2011; 1: 19–21 (in Russ.).

5. Borozentsev V. I., Uzhik V. I. K razrabotke algoritma dejstviya avtomata doeniya korov [To develop an algorithm for the operation of a cow milking machine]. *Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – Machinery in agriculture*, 2002; 4: 15–17 (in Russ.).

6. Uzhik V. F., Borozentsev V. I. K obosnovaniyu konstruktivnyh parametrov avtomata doeniya [To substantiate the design parameters of the milking machine]. Proceedings from *XI Mezhdunarodnyj simpozium po mashinnomu doeniya korov sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh – XI International Symposium on machine milking of cows of farm animals*. (PP. 49–54), Kazan', 2003 (in Russ.).

7. Ponomarev A. F., Uzhik V. F., Borozentsev V. I., Ulyantsev Yu. N. Mobil'nyj avtomat doeniya korov [Mobile cow milking machine]. *Patent RF, No. 2189737 patenton.ru 2002* Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2189737C2\\_20020927](https://yandex.ru/patents/doc/RU2189737C2_20020927) (Accessed 02 October 2022) (in Russ.).

© Борозенцев В. И., 2022

Статья поступила в редакцию 22.11.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 22.11.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.354

EDN FXFXPJ

DOI 10.22450/9785964205777\_129

**Исследование уборки кукурузы  
в условиях АПК Амурской области в 2022 году**

**Иван Васильевич Бумбар**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор

**Алексей Алексеевич Кувшинов**<sup>2</sup>, кандидат технических наук

**Владимир Анатольевич Мунгалов**<sup>3</sup>, кандидат технических наук

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [bumbariv@outlook.com](mailto:bumbariv@outlook.com), <sup>2</sup> [pzrk\\_igla1992@mail.ru](mailto:pzrk_igla1992@mail.ru), <sup>3</sup> [mva.meh@mail.ru](mailto:mva.meh@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлен анализ хода уборки кукурузы на зерно в АПК Амурской области в 2022 году. Установлено, что процесс уборки занимает более 40 дней, причем он отличается большой неравномерностью ежедневно убираемой площади, а весь ход уборки характеризуется тремя характерными участками, начальный и конечный из которых имеют очень низкую производительность. Проведен анализ производительности обмолота кукурузы комбайнами Тусано 570.

**Ключевые слова:** кукуруза, зерноуборочный комбайн, уборка, Амурская область

**Для цитирования:** Бумбар И. В., Кувшинов А. А., Мунгалов В. А. Исследование уборки кукурузы в условиях АПК Амурской области в 2022 году // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 129–134.

Original article

**Study of corn harvesting  
in the conditions of the Amur region Agro-industrial complex in 2022**

**Ivan V. Bumbar**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Alexey A. Kuvshinov**<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences

**Vladimir A. Mungalov**<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [bumbariv@outlook.com](mailto:bumbariv@outlook.com), <sup>2</sup> [pzrk\\_igla1992@mail.ru](mailto:pzrk_igla1992@mail.ru), <sup>3</sup> [mva.meh@mail.ru](mailto:mva.meh@mail.ru)

**Abstract.** The article presents an analysis of the progress of harvesting corn for

grain in the Agro-industrial complex of the Amur region in 2022. It is established that the cleaning process takes more than 40 days, and it is characterized by a large unevenness of the area cleaned daily, and the entire course of cleaning is characterized by three characteristic sections, the initial and final of which have very low productivity. The analysis of corn threshing performance by Tucano 570 combines is carried out.

**Keywords:** corn, combine harvester, harvesting, Amur region

**For citation:** Bumbar I. V., Kuvshinov A. A., Mungalov V. A. Issledovanie uborki kukuruzy v usloviyah APK Amurskoj oblasti v 2022 godu [Study of corn harvesting in the conditions of the Amur region Agro-industrial complex in 2022]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vse-rossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 129–134 (in Russ.).

В 2022 г. в Амурской области кукурузой на зерно было засеяно 23 181 га. Уборка продолжалась более 40 дней.

Намолот в бункерном весе составил 143 тыс. т. Это рекордный показатель для нашей области. Средняя урожайность превысила 60 ц/га, что сравнимо с урожайностью в Российской Федерации (59,3 ц/га) [1].

Возделыванием зерновой кукурузы занимаются 14 территорий Амурской области. Наибольшие посевы имели Ивановский (4 337 га), Михайловский (4 269 га), Белогорский (3 851 га) и Тамбовский (2 714 га) районы. Наиболее высокая урожайность получена в Константиновском (78,6 ц/га), Архаринском (73,6 ц/га), Благовещенском (73,7 ц/га) и Ромненском (71,5 ц/га) районах. В таблице 1 и на рисунках 1–5 представлены основные показатели хода уборки кукурузы [2].

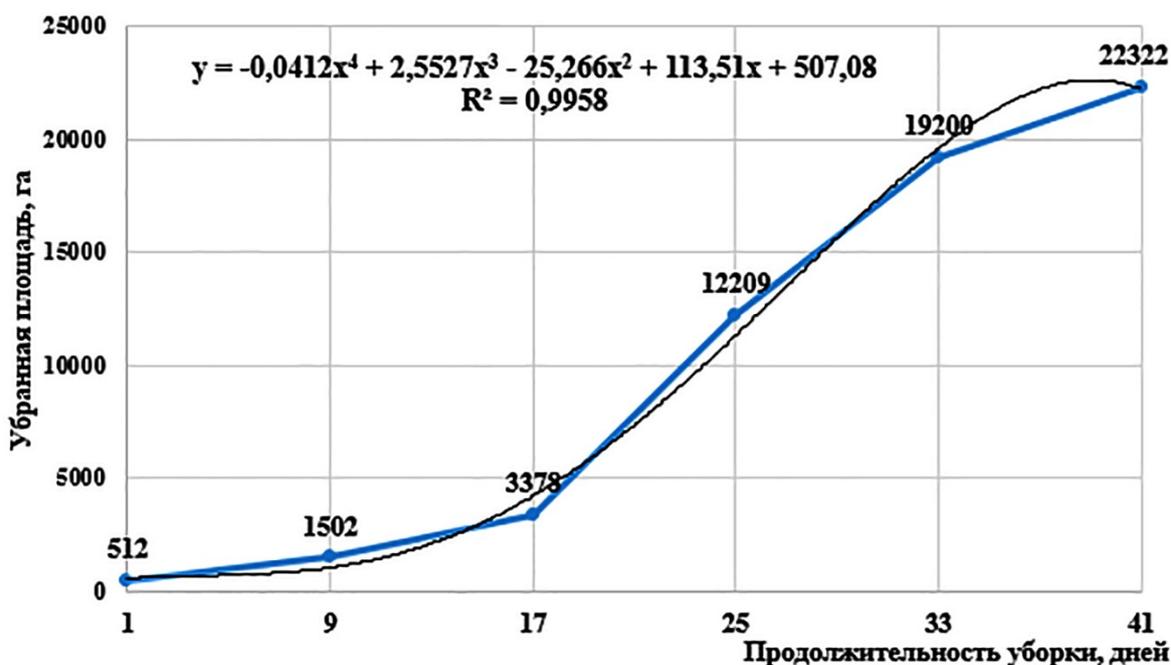
Возможности кукурузных жаток комбайнового парка позволяли максимально обмолачивать в день до 1 951 га при средней величине обмолачиваемой площади 605 га в день.

Уборка кукурузы на зерно была окончена 6 декабря. Конечные показатели: убранная площадь – 23 018 га; намолот – 144 983 тонн; урожайность –

63,0 ц/га; убранная площадь от начала уборки – 91,9 % [2].

**Таблица 1 – Значение основных показателей уборки кукурузы на зерно в АПК Амурской области в 2022 году**

Показатели	Величина показателей по датам					
	24.10	1.11	09.11	17.11	25.11	03.12
Продолжительность, дней	1	9	17	25	33	41
Убранная площадь, га	512	1 502	3 378	12 209	19 200	22 322
Намолот, т	3 168	9 255	20 074	74 451	118 505	143 142
Урожайность, ц/га	61,9	61,6	59,4	61,0	61,7	64,1
Уборочная площадь, га/день	432	120	882	921	670	нет данных
Убранная площадь от начала уборки, %	2,2	6,5	14,6	52,6	82,8	88,8



**Рисунок 1 – Динамика обмолота кукурузы в АПК Амурской области, га**

Наблюдается три характерных периода хода уборки кукурузы в АПК Амурской области в 2022 году:

Первый период – 17 дней (с 24 октября по 9 ноября) – величина показателя по ежедневно убираемой площади в среднем не превышает 190 га.

Второй период – 16 дней (с 10 ноября по 25 ноября) – в среднем ежедневно убираемая площадь составила 988 га или 70 % от всего объема убранной площади. Установлено, что 15 ноября убранная площадь составила 1 951 га в день.

Третий период – 8 дней (с 26 ноября по 3 декабря) характеризуется незначительным приростом (до 1 %) убираемой площади.

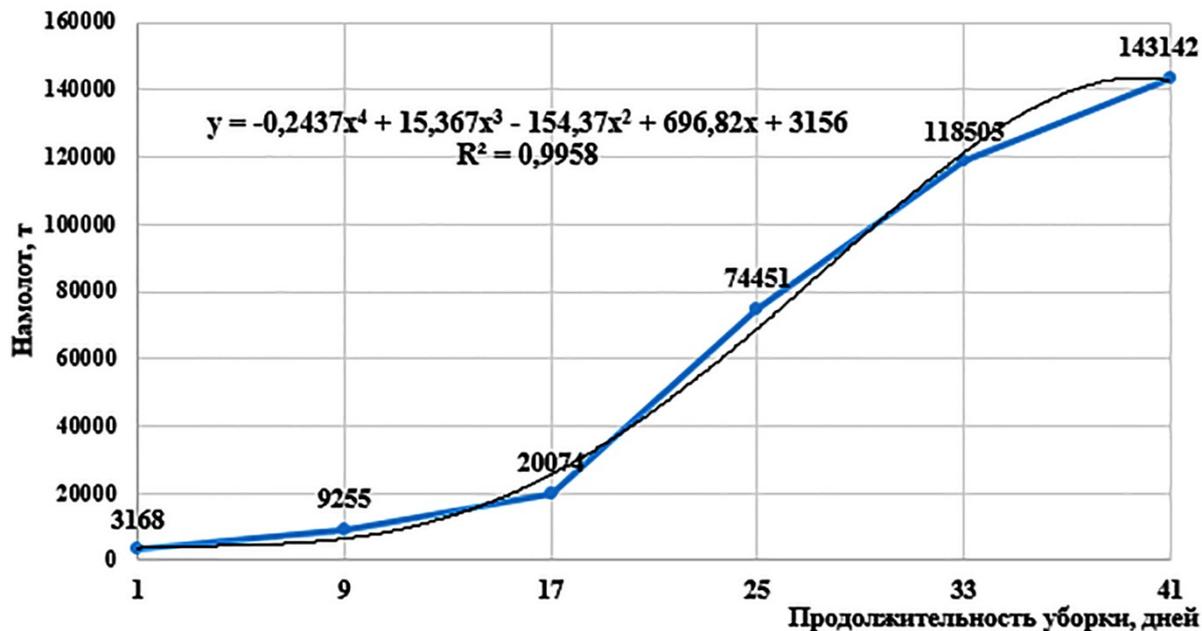


Рисунок 2 – Динамика намолота зерна кукурузы в Амурской области, т

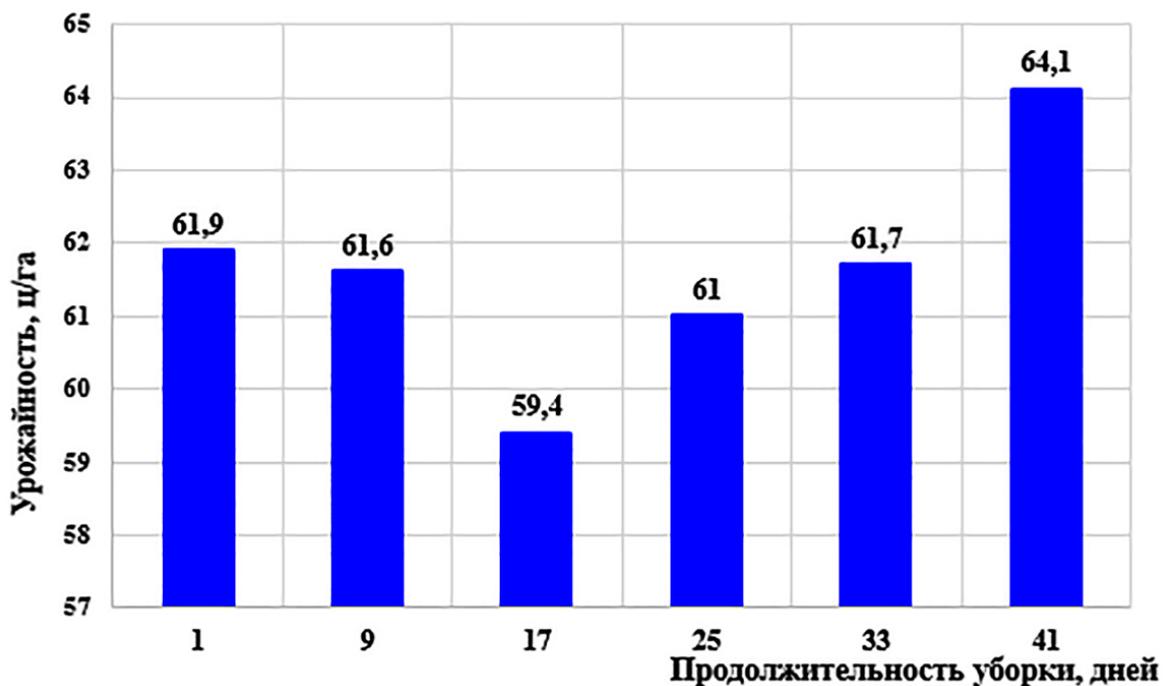


Рисунок 3 – Изменение урожайности кукурузы в период уборки, ц/га

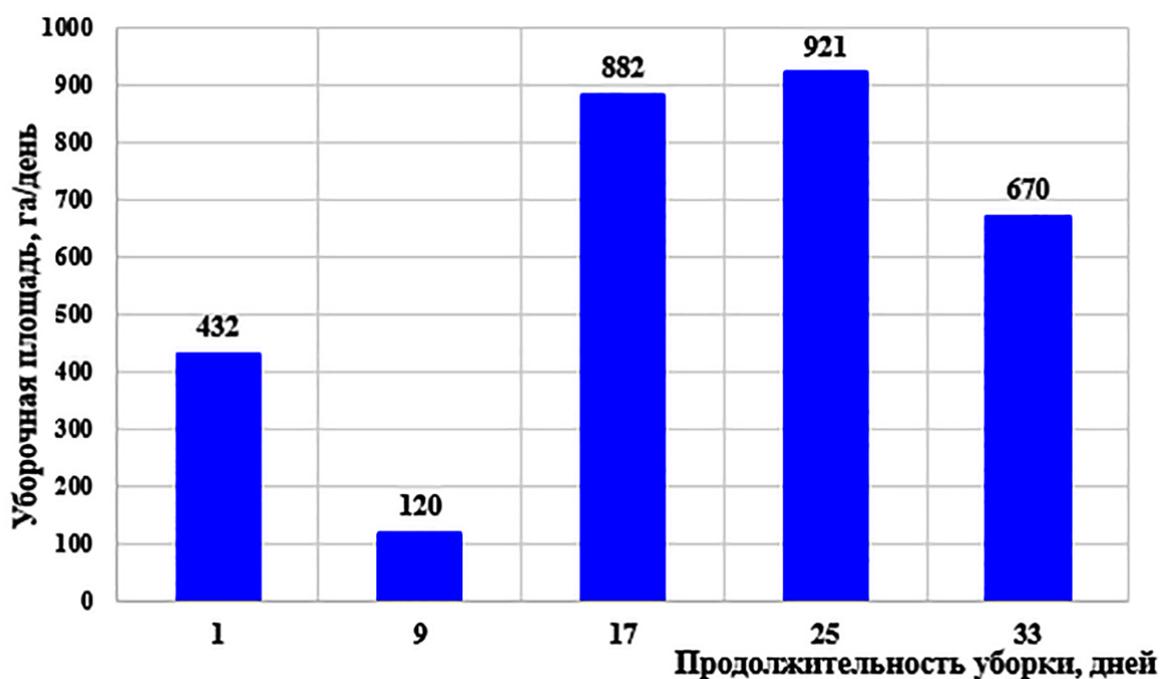


Рисунок 4 – Производительность комбайнов на уборке кукурузы в АПК Амурской области, га в день

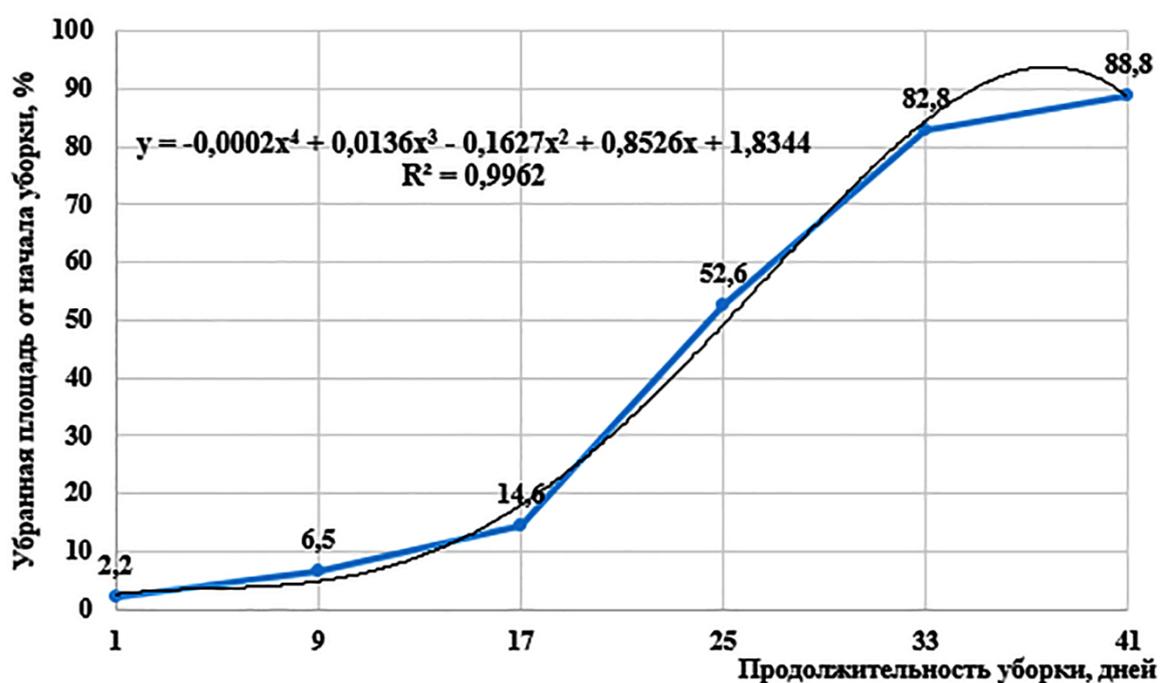


Рисунок 5 – Убранная площадь от начала уборки, %

Таким образом, важно выбрать оптимальные сроки уборки кукурузы, когда возможно будет избежать повышенного дробления зерна в зависимости от температуры [3].

**Заключение.** Зерновая кукуруза в АПК Амурской области в 2022 г. имела

различные показатели урожайности по районам (от 24,4 до 73,7 ц/га).

Уборка кукурузы продолжалась более 40 дней, а колебания ежедневной уборки находились в широких пределах (от 120 га до 1 951 га в день).

*Проведена оценка производительности уборки кукурузы шестью современными зерноуборочными комбайнами Тисано 570, оборудованных восьмьюрядными кукурузными жатками с шириной захвата 5,6 м, работавшими в Белогорском районе.*

*Эти комбайны убрали в среднем 17–20 га в день при намолоте от 144 до 180 тонн. Расчеты показывают, что наличие 135–150 таких комбайнов с жатками шириной захвата 5,6 м позволило бы убрать посевную площадь кукурузы в Амурской области (24 000–25 000 га) за период не более 10–12 дней, что соответствовало бы агротехническим требованиям и исключало обмолот кукурузы в морозный период.*

#### **Список источников**

1. Зерно : сайт. URL: <https://zerno.ru> (дата обращения: 06.12.2022).
2. Министерство сельского хозяйства Амурской области : сайт. URL: <https://agro.amurobl.ru> (дата обращения: 02.12.2022).
3. Кувшинов А. А., Бумбар И. В., Лонцева И. А. Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном в условиях Амурской области // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1.

#### **References**

1. Zerno [Grain]. *Zerno.ru* Retrieved from <https://zerno.ru> (Accessed 06 December 2022) (in Russ.).
2. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Amurskoj oblasti [Ministry of Agriculture of the Amur Region]. *Agro.amurobl.ru* Retrieved from <https://agro.amurobl.ru> (Accessed 02 December 2022) (in Russ.).
3. Kuvshinov A. A., Bumbar I. V., Lontseva I. A. Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy zernouborochnym kombajnom v usloviyah Amurskoj oblasti [Improvement of corn threshing by a combine harvester in the conditions of the Amur region]. *AgroEkoInfo*, 2018; 1 (in Russ.).

© Бумбар И. В., Кувшинов А. А., Мунгалов В. А., 2022

Статья поступила в редакцию 08.12.2022; одобрена после рецензирования 12.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 08.12.2022; approved after reviewing 12.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 636.08

EDN GHIFEK

DOI 10.22450/9785964205777\_135

### Обзор исследований по изучению процесса приготовления пастообразных продуктов

Андрей Владимирович Бурмага<sup>1</sup>, доктор технических наук, доцент

Александр Викторович Чубенко<sup>2</sup>, аспирант

Сергей Александрович Винокуров<sup>3</sup>, соискатель

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>2</sup> [chuben@bk.ru](mailto:chuben@bk.ru), <sup>3</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Аннотация.** В статье проведен краткий обзор ранее проведенных исследований, посвященных изучению процесса приготовления пастообразных продуктов. Приводятся полученные выражения для определения производительности и мощности пастоизготовителей.

**Ключевые слова:** измельчение, дробление, степень измельчения, пастоизготовитель, нож, решетка

**Для цитирования:** Бурмага А. В., Чубенко А. В., Винокуров С. А. Обзор исследований по изучению процесса приготовления пастообразных продуктов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 135–142.

Original article

### Review of studies on the process of preparing pasty products

Andrey V. Burmaga<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Alexander V. Chubenko<sup>2</sup>, Postgraduate Student

Sergey A. Vinokurov<sup>3</sup>, Degree Seeker Student

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>2</sup> [chuben@bk.ru](mailto:chuben@bk.ru), <sup>3</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Abstract.** The article provides a brief overview of previous studies devoted to the study of the process of preparing pasty products. The obtained expressions are given to determine the productivity and power of pasteurizers.

**Keywords:** grinding, crushing, degree of grinding, paste maker, knife, grate

---

**For citation:** Burmaga A. V., Chubenko A. V., Vinokurov S. A. Obzor issledovaniy po izucheniyu processa prigotovleniya pastoobraznyh produktov [Review of studies on the process of preparing pasty products]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 135–142 (in Russ.).

Разнообразие физико-механических свойств исходного сырья, различие производств со своими особенностями технологических процессов, разные требования к степени измельчения и однородности конечных размеров и формы частиц, требуют создания дифференцированных типов измельчителей-пастоизготовителей.

Современные молотковые дробилки позволяют дробить продукт влажностью до 20–22 %. Мельницы и вальцовые дробилки не могут работать на зерне влажностью выше 16 % по причине повышенного залипания поверхности рабочих органов. При чрезмерной сухости зерна и других кормов в случае их размола увеличивается выход мелкомучнистого продукта и пыли, что ведет к потере продукта. Оптимальная влажность сухих кормов, предназначенных для размола, должна составлять 12–15 %, как и при их хранении [1].

При дроблении зерна, для правильной настройки машины, проводят предварительный контрольный помол и оценивают его результат с помощью решетного классификатора. Навеску пробного помола в течение пяти минут просеивают на решетном классификаторе, состоящем из набора сит с различным диаметром отверстий. Взвешивают отдельные фракции, снятые с сит, и находят среднеарифметический размер (модуль) частиц помола по формуле [2]:

$$M = \frac{0,5 \cdot P_0 + 1,5 \cdot P_1 + 2,5 + 3,5 \cdot P_0}{P} \quad (1)$$

где  $P_0$  – масса фракции на поддоне классификатора, г;

$P_1, P_2, P_3$  – массы фракций на ситах с диаметром соответственно 1; 2 и 3 мм, г;

$P$  – масса взятой навески, г.

В формуле коэффициенты 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 соответствуют средним размерам частиц на поддоне и в ситах.

В соответствии с государственным стандартом различают грубый (1,8–2,6 мм), средний (1,0–1,8 мм) и тонкий (0,2–1,0 мм) помолы. Процесс измельчения характеризуется крупностью исходного материала, поступающего на измельчение; крупностью и зерновым составом продукта измельчения и степенью измельчения. Крупность каждой частицы характеризуется ее линейными размерами: длиной, шириной и толщиной, а также диаметром. Диаметр может равняться среднеарифметическому значению длины, ширины и толщины частиц измельчения, или диаметру окружности, описанной вокруг ширины и толщины. Крупность массы, поступающей на измельчение, зависит от процентного содержания в ней частиц различного размера, то есть от ее зернового состава.

Зерновой состав продуктов измельчения определяется рассевом материала на наборе сит. В результате отсева материал разделяется на классы, каждый из которых взвешивается, после чего определяется его процентное содержание в общей массе продукта [2].

Степень измельчения материала ( $i$ ) представляет собой отношение размера частиц исходного материала ( $D$ ) к размеру частиц продукта измельчения ( $d$ ):

$$i = \frac{D}{d} \quad (2)$$

Причем величинами  $D$  и  $d$  могут быть как максимальные размеры частиц, так и средневзвешенные размеры исходного материала и продукта измельчения. В последнем случае значения степени измельчения материала получаются наиболее точными. Степень измельчения изменяется в широких пределах: при дроблении – от 3 до 20, а при помоле достигает 1 000.

Энергоемкость процесса измельчения в дробильных машинах зависит от

размеров, формы, однородности частиц, их физико-механических свойств, влажности и т. д. Поэтому конечной целью исследования процессов измельчения является получение (в общем виде) зависимостей между расходуемой энергией и отдельными характеристиками измельчаемого материала.

Наиболее известными гипотезами, устанавливающими такие зависимости, являются теория дробления Риттингера и Кирпичева-Кика. Так, теория Риттингера (1867) устанавливает взаимосвязь между работой, затраченной на измельчение материала, и вновь образованной при этом поверхностью частиц [2].

Рабочий процесс шнековых пастоизготовителей изучали В. С. Моисеенко, И. В. Сысоев, Н. Т. Кузьмов, аппарата вторичного резания измельчителя «Волгарь-5» – В. Д. Курьянов, В. М. Побединский и др. [3]. В отличие от резания стеблей лезвием в корнерезках происходит резание корнеклубнеплодов клином с относительно большим углом заточки ( $25^\circ$  и выше), и, кроме того, сам клин перемещается в слое материала, уплотненного шнеком. В этом случае фаска ножа (передняя грань клина) играет активную роль в процессе резания, и схема взаимодействия сил между резцом и материалом существенно отличается от классического случая резания лезвием [4].

Отмечается, что измельчители с питающим шнеком и противорежущей решеткой имеют свои характерные особенности. Первая особенность состоит в том, что измельчаемый материал поступает к режущей паре, пересекая при своем движении плоскость вращения ножей. Поэтому еще до начала резания он подвергается воздействию передней и боковой граней ножей, частично разрушаясь от перетирания и деления частиц вдоль волокон.

Второй особенностью измельчителя является наличие противорежущей решетки, которая служит основным «регулятором» тонкости измельчения, подобно решету в молотковой дробилке, и в тоже время ограничивает производительность машины.

Третья особенность измельчителей такого типа состоит в том, что питающим органом его может быть только шнек, который подает материал к режущему аппарату по всей площади поверхности, охватываемой перьями ножей. Шнек заполняет материалом камеру измельчения, проталкивает его в отверстия решетки и создает необходимые условия для работы режущего аппарата. Процесс резания здесь происходит в условиях, близких к условиям объемного сжатия.

Четвертой особенностью является последовательное расположение в технологической схеме трех рабочих органов: шнека, ножа и противорежущей решетки. Все они должны быть строго согласованы между собой не только в кинематическом отношении, но и по производительности [3].

При изучении условий работы аппарата вторичного резания измельчителя «Волгарь-5» В. М. Побединский выявил его особенности и пришел к заключению, что в условиях двухопорного резания наиболее эффективно может работать нож со ступенчатой режущей кромкой. Для такого ножа значение критической силы будет значительно меньше, чем для ножей аппарата «Волгарь-5» с П-образной режущей кромкой.

Изучая работу аппарата с противорежущей решеткой, Н. Т. Кузьмов показал, что процесс резания протекает по-разному в зависимости от геометрии резца и конструктивного оформления режущей пары. При резании лезвием все силы действуют в плоскости движения лезвия. Такая картина наблюдается и при работе в режиме пары «нож – решетка» в пастоизготовителе.

Технологический расчет пастоизготовителя предусматривает определение его производительности и энергоемкости. Так как пастоизготовитель состоит из трех последовательно расположенных механизмов, то все они должны быть рассчитаны на максимально возможную производительность. Обычно шнековые пастоизготовители, как и мясорубки, рассчитывают по режущей способности ножей.

Производительность режущего аппарата определяют по режущей способности ножа, под которой понимают суммарную площадь рабочей поверхности, описываемой лезвиями ножа в единицу времени. При этом производительность ножа равна [2]:

$$Q_n = \varphi_0 \cdot S_n / S_p \quad (3)$$

где  $\varphi_0$  – коэффициент использования режущей способности аппарата, обусловленный размерами ножей (равен от 0,7 до 0,8);

$S_n$  – режущая способность ножа, м<sup>2</sup>/с;

$S_p$  – площадь поверхности раздела при измельчении одного килограмма корма, м<sup>2</sup>.

Площадь поверхности раздела зависит от степени измельчения и осевой скорости перемещения корма через решетку. Для отверстий диаметром 16 мм ее принимают равной 0,9–1 м<sup>2</sup>/кг.

За отсутствием опытных значений площади поверхности раздела для разных кормов и режимов работы пастоизготовителя производительность ножа режущего аппарата Г. С. Моисеенко рекомендуют определять по формуле (4):

$$Q_n = d_0^2 \cdot z_0 \cdot h \cdot \rho \cdot \omega_n \cdot z / 8 \quad (4)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстий в решетке, м;

$z_0$  – число отверстий;

$h$  – величина перемещения пасты, продавливаемой через отверстие за один оборот ножа (по И. В. Сысоеву, равна 0,002 м);

$\rho$  – плотность корма, уплотненного в отверстиях решетки (принимают равной 1 000 кг/м<sup>3</sup>).

Расход мощности на привод шнекового пастоизготовителя рассчитывается по формуле (5):

$$N = (N_{изм} + N_{ш} + N_{х.х}) / \eta \quad (5)$$

где  $N_{изм}$  – мощность, расходуемая на процесс измельчения;

$N_{ш}$  – мощность, расходуемая на работу прессующего шнека;

$N_{х.х}$  – мощность холостого хода пастоизготовителя;

$\eta$  – коэффициент полезного действия трансмиссии от электродвигателя к валу пастоизготовителя (равен 0,85–0,9).

Мощность на измельчение определяют по формуле (6):

$$N_{\text{изм}} = Q \cdot A_{\text{изм}} \quad (6)$$

где  $A_{\text{изм}}$  – работа, затрачиваемая на измельчение.

**Заключение.** В результате проведенного анализа установлено, что пастообразный продукт однородного гранулометрического состава с размером твердых частиц не более 0,2 мм на основе семян сои, удовлетворяет физиологические потребности животных в необходимых питательных веществах – белке, жире, углеводах, минеральных веществах и витаминах, а пастообразная форма позволяет организму животного в максимальной степени усваивать этот продукт.

Установлено, что производительность и мощность, затрачиваемая на привод пастоизготовителя, зависит от конструктивных и режимных параметров технического средства.

### Список источников

1. Миончинский П. Н., Кожарова Л. С. Производство комбикормов. М. : Агропромиздат, 1995. 288 с.
2. Мельников С. В. Поточные линии в животноводстве и кормопроизводстве : учебное пособие. Л. : Ленинградский сельскохозяйственный институт, 1981. 46 с.
3. Завражнов А. И. Совершенствование машин и технологических линий приготовления и раздачи кормов на молочных фермах и комплексах : дисс. ... докт. техн. наук. Ленинград, 1991. 76 с.
4. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М. : Агропромиздат, 1987. 303 с.

### References

1. Mionchinsky P. N., Kozharova L. S. *Proizvodstvo kombikormov [Production of compound feeds]*, Moskva, Agropromizdat, 1995, 288 p. (in Russ.).
2. Melnikov S. V. *Potochnye linii v zhivotnovodstve i kormoproizvodstve: uchebnoe posobie [Production lines in animal husbandry and feed production: a textbook]*, Leningrad, Leningradskij sel'skohozyajstvennyj institut, 1981, 46 p. (in Russ.).

3. Zavrazhnov A. I. Sovershenstvovanie mashin i tekhnologicheskikh linij prigotovleniya i razdachi kormov na molochnyh fermah i kompleksah [Improvement of machines and technological lines for the preparation and distribution of feed on dairy farms and complexes]. *Doctor's thesis*. Leningrad, 1991, 76 p. (in Russ.).

4. Kukta G. M. *Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov [Machines and equipment for the preparation of feed]*, Moskva, Agropromizdat, 1987, 303 p. (in Russ.).

© Бурмага А. В., Чубенко А. В., Винокуров С. А., 2022

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.373

EDN GOYWZG

DOI 10.22450/9785964205777\_143

### Двухступенчатая технология транспортировки сои в период переувлажнения

**Алексей Александрович Кислов**<sup>1</sup>, кандидат технических наук  
**Владимир Анатольевич Мунгалов**<sup>2</sup>, кандидат технических наук  
**Илья Владимирович Величко**<sup>3</sup>, студент магистратуры

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru), <sup>2</sup> [fmskh@dalgau.ru](mailto:fmskh@dalgau.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос применения бункеров-перегрузчиков зерна при уборке сои в период переувлажнения, применительно к условиям АО «Луч». Произведен расчет оптимального количества бункеров-перегрузчиков БП-25/31.

**Ключевые слова:** переувлажнение, производительность, бункер-перегрузчик, транспортировка, соя

**Для цитирования:** Кислов А. А., Мунгалов В. А., Величко И. В. Двухступенчатая технология транспортировки сои в период переувлажнения // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 143–149.

Original article

### Two-stage technology of soybean transportation during waterlogging

**Aleksey A. Kislov**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences

**Vladimir A. Mungalov**<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences

**Ilya A. Velichko**<sup>3</sup>, Master's Degree Student

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru), <sup>2</sup> [fmskh@dalgau.ru](mailto:fmskh@dalgau.ru)

**Abstract.** The article discusses the use of grain reloading bunkers when harvesting soybeans during waterlogging, in relation to the conditions of JSC "Luch", the optimal number of BP-25/31 reloading bunkers was calculated.

**Keywords:** waterlogging, productivity, hopper loader, transportation, soybean

**For citation:** Kislov A. A., Mungalov V. A., Velichko I. V. Dvuhstupenchataya

tekhnologiya transportirovki soi v period pereuvlazhneniya [Two-stage technology of soybean transportation during waterlogging]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 143–149 (in Russ.).

Транспортировка зерна в период уборочных работ является важным агротехническим мероприятием. Уборка зерновых культур и сои в условиях агропромышленного производства Амурской области характеризуется неблагоприятными климатическими условиями. В осенний период в большинстве сельскохозяйственных районов области выпадают обильные осадки, значительно осложняющие работу зерноуборочных комбайнов и транспортных агрегатов, перевозящих урожай. Годовая сумма осадков в регионе составляет от 453 до 664 мм, и только 10–15 % этой суммы приходится на зимний период [1, 2].

Производственный опыт хозяйств Приамурья в периоды обильного переувлажнения (например, в 2018 и 2021 гг.) показал, что при значительном переувлажнении почвы (более 25 %) уборку урожая обеспечивают в основном комбайны с гусеничными движителями («Амур Палессе 812S» и «Вектор 450 Track»), а также колесные зерноуборочные машины с передачей крутящего момента на все колеса. Транспортировку урожая в такой период обеспечивали тяжелые тракторы с прицепами, потому что автомобильный транспорт не давал возможности бесперебойной транспортировки ввиду потери проходимости на полевых участках. В такой ситуации предприятия АПК несут значительные финансовые затраты на транспортные работы и переработку зерна.

Исследование технологий транспортировки сои в условиях переувлажнения показал, что в ряде сельскохозяйственных организаций Амурской области (ООО «Знамя», АО «Луч» и др.) осуществляли транспортировку урожая с применением перегрузочного зернового пункта. Указанная технология предусматривает транспортировку зерна машинно-транспортными агрегатами от

зерноуборочных комбайнов на перегрузочный зерновой пункт, который организовывали непосредственно в полевых условиях. После чего производили погрузку сои в автомобильный транспорт и последующую транспортировку на зерноперерабатывающий пункт хозяйства.

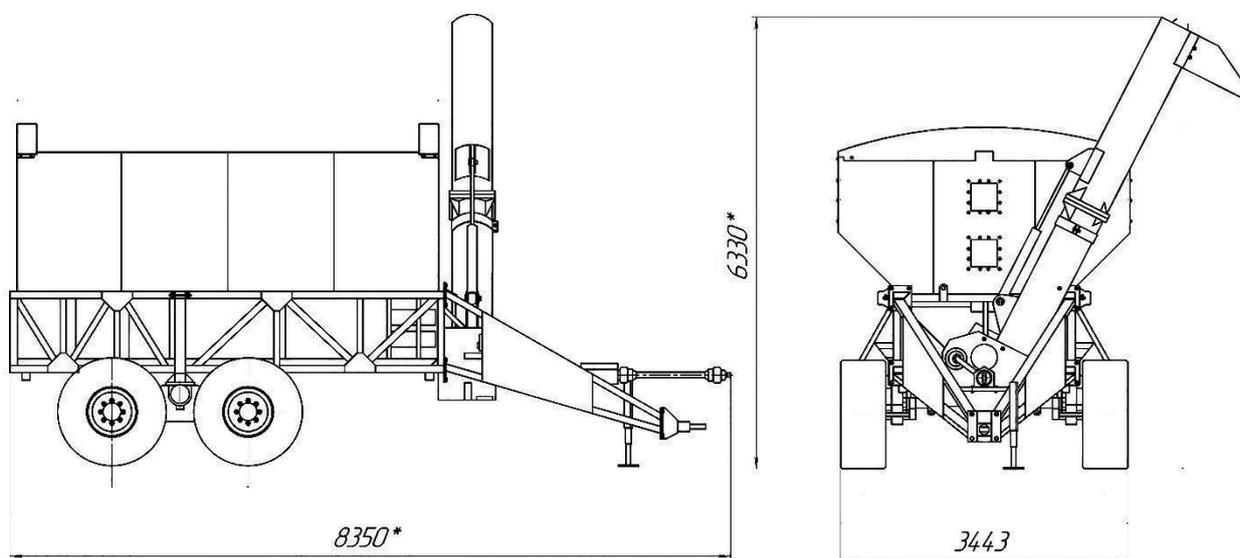
Анализ указанной технологии в данных организациях выявил следующие негативные факторы. Затраты на дизельное топливо, необходимое на уборку сои, увеличились в среднем на 43,5 %. Потери, связанные с дополнительной перегрузкой сои, составили от 1,8 до 2,7 кг с каждой тонны зерна. Время доставки урожая сои увеличилось в среднем на 88,3 %.

В некоторых хозяйствах на задние борта тракторных прицепов монтируют выгрузные шнеки с пневматическими и гидравлическими приводами. Таким образом, отпадает необходимость в промежуточном полевом пункте по переработке зерна, что значительно сокращает дополнительные расходы на транспортировку урожая. Но необходимо отметить техническое несовершенство выгрузных шнеков. Для полного опорожнения прицепа возникает необходимость подъема грузовой платформы, из-за чего повышаются механические повреждения зерна и его потери. К тому же скорость перегрузки невысокая, по сравнению с другими техническими средствами.

Одним из технических решений, оптимизирующих транспортное обеспечение уборки сои в хозяйствах, является применение бункеров-перегрузчиков. Одной из наиболее распространенных их моделей является БП-25/31. При объеме бункера 31 м<sup>3</sup> обеспечивается грузоподъемность 25 тонн. Таким образом, при плотности сои 0,75 т/м<sup>3</sup> [2] масса погрузки в бункер-перегрузчик составит 22,3 тонны, что обеспечивает высокий коэффициент использования грузоподъемности (0,89).

Бункер агрегируется с тракторами 3–5 тягового классов (в зависимости от почвенных условий). Для обеспечения разгрузки материала без подъема

грузовой платформы конструкция включает в себя два шнека: горизонтальный, для подачи зерна в продольном направлении; и разгрузочный, который обеспечивает выгрузку сои. Производительность разгрузки бункера-перегрузчика достигает 450 т/час. Таким образом, время разгрузки сои составляет около 3 минут. Бункер оснащен 4 шинами размером 550/60-22,5 16PR 166A8 с возможностью установки 4 дополнительных колес, что позволяет значительно сократить удельное давление на почву. Общий вид данного бункера-перегрузчика показан на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Конструктивная схема бункера-перегрузчика БП-25/31**

Бункер состоит из рамы (1), на которой смонтирован бункер (2). К основанию также с помощью шарнирных соединений монтируется прицеп (3), для агрегатирования с тяговым энергетическим средством.

Передача крутящего момента для привода рабочих органов (шнеков) осуществляется через вал отбора мощности трактора, посредством карданной передачи (4). Выгрузной шнек (5) имеет большую производительность за счет увеличенного диаметра, что обеспечивает надежность процесса перегрузки.

Технологическая схема бункера-перегрузчика БП-25/31 следующая. Транспортный агрегат, состоящий из трактора и БП-25/31 подходит к зерно-

уборочному комбайну. В процессе движения комбайн разгружает зерно в бункер-перегрузчик. При полном наполнении бункера, трактор буксирует бункер-перегрузчик к автопоезду, после чего включает вал отбора мощности. При этом параллельно начинают работу горизонтальный (подающий) и выгрузной шнеки. За счет конической формы бункера зерно полностью поступает на подающий шнек, который, в свою очередь, направляет его на выгрузной шнек. Выгрузной шнек обеспечивает выгрузку зерна. Для надежности конструкции и обеспечения малых габаритов выгрузной шнек может складываться за счет карданного шарнира и гидравлического цилиндра.

Увеличенная грузоподъемность бункера-перегрузчика БП-25/31, по сравнению с другими тракторными прицепами; возможность разгрузки комбайна без прекращения основной работы, а также возможность перегрузки зерна без подъема кузова обеспечивают высокую производительность транспортного процесса. Таким образом, транспортировка сои осуществляется по двухступенчатой технологии:

1. Выгрузка сои из бункера комбайна в бункер-перегрузчик производится без остановки комбайна (при этом скорость в процессе выгрузки не должна превышать 4–5 км/ч).

2. Выгрузка сои из бункера-перегрузчика в автомобильный транспорт выполняется на окраине полевого участка.

Применительно к производственным условиям акционерного общества «Луч» мы произвели теоретический расчет транспортного обеспечения по методике, представленной в работе [3].

Время оборота транспортного агрегата определяется по формуле (1):

$$t_{об} = t_m + t_{дв}^{rp} + t_{рт} + t_{дв}^x + t_{то} \quad (1)$$

где  $t_m$  – время маневрирования транспортного агрегата в зоне разгрузки, ч;

$t_{дв}^{rp}$  – время движения транспортного агрегата с грузом, ч;

$t_{рт}$  – время разгрузки транспортного агрегата, ч;

*Механизация и электрификация технологических процессов  
в сельскохозяйственном производстве*

---

$t_{дв}^x$  – время движения транспортного агрегата без груза, ч;  
 $t_{то}$  – время простоев транспортного агрегата по техническим или другим причинам, ч.

Время движения с грузом и без груза определяется по формулам (2) и (3):

$$t_{дв}^{гр} = \frac{l_{пер}}{V_{гр}}, \quad (2)$$

$$t_{дв}^x = \frac{l_{пер}}{V_x} \quad (3)$$

где  $l_{пер}$  – расстояние перевозки, км;

$V_{гр}$  – скорость движения транспортного средства с грузом, км/ч;

$V_x$  – скорость движения транспортного средства без груза, км/ч.

Время разгрузки транспортного агрегата принимается в зависимости от его грузоподъемности и способа выгрузки по справочным данным.

Дневная производительность транспортного агрегата определяется по формуле (4):

$$W_{ТА} = G_{ТР} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_{гр} \cdot \frac{T_{см}}{1 + \beta \cdot V_{гр} \cdot t_{пр}} \quad (4)$$

где  $G_{ТР}$  – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma$  – плотность сои, т/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коэффициент использования пробега;

$t_{пр}$  – время погрузки-разгрузки, ч.

При обслуживании комбайнов при загрузке транспортных агрегатов на ходу количество бункеров-перегрузчиков можно определить по выражению (5):

$$n_{б} = n_{к} \cdot t_{об} \cdot \frac{W_{к}}{G_{ТР} \cdot \gamma} \quad (5)$$

где  $n_{к}$  – количество комбайнов;

$W_{к}$  – производительность комбайна, т/ч.

**Заключение.** Согласно полученным результатам, для бесперебойной работы пятнадцати зерноуборочных комбайнов в хозяйственных полевых условиях АО «Луч» необходимо пять бункеров-перегрузчиков БП-25/31. При уборке сои на переувлажненных полях в хозяйстве 11 тракторных транспортных агрегатов осуществляли обслуживание 7 зерноуборочных комбайнов. Таким образом, технология транспортировки сои с применением бункеров-перегрузчиков является оптимальным решением в условиях переувлажнения.

### Список источников

1. Kislov A. A., Kislov A. F., Kuznetsov E. E., Babukhadiya K. R. The dependence of the performance of machine-tractor units from the effective power of engines // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics. 2019. Vol. S5. P. 150–157.
2. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с.
3. Зангиев А. А., Скороходов А. Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. СПб. : Лань, 2020. 464 с.

### References

1. Kislov A. A., Kislov A. F., Kuznetsov E. E., Babukhadiya K. R. The dependence of the performance of machine-tractor units from the effective power of engines. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics, 2019; S5: 150–157.
2. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti: proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik [Agriculture system of the Amur region: production and practical reference]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016, 570 p. (in Russ.).
3. Zangiev A. A., Skorokhodov A. N. *Praktikum po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka: uchebnoe posobie [Workshop on the operation of a machine and tractor fleet: a textbook]*, Sankt-Peterburg, Lan', 2020, 464 p. (in Russ.).

© Кислов А. А., Мунгалов В. А., Величко И. В., 2022

Статья поступила в редакцию 17.11.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 17.11.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.354.2

EDN HDQXDL

DOI 10.22450/9785964205777\_150

**Способ сушки зерна в комбайне путем продувания теплым воздухом,  
полученным из энергии выхлопных (отработанных) газов**

**Александр Александрович Крючков<sup>1</sup>**, студент

**Алексей Александрович Кислов<sup>2</sup>**, кандидат технических наук

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru), <sup>2</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru)

**Аннотация.** В статье предложена разработанная авторами схема устройства по снижению влажности зерна в зерноуборочном комбайне за счет тепла выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания.

**Ключевые слова:** сушильный агент, сушка, теплообменник, зерноуборочный комбайн, система, предварительная сушка

**Для цитирования:** Крючков А. А., Кислов А. А. Способ сушки зерна в комбайне путем продувания теплым воздухом, полученным из энергии выхлопных (отработанных) газов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 150–155.

Original article

**A method of drying grain in a combine by blowing warm air  
obtained from the energy of exhaust gases**

**Alexander A. Kryuchkov<sup>1</sup>**, Student

**Aleksey A. Kislov<sup>1</sup>**, Candidate of Technical Sciences

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru), <sup>2</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru)

**Abstract.** The article proposes a scheme of a device developed by the authors to reduce the moisture content of grain in a combine harvester due to the heat of exhaust gases of an internal combustion engine.

**Keywords:** drying agent, drying, heat exchanger, combine harvester, system, pre-drying

**For citation:** Kryuchkov A. A., Kislov A. A. Sposob sushki zerna v kombajne putem produvaniya teplym vozduhom, poluchennym iz energii vyhlopnyh

(otrabetannyh) gazov [A method of drying grain in a combine by blowing warm air obtained from the energy of exhaust gases]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 150–155 (in Russ.).

Технология сушки зерна – это важный технологический процесс, направленный на повышение рентабельности производства, минимизацию количества поврежденного продукта во время длительного хранения и обеспечение сохранности органолептических свойств.

В современном сельском хозяйстве тенденция к сокращению и объединению технологических операций доказала свою эффективность. Поэтому, **целью работы** является разработка схемы отвода разогретых газов к частям комбайна, по которым происходит движение зерна. В процессе исследования поставлена задача определения оценки степени и характера снижения влажности зерна в зерноуборочном комбайне.

Процесс снижения влажности основан на экстракции воды и зерна путем подачи такого количества тепла, которое не нарушит целостность и качество продукта, но обеспечит эффективное хранение. Зерно – это живой организм, который дышит, следовательно, излучает двуокись углерода, и тепло, таким образом, рискует подвергнуться нападению плесени и бактерий. Поэтому необходимо контролировать влажность и температуру до хранения, так как зерно имеет свою микрофлору, которая остается неактивной только в условиях оптимальной влажности [1, 2, 3, 4]. Таким образом, зерновые полностью подготовленные в оптимальных условиях будут храниться в течении длительного времени, позволяя сельскохозяйственным организациям реализовывать их в необходимом качестве и в условиях лучших ценовых предложений на рынке.

В современных двигателях внутреннего сгорания основным уровнем по-

терь являются потери тепла (рис. 1). Это тепло образуется в результате сгорания горючей смеси, и большая его часть (60–70 %) уходит в атмосферу, не выполнив полезной работы [1].

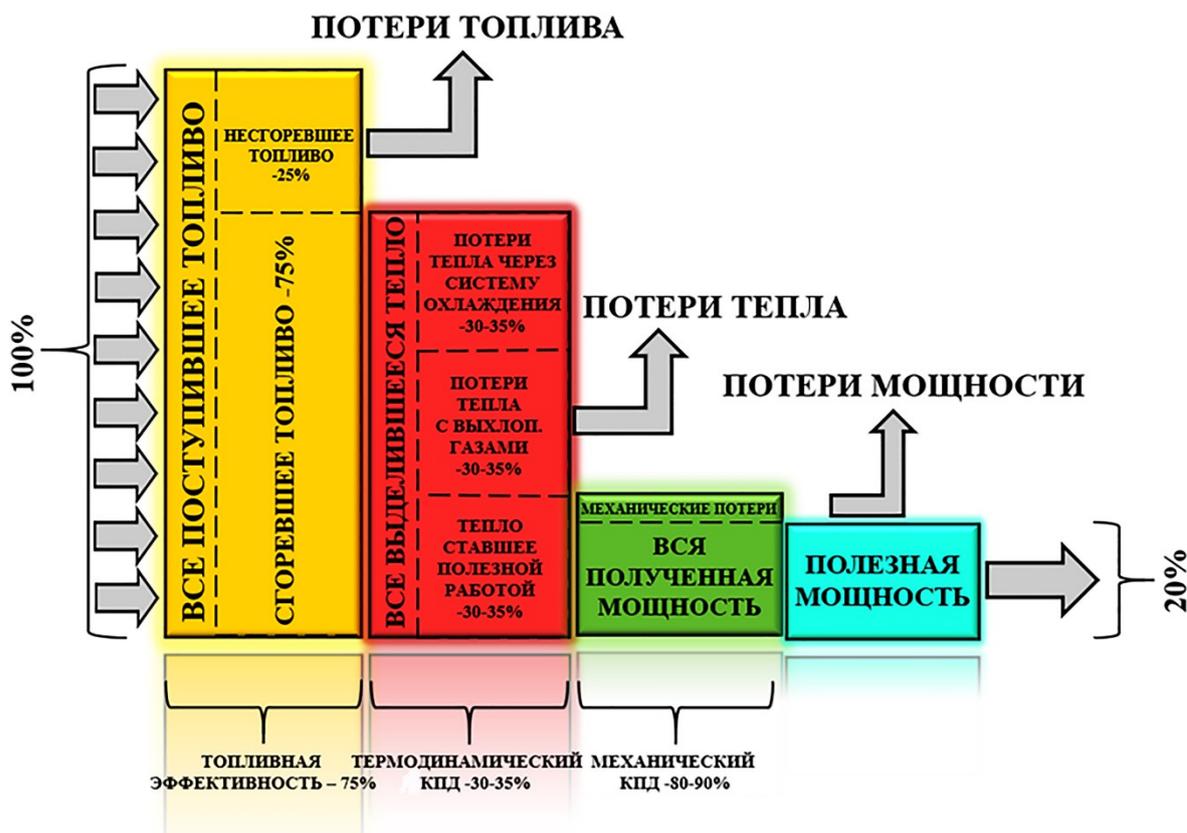
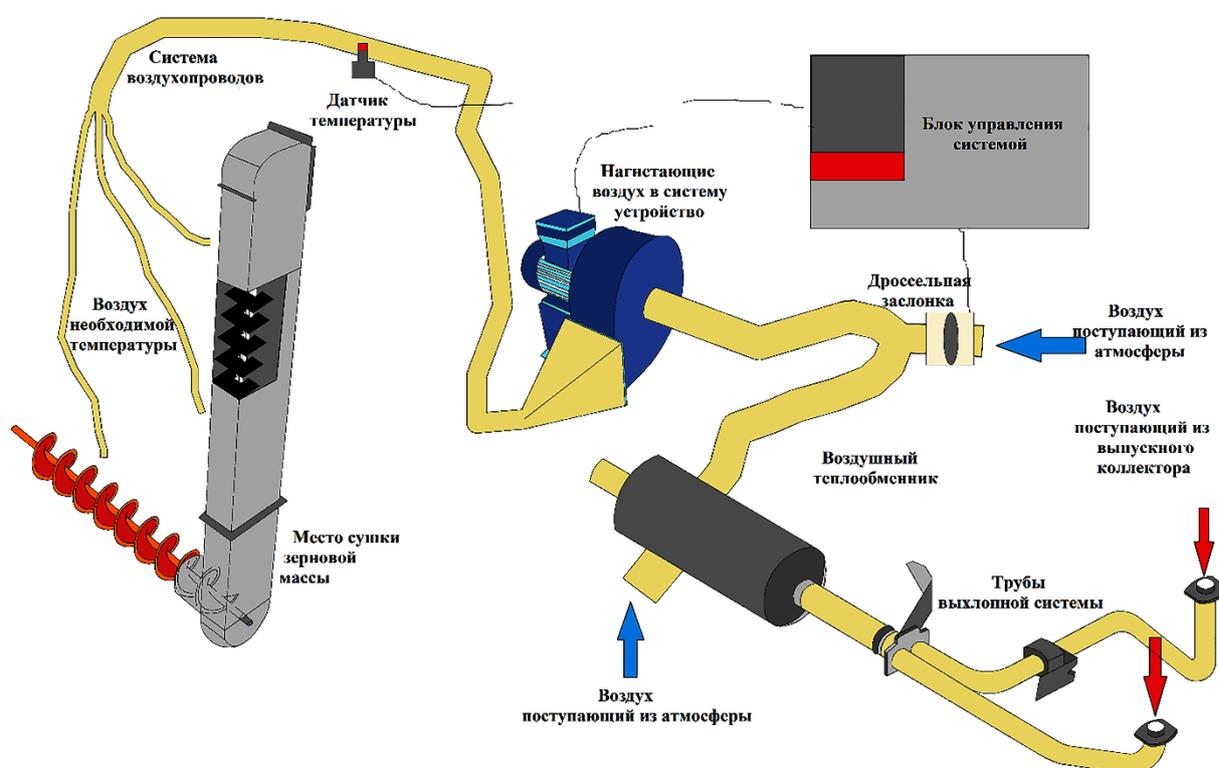


Рисунок 1 – Диаграмма уровней потерь энергии

Современные двигатели внутреннего сгорания имеют термический коэффициент полезного действия около 35 %. Тогда оставшиеся 65 % тепла остаются невостребованными и уходят в атмосферу.

**Результаты исследования.** Предлагаем применить разработанный способ экономии на зерноуборочном комбайне. Для минимизации затрат на таком этапе как сушка, необходимо непосредственно в специально отведенных для этого процесса комплексах, совершать предварительную сушку в самом комбайне. Для этого была разработана система, которая будет осуществлять сушку зерна, используя эти неиспользуемые 35 % тепла, выходящие с выхлопными газами.

В качестве сушильного агента используется воздух, подогретый в рекуперативных теплообменниках (стандартных или индивидуально изготавливаемых с рассчитанной поверхностью теплообмена) отработанными газами двигателя зерноуборочного комбайна. Сушильный агент от системы отработанных газов предлагается подавать в зерновой шнек и элеватор комбайна навстречу потоку зерновой массы (рис. 2). Это решение позволит снизить влажность зерна на 1–2 %.



**Рисунок 2 – Система создания и подачи сушильного агента**

Температура сушильного агента принимается в пределах 90–140 °С в зависимости от убираемой культуры и влажности зерна [5]. Выбор такой высокой температуры связан с тем, что время контакта агента с зерном очень мало для полного прогрева зерна до температуры 40–60 °С. При указанных режимных параметрах процесса высушивания зерно не должно растрескиваться.

**Выводы.** Таким образом, нами выделены несколько основных преимуществ предлагаемой разработки:

- 1. Отсутствие продуктов горения на зерне.*
  - 2. Теплообменник препятствует загрязнению продукта дымом и газом.*
  - 3. Возможность сушки масленичных культур.*
  - 4. Осуществление качественного смешивания теплого и холодного воздуха, позволяющее совершать однородный прогрев зерна вне зависимости от температуры окружающей среды.*
  - 5. Благодаря месту направления сушильного агента, происходит его более плотный контакт с зерном, позволяющий совершать равномерный прогрев зерна.*
- Экономическая выгода разработки заключается в том, что, совершая сушку в комбайне, мы экономим часть горюче-смазочных материалов на окончательной сушке.*

#### **Список источников**

1. Крючков А. А., Мунгалов В. В. Влияние влажности сои на качество обмола зерна зерноуборочным комбайном Vector 410 // Студенческие исследования – производству : материалы 29-й студенческой науч. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 143–150.
2. Николаев В. А. Очистка зерна от примесей и его предварительная сушка : монография. Ярославль : Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. 212 с.
3. Бибик Г. А. Ускорение сушки зерна // Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 2. С. 86–89.
4. Таранова Л. В. Теплообменные аппараты и методы их расчета : учебное пособие. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2009. 152 с.
5. Бузоверов С. Ю. Исследование теории распределения влаги в зерновом материале при его гидротермической обработке на спиральном шнеке // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 11. С. 164–169.

#### **References**

1. Kryuchkov A. A., Mungalov V. V. Vliyanie vlazhnosti soi na kachestvo obmolota zernouborochnym kombajnom Vector 410 [The influence of soybean moisture on the quality of threshing to Vector 410 combine harvesters]. Proceedings

from Student Research – Production: 29-ya *Studencheskaya nauchnaya konferenciya* – 29<sup>th</sup> *Student Scientific Conference*. (PP. 143–150), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

2. Nikolaev V. A. *Ochistka zerna ot primesej i ego predvaritel'naya sushka: monografiya [Grain purification from impurities and its pre-drying: monograph]*, Yaroslavl', Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2017, 212 p. (in Russ.).

3. Bibik G. A. Uskorenie sushki zerna [Acceleration of grain drying]. *Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – Bulletin of the Agro-industrial complex of the Upper Volga region*, 2015; 2: 86–89 (in Russ.).

4. Taranova L. V. *Teploobmennye apparaty i metody ih rascheta: uchebnoe posobie [Heat exchangers and methods of their calculation: textbook]*, Tyumen', Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2009, 152 p. (in Russ.).

5. Buzoverov S. Yu . Issledovanie teorii raspredeleniya vlagi v zernovom materiale pri ego gidrotermicheskoj obrabotke na spiral'nom shneke [Investigation of the theory of moisture distribution in grain material during its hydrothermal treatment on a spiral screw]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2016; 11: 164–169 (in Russ.).

© Крючков А. А., Кислов А. А., 2022

Статья поступила в редакцию 22.11.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 22.11.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.084

EDN HNKUYO

DOI 10.22450/9785964205777\_156

### Вычисление мощности потребления транспортировочного шнека кормораздатчика

**Людмила Геннадьевна Крючкова**, кандидат технических наук  
Дальневосточный государственный аграрный университет  
Амурская область, Благовещенск, Россия, [lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлено уравнение, описывающее общую задачу определения мощности транспортировочного шнека кормораздатчика. Предложенный расчет мощности позволяет учитывать все сопротивления, действующие на винт шнека при раздаче корма.

**Ключевые слова:** энергоемкость, трение, мощность, транспортировочный шнек

**Для цитирования:** Крючкова Л. Г. Вычисление мощности потребления транспортировочного шнека кормораздатчика // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 156–161.

Original article

### Calculation of the power consumption of the transport screw of the feed dispenser

**Lyudmila G. Kryuchkova**, Candidate of Technical Sciences  
Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
[lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru)

**Abstract.** The article presents an equation describing the general problem of determining the power of the feed feeder transportation screw. The proposed power calculation allows you to take into account all the resistances acting on the screw when distributing feed.

**Keywords:** energy intensity, friction, power, transport screw

**For citation:** Kryuchkova L. G. Vychislenie moshchnosti potrebleniya transportirovochnogo shneka kormorazdatchika [Calculation of the power consumption of the transport screw of the feed dispenser]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.)* – All-Russian (National) Scientific

*and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 156–161 (in Russ.).

Рассматривая процесс дозированной выдачи кормов можно сказать, что одним из основных показателей, характерных для этого процесса является энергоёмкость. Вычислить мощность, необходимую для работы винтового конвейера, можно по формуле (1) [1]:

$$N = \frac{Q(L_{\text{ш}} \cos \theta_1 \cdot \varepsilon + H_1)g}{3600} \quad (1)$$

где  $Q$  – количество подаваемого корма, т/ч;

$L_{\text{ш}}$  – длина шнека, м;

$H_1$  – высота подъема корма, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – коэффициент сопротивления материала.

В ходе эксперимента, значение опытного коэффициента сопротивления материала транспортирования в зависимости от физико-механических свойств может изменяться в пределах от 1 до 10. Однако, если выгрузное устройство состоит из короткого шнека, то значение мощности, рассчитанное по формуле (1), может быть в несколько раз меньше фактической [2].

Для того, чтобы вычисления мощности были более точными, необходимо учитывать все, действующие на шнек сопротивления, которые появляются при перемещении корма. Речь идет о сопротивлениях, которые появляются от трения корма о винтовую поверхность шнека; трения корма о кожух шнека; перемещения корма на высоту; мощности, необходимой на преодоление сил инерции, возникающей при изменении скорости движения корма и другие [3].

Принимая во внимание данные зависимости, мощность можно рассчитать по формуле (2):

$$N_{\text{пот}} = \frac{(N_1 + N_2 + N_3)k_0}{\eta} \quad (2)$$

где  $N_1$  – мощность на преодоление сил инерции, Вт;

$N_2$  – мощность на преодоление трения корма о внутреннюю поверхность шнека, Вт;

$N_3$  – мощность на преодоление трения корма о винтовую поверхность и на перемещение его вдоль оси шнека, Вт;

$k_0$  – коэффициент, учитывающий защемление и дробление корма (для влажных мешанок; находится в пределах 1,5–2,0);

$\eta$  – коэффициент полезного действия подшипников вала шнека.

В процессе подъема корма шнеком, необходима мощность для того, чтобы преодолеть силы инерции ( $N_1$ ). Такую мощность можно представить в виде выражения (3):

$$N_1 = gMv_{0cp} \sin \beta_1 \quad (3)$$

где  $M$  – масса корма, кг;

$v_{0cp}$  – средняя осевая скорость корма, м/с;

$\beta_1$  – угол наклона шнека относительно горизонтали, град.

Рассматривая процесс транспортировки, необходимо учитывать мощность, которая необходима на компенсирование трения корма о кожух шнека ( $N_2$ ). Аналитическое выражение мощности можно записать в виде (4):

$$N_2 = N_K v_{csp}, \quad (4)$$

$$N_K = gM \left( \cos \beta_1 + \frac{v_{csp}}{0,75gR_{\text{л}}} \right) \quad (5)$$

где  $v_{csp}$  – средняя окружная скорость корма, м/с;

$R_{\text{л}}$  – радиус внешней кромки выгрузной лопасти, м;

При перемещении корма вдоль оси шнека, необходима мощность, которая будет компенсировать трение корма о винтовую поверхность шнека ( $N_3$ ):

$$N_3 = P_0 v_{\text{вп}} \quad (6)$$

где  $P_0$  – окружная сила, действующая на корм от винтовой поверхности, Н;

$v_{\text{вп}}$  – средняя окружная скорость винтовой поверхности, м/с.

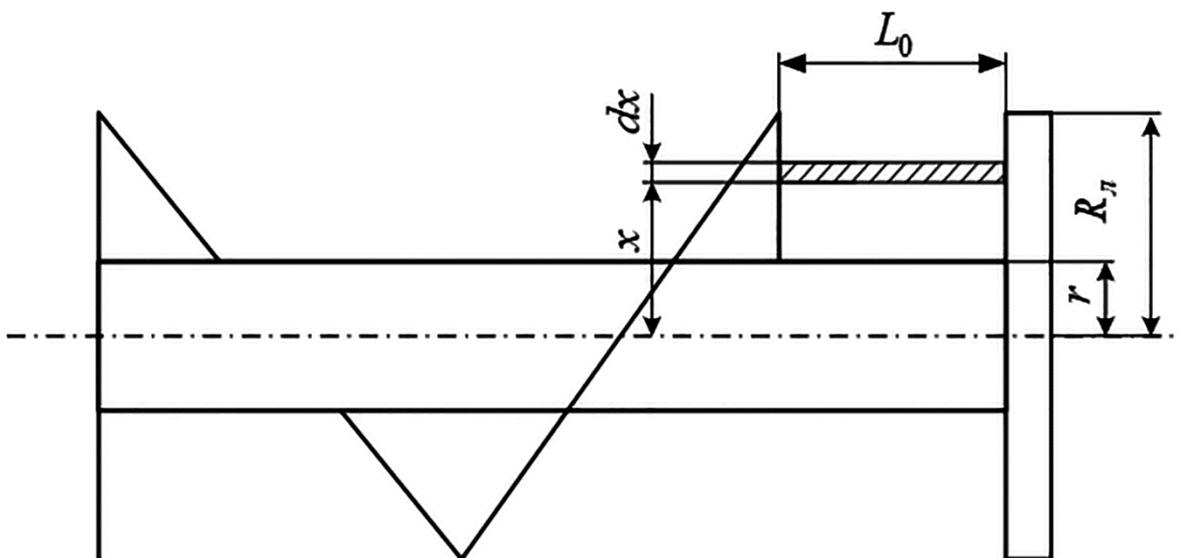
При вычислении потребной мощности шнековых рабочих органов требуется исследовать особенности технологического процесса выгрузки корма дозирующе-выгрузным устройством.

В случае осевого расположения выгрузного окна, следует принимать во внимание величину мощности, необходимой на выгрузку лопастью корма.

Предположим, что лопасть испытывает только суммарное сопротивление по перемещению. Тогда суммарный момент сопротивления ( $M_{01}$ ), согласно рисунку 1, определится из выражения (7):

$$M_{01} = pL_0 \int_r^{R_l} x dx \quad (7)$$

где  $p$  – удельное сопротивление перемещению лопасти, Н/м<sup>2</sup>;  
 $L_0$  – длина лопасти, м.



**Рисунок 1 – Определение мощности на привод дозирующего шнека**

После преобразований формула (7) примет вид выражения (8):

$$M_{01} = p\pi R_l t g\alpha (R^2 - r^2) \quad (8)$$

Рассматривая вращательное движение лопасти, работа сил сопротивления имеет вид выражения (9):

$$A_{01} = \int_0^{\phi_k} M_{01} d\phi_k = p\pi R_l t g\alpha (R^2 - r^2) \phi_k \quad (9)$$

Тогда мощность, необходимая для движения одной лопасти, определяется из выражения (10):

$$N_{01} = \frac{A_{01}\omega}{2\pi} = 0,5\rho R_{л}tg\alpha(R^2 - r^2)\phi_k \cdot \omega \quad (10)$$

где  $\phi_k$  – угол, равный дуге соприкосновения лопасти с кормом, рад.

Но рабочий орган может иметь не одну, а допустим  $z$  лопастей. Тогда мощность, необходимая для движения корма лопастным рабочим органом, имеет вид выражения (11):

$$N_{л} = 0,5\rho R_{л}tg\alpha(R^2 - r^2)\phi_k\omega \cdot z \quad (11)$$

Используя зависимости (2) и (11), можно записать аналитическое выражение для вычисления суммарной мощности транспортирующего шнека (12):

$$N_{ш} = \frac{(gMv_{0ср}\sin\beta_1 + N_Kv_{ср} + P_0v_{вп})k_0}{\eta} + 0,5\rho R_{л}tg\alpha(R^2 - r^2)\phi_k\omega \cdot z \quad (12)$$

**Заключение.** Таким образом, полученное уравнение позволяет решить задачу определения мощности транспортирующего шнека, при вычислении которой необходимо учитывать закономерности ее изменения в тех или иных условиях. Выполняя расчеты, следует принимать во внимание особенности конструкции и режимно-кинематических параметров устройств, а также других факторов, которые встречаются в рабочем процессе кормораздаточных машин.

#### Список источников

1. Боярский Л. Г. Производство и использование кормов. М. : Росагропромиздат, 1988. 222 с.
2. Завражков А. И., Николаев Д. И. Механизация приготовления и хранения кормов. М. : Агропромиздат, 1990. 336 с.
3. Кирсанов В. В., Симарев Ю. А., Филонов Р. Ф. Механизация и автоматизация животноводства. М. : Академия, 2004. 400 с.

### References

1. Boyarsky L. G. *Proizvodstvo i ispol'zovanie kormov [Production and use of feed]*, Moskva, Agropromizdat, 1988, 222 p. (in Russ.).
2. Zavrazhkov A. I., Nikolaev D. I. *Mekhanizaciya prigotovleniya i hraneniya kormov [Mechanization of feed preparation and storage]*, Moskva, Agropromizdat, 1990, 336 p. (in Russ.).
3. Kirsanov V. V., Simarev Yu. A., Filonov R. F. *Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodstva [Mechanization and automation of animal husbandry]*, Moskva, Akademiya, 2004, 400 p. (in Russ.).

© Крючкова Л. Г., 2022

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.313

EDN HSERNR

DOI 10.22450/9785964205777\_162

## **Расчетная эффективность перспективного машинно-тракторного агрегата**

**Владимир Викторович Леонов<sup>1</sup>**, аспирант

**Роман Олегович Сурин<sup>2</sup>**, аспирант

**Евгений Владимирович Маршанин<sup>3</sup>**, аспирант

**Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>4</sup>**, доктор технических наук, доцент

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [leonovvladimir@mail.ru](mailto:leonovvladimir@mail.ru), <sup>2</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru)

***Аннотация.*** В статье рассмотрены перспективные направления повышения эффективности бороновальных агрегатов. В качестве примера приведено использование корректора-распределителя сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата.

***Ключевые слова:*** трактор, боронование, предпосевная подготовка почвы, эффективность

***Для цитирования:*** Леонов В. В., Сурин Р. О., Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е. Расчетная эффективность перспективного машинно-тракторного агрегата // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 162–168.

Original article

## **Estimated efficiency of a promising machine-tractor unit**

**Vladimir V. Leonov<sup>1</sup>**, Postgraduate Student

**Roman O. Surin<sup>2</sup>**, Postgraduate Student

**Evgeny V. Marshanin<sup>3</sup>**, Postgraduate Student

**Evgeny E. Kuznetsov<sup>4</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [leonovvladimir@mail.ru](mailto:leonovvladimir@mail.ru), <sup>2</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru)

***Abstract.*** The article discusses promising directions for improving the efficiency of harrowing units. As an example, the use of a coupling weight corrector-distributor of a harrowing machine-tractor unit is given.

**Keywords:** tractor, harrowing, pre-sowing soil preparation, efficiency

**For citation:** Leonov V. V., Surin R. O., Marshanin E. V., Kuznetsov E. E. Raschetnaya effektivnost' perspektivnogo mashinno-traktornogo agregata [Estimated efficiency of a promising machine-tractor unit]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 162–168 (in Russ.).

Вопрос эффективности использования машинно-тракторных агрегатов для обработки почвы применительно к различным почвенно-климатическим условиям является важным и актуальным, так как от качества и сроков проведенных перед посевом сельскохозяйственных работ зависит урожайность возделываемых культур и, как следствие, валовые сборы сельскохозяйственной продукции [1].

В Амурской области, где в весенний предпосевной период наблюдается такое явление, как наличие твердого подстилающего подпочвенного слоя в виде мерзлоты на глубине 12–16 сантиметров, использование высокоэффективных широкозахватных почвообрабатывающих орудий во многом ограничено их массой, высоким тяговым сопротивлением и тягово-сцепными свойствами машинно-тракторного агрегата. Учитывая недостаточные темпы модернизации средств механизации и практически полное отсутствие специализированных почвообрабатывающих агрегатов, в хозяйствах области при полевой обработке нередко возникает необходимость попеременного догружения энергетического средства или сельскохозяйственной машины, в целях осуществления более глубокой почвенной обработки, так как на более освещенных участках местности почва прогревается на большую глубину, или, при значительном оттаивании почвенного слоя, потере несущей способности поверхности движения или увеличения буксования, когда необходимо увеличить вертикальную нагрузку на движители, таким образом увеличив тягово-сцепные свойства трактора.

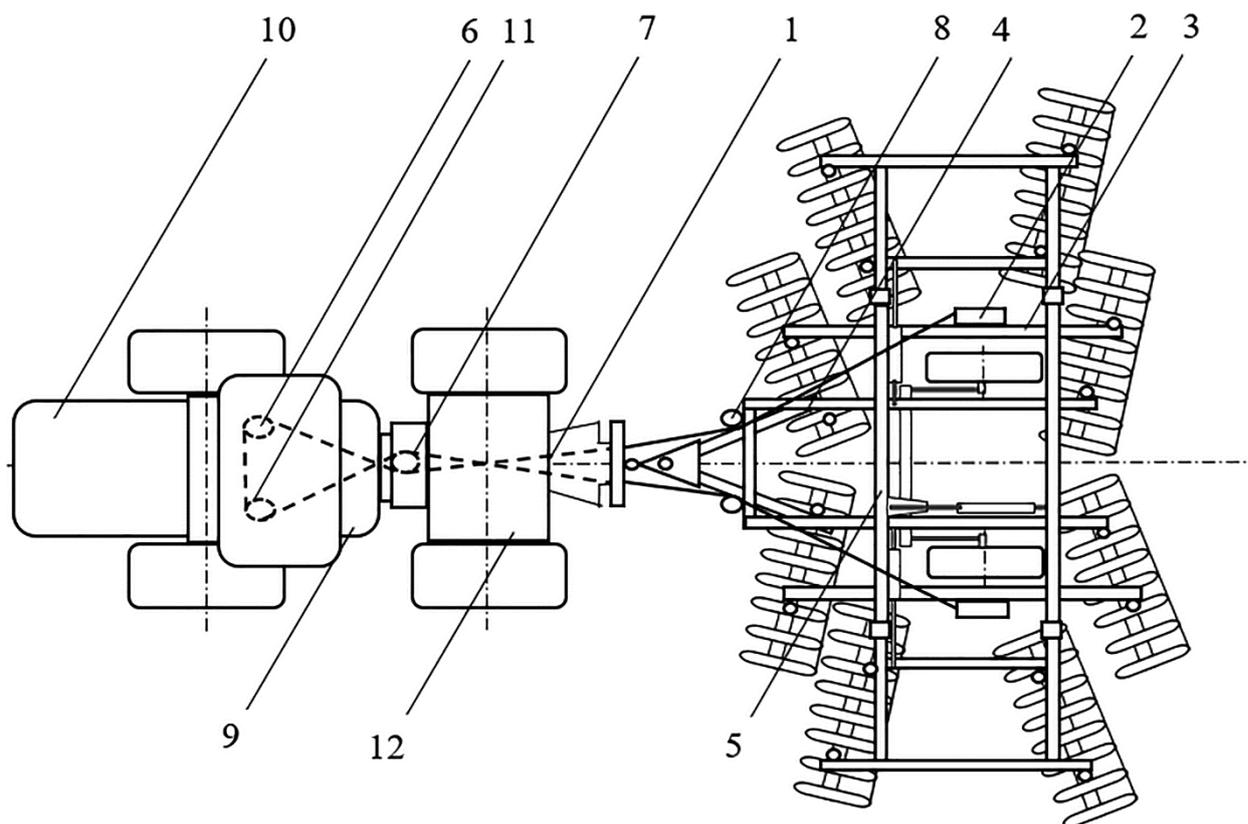
Ранее установлено, что попеременное догружение трактора и бороны позволяет улучшить проходимость и качество боронования [2].

Схема на рисунке 1 предлагает к рассмотрению используемые направления повышения эффективности бороновального агрегата. При этом предложенные параметры формируют исчерпывающие требования к перспективной конструкции устройства и обосновывают техническую задачу для патентного и инженерного поиска.



Рисунок 1 – Направления повышения эффективности бороновального агрегата

*В результате проведенных теоретических исследований была разработана конструкция корректора-распределителя сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата (патент РФ на изобретение № 2782360), принципиальная схема которого приведена на рисунке 2.*



**Рисунок 2 – Принципиальная схема корректора-распределителя сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата**

Корректор-распределитель сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата изготовлен в виде устройства, содержащего гибкую тросовую силовую связь 1, закрепленную окончаниями в установочных кронштейнах 2, фиксированных на нижней центральной части боковых балок 3 центральной рамы 4 бороны 5, и систему блок-роликов 6, 7, 8. При этом тросовая силовая связь 1 проходит через два опорных одинарных блок-ролика 6, установленных в нижней части передней полурамы 9 трактора 10 на опорном кронштейне 11; двойной блок-ролик 7, закрепленный в нижней части задней полурамы 12 трактора 10 в месте горизонтального смещения полурам в повороте;

тягово-сцепное устройство трактора 10; два поддерживающих одинарных блок-ролика 8, установленных на фронтальной части центральной рамы 4 бороны 5.

**Принцип работы устройства.** При движении машинно-тракторного агрегата и необходимости увеличения тягово-сцепных свойств трактора в движении или уменьшения заглубления дисковых рабочих органов с целью снижения тягового сопротивления, оператор трактора приподнимает заднюю навеску трактора 10. При этом происходит натяжение гибкой тросовой силовой связи 1 и перераспределение сцепного веса с бороны 5 на переднюю полураму 9, заднюю полураму 12 и ходовую систему трактора 10, что позволяет увеличить его тягово-сцепные свойства, снизить буксование движителей, повысить агротехнические скорости движения агрегата.

При необходимости дополнительного заглубления дисковых рабочих органов, оператор трактора опускает заднюю навеску трактора 10. При этом происходит натяжение гибкой тросовой силовой связи 1, что позволяет произвести перераспределение сцепного веса с передней полурамы 9, задней полурамы 12 и ходовой системы трактора 10 на раму бороны 5, что дает возможность регулировать глубину заглубления дисковых рабочих органов бороны в движении, увеличить крошимость, переворачиваемость почвенного пласта и качество почвенной обработки за счет более высокой вертикальной нагрузки на рабочие органы бороны.

При движении бороновального агрегата по дорогам общего назначения, оператор трактора приподнимает заднюю навеску трактора 10. При этом происходит натяжение гибкой тросовой силовой связи 1 и перераспределение сцепного веса с бороны 5 на переднюю полураму 9, заднюю полураму 12 и ходовую систему трактора 10, что позволяет стабилизировать ходовую систему, снизить вертикальные и горизонтальные колебания агрегата в движении, и дает возможность увеличить скоростные характеристики агрегата при

транспортировке бороны.

При отсутствии необходимости передвижения с подключенным корректором-распределителем сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата, оператор трактора положение задней навески трактора 10 не регулирует.

**Заключение.** Таким образом, предложенное устройство позволяет за счет рационального использования сцепного веса, перераспределяемого в звене «трактор – бороны», снизить массу, стоимость и металлоемкость бороны при достижении более значительных технологических характеристик перспективного бороновального агрегата в сравнении с серийными агрегатами.

Использование данного изобретения, обладающего высокой надежностью, низкой себестоимостью, удобством в установке и обслуживании, при достаточно несложной конструкции и простоте изготовления, позволит увеличить тягово-сцепные свойства и стабилизировать ходовую систему бороновального машинно-тракторного агрегата в движении; улучшит качество и глубину почвенной обработки; повысит удобство в эксплуатации агрегата, что увеличит экономический эффект его применения в сельском хозяйстве [3]. Таким образом, предлагаемое устройство по заложенным характеристикам выгодно отличается от известных конструкций и имеет явную промышленную перспективу при внедрении в средства механизации сельского хозяйства.

#### **Список источников**

1. Повышение эффективности использования энергонасыщенных тракторов на обработке почвы / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, А. Е. Слепенков [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 11–2 (77). С. 54–57.

2. Кузнецов Е. Е. Пути повышения эффективности мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных агрегатов на полевых и транспортных работах : дис. ... докт. техн. наук. Благовещенск, 2017. 312 с.

3. Леонов В. В., Щитов С. В., Панова Е. В. Направления повышения эффективности бороновальных агрегатов // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 151–157.

### References

1. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Slepencov A. E., Kuznetsova O. A., Vtornikov A. S., Markov S. N. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya energonasyshchennykh traktorov na obrabotke pochvy [Increasing the efficiency of the use of energy-saturated tractors in tillage]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – International Research Journal*, 2018; 11–2: 54–57 (in Russ.).

2. Kuznetsov E. E. Puti povysheniya effektivnosti mobil'nykh energeticheskikh sredstv i sel'skohozyajstvennykh agregatov na polevykh i transportnykh rabotah [Ways to improve the efficiency of mobile energy means and agricultural aggregates in field and transport work]. *Doctor's thesis*. Blagoveshchensk, 2017, 312 p. (in Russ.).

3. Leonov V. V., Shchitov S. V., Panova E. V. Napravleniya povysheniya effektivnosti boronovall'nykh agregatov [Directions of increasing the efficiency of harrowing units]. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 151–157), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022 (in Russ.).

© Леонов В. В., Сурин Р. О., Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е., 2022

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 23.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 23.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.313

EDN НТНПВ

DOI 10.22450/9785964205777\_169

### Особенности эксплуатации тяжелой дисковой бороны

**Ирина Александровна Лонцева**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент

**Павел Александрович Дищенко**<sup>2</sup>, студент магистратуры

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Largoil@mail.ru](mailto:Largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [pahan-d13@mail.ru](mailto:pahan-d13@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлено описание использования тяжелой дисковой бороны и актуальность ее применения в условиях Амурской области. Освещена проблема забивания рабочих органов в процессе эксплуатации на обработке влажных глинистых почв.

**Ключевые слова:** тяжелая дисковая борона, налипание почвы, снижение производительности

**Для цитирования:** Лонцева И. А., Дищенко П. А. Особенности эксплуатации тяжелой дисковой бороны // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 169–173.

Original article

### Features of operation of a heavy disc harrow

**Irina A. Lontseva**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Pavel A. Dishchenko**<sup>2</sup>, Master's Degree Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Largoil@mail.ru](mailto:Largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [pahan-d13@mail.ru](mailto:pahan-d13@mail.ru)

**Abstract.** The article describes the use of a heavy disc harrow and the relevance of its use in the Amur region. The problem of clogging of working tools during operation on the treatment of wet clay soils is highlighted.

**Keywords:** heavy disc harrow, soil sticking, reduced productivity

**For citation:** Lontseva I. A., Dishchenko P. A. Osobennosti ekspluatatsii tyazhelej diskovoj borony [Features of operation of a heavy disc harrow]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk,

---

Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 169–173 (in Russ.).

В системе растениеводства Амурской области одним из важных технологических приемов остается обработка почвы. Те орудия, которые применяют в центральной черноземной и степной зонах неэффективны на Дальнем Востоке. Причиной тому является тяжелый по своему механическому составу тип почв и обилие дождей, приходящихся на июль – август. В связи с этим, для возделывания зерновых культур и сои применяются технологии обработки почвы, предусматривающие многократный проход машин с оборотом почвенного пласта, разбиванием комьев, рыхлением и прикатыванием.

Основной сельскохозяйственной культурой Амурской области является соя. Уборку сои начинают ближе к третьей декаде сентября и заканчивают в первой декаде ноября. В это время обработку почвы выполняют, преимущественно, дисковыми боронами, комбинированными агрегатами и глубокорыхлителями. Обработку залежных земель, паров, лиманов и участков, на которых не успели посеять в требуемые агротехнические сроки, производят тяжелыми дисковыми боронами. Во время прохода дисковой бороны почва обрачивается, крошится; поверхность поля выравнивается; измельчается и заделывается в почву растительность [1, 2].

Существует множество различных комплектаций и исполнений орудий для обработки почвы, но особое место занимает тяжелая дисковая борона БДТ-6 шириной захвата 6 м и диаметром рабочих дисков 800 мм (рис. 1). Агрегатируется борона с тракторами тягового класса 5–6. Предназначена для заделки пожнивных и растительных остатков, обработки залежных и сильно заросших земель, освоения целины, а также обработки почв с повышенной влажностью для их осушения [1, 2, 3].

Основными преимуществами в выборе данного орудия сельскохозяйственными товаропроизводителями являются: отечественное производство на

протяжении нескольких десятков лет, возможность проведения ремонта «своими силами»; доступная цена; высокая надежность; простота настроек и регулировок и другие.



**Рисунок 1 – Дисковая борона БДТ-6**

Испытания почвообрабатывающего орудия, показанного на рисунке 1, проводились в АО «Луч» Ивановского района (в период с сентября по ноябрь) на обработке переувлажненных почв, заросших сорной растительностью.

Несмотря на указанные выше достоинства почвообрабатывающей машины было установлено, что *при работе на почвах с содержанием влаги более 25 % происходит налипание влажной глинистой почвы с растительными остатками в пространство между чистиком и диском*. Основное назначение чистика – снять с поверхности диска остатки влажной налипающей почвы, но исследования показали, что чистик на заросших сухой сорной растительностью почвах забивается травянисто-почвенной массой (рис. 2).

**Это происходит, на наш взгляд, по двум причинам. Первой причиной**

*выступает форма диска, которая является вырезной, что не позволяет выполнять резание стебля травы в полной мере. Гладкая форма действовала бы, как нож, разрезая растительную массу.*

*Второй причиной является проведение обработки по высохшей, пожухлой траве, имущей наибольшую склонность к забиванию.*



**Рисунок 2 – Чистик, забитый травянисто-почвенной массой**

Утрамбованная масса препятствует свободному вращению батареи дисков, что увеличивает сопротивление движению и может приводить к полной блокировке батареи, требуя ее отчистки. Общая продолжительность очистки составляет от 40 до 160 минут от времени смены, что снижает производительность агрегата. Также утрамбованная масса увеличивает время обслуживания и чистки агрегата, при ежесменном техническом обслуживании.

**Выводы.** *В качестве решения этой проблемы, предлагаем проведение работ по обработке залежных, парующих земель, заросших сорной растительностью, проводить в то время, когда стебель растений зеленый и наполнен*

*влажгой. В это время его легче измельчить и смешать с почвой.*

*При обработке почвы на лиманах в осенний период после уборки основной культуры предлагаем использовать дополнительную операцию по измельчению сорной растительности, а затем применять дискование с использованием тяжелой дисковой бороны.*

### **Список источников**

1. Ожерельев В. Н., Никитин В. В., Гринь А. М. Совершенствование конструкции дисковых почвообрабатывающих орудий // Наука в центральной России. 2020. № 5 (47). С. 5–11.
2. Припоров Е. В., Шепелев А. Б. Анализ факторов, влияющих на коэффициент полезного действия дисковой бороны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 146–149.
3. Саломатин Д. Д., Коновалов В. И. Совершенствование рабочих органов дисковой бороны // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы 76-й студенческой науч.-практ. конф. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2021. С. 524–526.

### **References**

1. Ozherelev V. N., Nikitin V. V., Grin A. M. Sovershenstvovanie konstrukcii diskovyh pochvoobrabatyvayushchih orudij [Improving the design of disk tillage tools]. *Nauka v central'noj Rossii. – Science in Central Russia*, 2020; 5: 5–11 (in Russ.).
2. Priporov E. V., Shepelev A. B. Analiz faktorov, vliyayushchih na koeffitsient poleznogo dejstviya diskovoj borony [Analysis of factors affecting the efficiency of a disc harrow]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2020; 4: 146–149 (in Russ.).
3. Salomatin D. D., Kononov V. I. Sovershenstvovanie rabochih organov diskovoj borony [Improvement of the working bodies of the disc harrow]. *Proceedings from Scientific support of the agro-industrial complex: 76-ya Studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – 76<sup>th</sup> Student Scientific and Practical Conference*. (PP. 524–526), Krasnodar, Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

© Лонцева И. А., Дищенко П. А., 2022

Статья поступила в редакцию 21.11.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 21.11.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.372

EDN IGLFJC

DOI 10.22450/9785964205777\_174

### Повышение опорной проходимости колесного машинно-тракторного агрегата

**Евгений Владимирович Маршанин<sup>1</sup>**, аспирант

**Роман Олегович Сурин<sup>2</sup>**, аспирант

**Владимир Викторович Леонов<sup>3</sup>**, аспирант

**Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>4</sup>**, доктор технических наук, доцент

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [MarshininEV@mail.ru](mailto:MarshininEV@mail.ru), <sup>2</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru), <sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

**Аннотация.** В статье предложена конструкция устройства, способствующего стабилизации тягово-сцепных свойств колесного машинно-тракторного агрегата и повышению его проходимости в условиях проведения работ при переувлажнении обрабатываемой поверхности.

**Ключевые слова:** машинно-тракторный агрегат, колесная система, проходимость, эффективность

**Для цитирования:** Маршанин Е. В., Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е. Повышение опорной проходимости колесного машинно-тракторного агрегата // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 174–181.

Original article

### Increasing the supporting cross-country ability of a wheeled machine-tractor unit

**Evgeny V. Marshanin<sup>1</sup>**, Postgraduate Student

**Roman O. Surin<sup>2</sup>**, Postgraduate Student

**Vladimir V. Leonov<sup>3</sup>**, Postgraduate Student

**Evgeny E. Kuznetsov<sup>4</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [MarshininEV@mail.ru](mailto:MarshininEV@mail.ru), <sup>2</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru), <sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

**Abstract.** The article proposes the design of a device that helps to stabilize the traction properties of a wheeled machine-tractor unit and increase its patency in the

conditions of work when the treated surface is wetted.

**Keywords:** machine-tractor unit, wheel system, patency, efficiency

**For citation:** Marshanin E. V., Surin R. O., Leonov V. V., Kuznetsov E. E. Povyshenie opornoj prohodimosti kolesnogo mashinno-traktornogo agregata [Increasing the supporting cross-country ability of a wheeled machine-tractor unit]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 174–181(in Russ.).

Несмотря на достаточно высокое количество закупаемой техники в рамках различных государственных программ, принимаемых и реализуемых Правительством Амурской области [1], в хозяйствах явно прослеживается тенденция к ее сокращению и увеличению нагрузки на средства механизации производства (табл. 1).

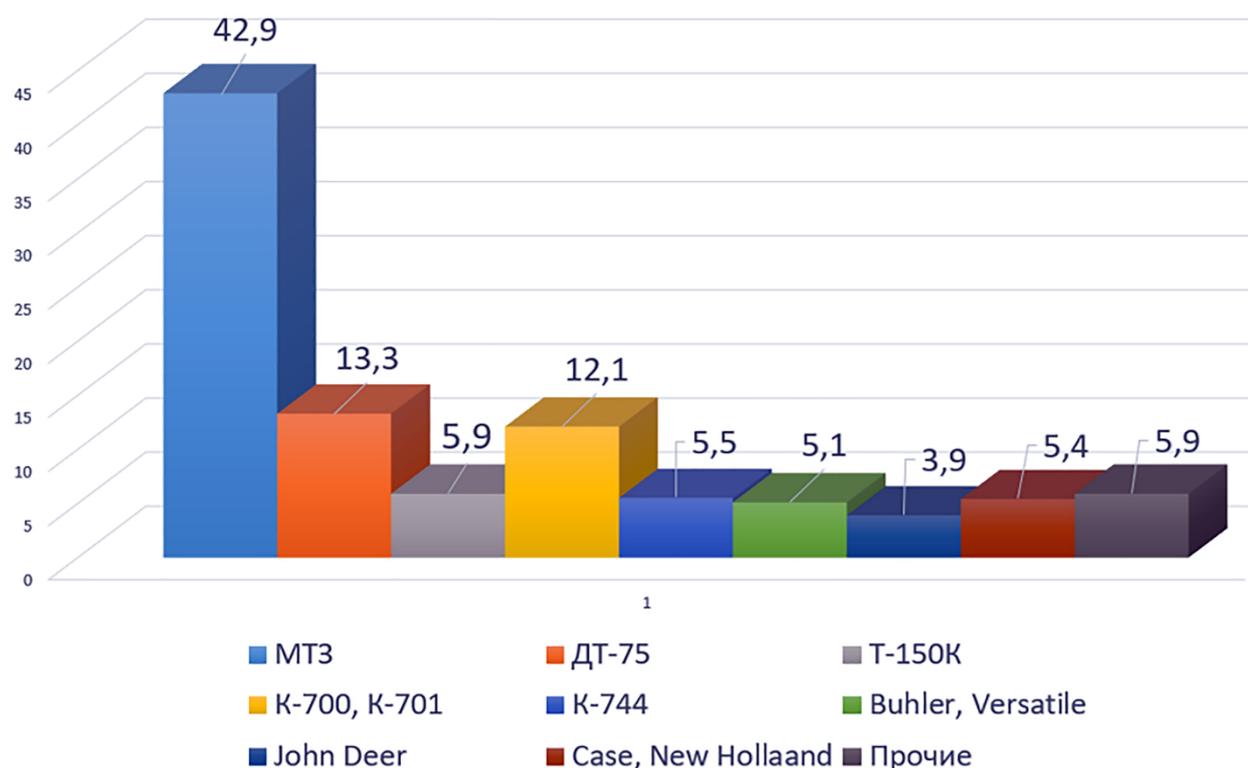
**Таблица 1 – Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами**

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Приходится тракторов на 1 000 га пашни, шт.	4	3	3	3	3	3	3
Нагрузка пашни на один трактор, га	236	320	328	337	345	349	353
Приходится комбайнов на 1 000 га посевов зерновых культур, шт.	3	2	2	2	2	2	2
Приходится на 100 тракторов, шт. плугов	28	28	28	28	28	28	28
культиваторов	39	40	40	40	40	40	40
сеялок	43	39	38	37	36	35	34
грабель	6	6	6	7	7	6	6
косилок	13	14	14	14	14	14	14

При этом анализ основных средств механизации показывает, что в период с 1990 г. количество тракторов сократилось в 7,5 раз, комбайнов – в 5 раз, грузовых автомобилей – более чем в 9 раз. Даже, учитывая поступление в органи-

## Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве

зации современной высокоэффективной энергонасыщенной и широкозахватной техники, высоких тяговых классов и грузоподъемности, недостаток энергетических средств значительно влияет на возможность агропромышленного комплекса региона по выращиванию, уборке, хранению и перевозке продукции сельского хозяйства. Сложившееся распределение тракторного парка в 2022 г. показано на рисунке 1.



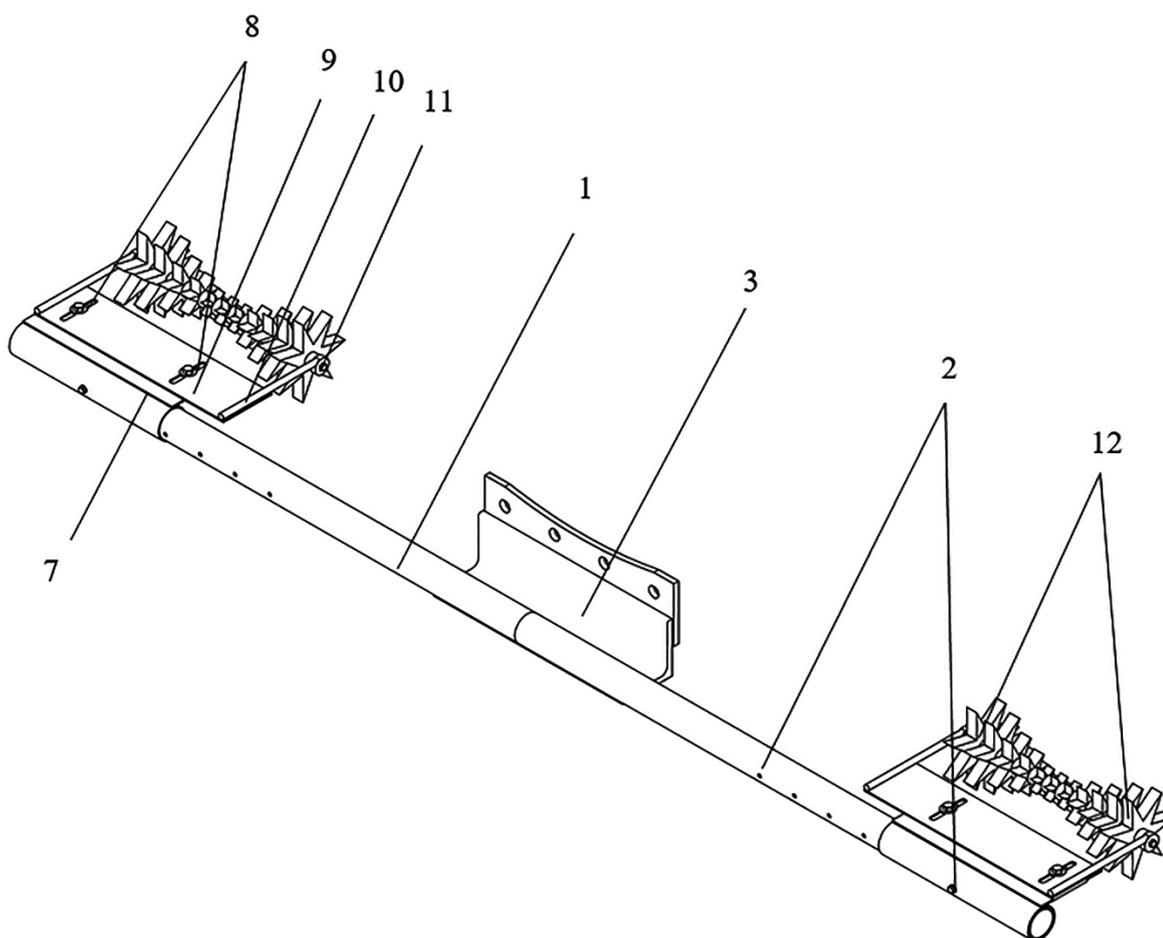
**Рисунок 1 – Анализ структуры тракторного парка, %**

Основным типом тракторов региона, как и прежде, является колесный трактор моноблочной схемы типа производства Минского тракторного завода (MTZ). Таким образом, учитывая невысокие тягово-сцепные свойства этих машин в условиях переувлажнения, необходимо проведение научных изысканий в направлении повышения опорной проходимости колесного машинно-тракторного агрегата (МТА).

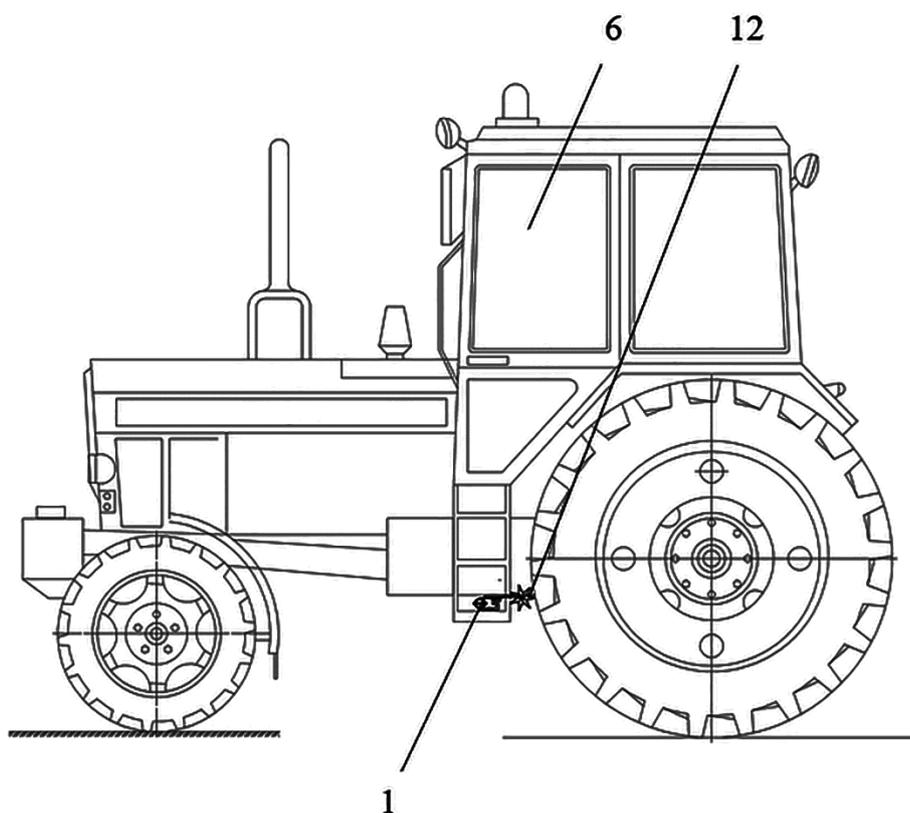
На основании патентного поиска и результатов научных исследований [2,

3], была сформулирована техническая задача – обеспечение повышения проходимости колесного трактора по слабонесущим грунтам; увеличение его тягово-сцепных свойств вследствие наиболее полной очистки рисунка протектора колесного движителя в движении; конструкционная простота, надежность и низкая стоимость при отсутствии элементов, повреждающих движитель; удобство при установке и эксплуатации устройства.

*В целях решения поставленной задачи предложена конструкция комбинированного очистителя протектора колесного движителя, совокупность технических эффектов которого при внедрении в производство позволяет добиться желаемой эффективности. Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 2, способ установки показан на рисунке 3.*



**Рисунок 2 – Принципиальная схема комбинированного очистителя протектора колесного движителя**



**Рисунок 3 – Способ установки комбинированного очистителя протектора колесного движителя**

Комбинированный очиститель протектора колесного движителя изготовлен в виде комплекта, содержащего несущую ось 1, выполненную в виде толстостенной металлической трубы со сквозными горизонтальными отверстиями 2 в ее окончаниях, смонтированную в кронштейне 3 на болтовых соединениях 4 коробки перемены передач 5 трактора 6; и опорную площадку 7 с продольными вырезами 8, установленную в окончаниях несущей оси 1 и закрепленную на ней болтовым соединением в сквозных горизонтальных отверстиях 2. При этом в вырезах 8 опорной площадки 7 болтовыми фиксаторами укреплен скребковый механизм, состоящий из рабочей площадки 9 с направляющими 10 и установочной осью 11, на которой размещены съемные полимерно-композитные очистители 12 с лучеобразными вычищающими элементами.

**Принцип работы устройства.** При въезде на поле машинист-оператор трактора переводит комбинированный очиститель протектора колесного движителя из транспортного в рабочее положение, для чего раскручивает и снимает болтовые соединения в сквозных горизонтальных отверстиях 2 несущей оси 1, закрепляющие опорную площадку 7, и сдвигает опорную площадку 7 к окончаниям несущей оси 1, впоследствии закрепляя ее болтовыми соединениями в сквозных горизонтальных отверстиях 2 в положении, оптимальном для дальнейшей регулировки устройства.

Далее производится прижатие скребкового механизма при помощи разблокирования болтовых фиксаторов, которыми укреплен скребковый механизм, и горизонтального смещения рабочей площадки 9 с направляющими 10 и установочной осью 11 в вырезах 8 опорной площадки 7 до прижатия съемных полимерно-композитных очистителей 12 к очищаемой поверхности колеса.

Далее, в движении, вследствие перекатывания колесного движителя и его упирания в рабочую поверхность полимерно-композитных очистителей 12, происходит наиболее полное вычищение рисунка его протектора; причем вычищение происходит при всех режимах движения трактора 6 со скидыванием грязевых масс на поверхность движения.

При выезде на дорогу с твердым покрытием или отсутствии необходимости передвижения с подключенным комбинированным очистителем протектора колесного движителя, машинист-оператор транспортного средства производит отключение устройства проведением вышеописанных манипуляций в обратном порядке.

Предлагаемое устройство в отличие от прототипа изготавливается методом сварки и простейших способов металлообработки; не имеет встроенных высокотехнологичных элементов, таких как торсионная ось; не требует опера-

ции фрезерования при изготовлении внутренних и внешних шлицов, что значительно снижает стоимость изготовления, упрощая конструкцию очистителя и повышая ее надежность. При этом в конструкции отсутствуют элементы, повреждающие движитель, так как вычищающие рабочие органы с лучеобразными вычищающими элементами выполнены из полимерных композитных материалов.

**Заключение.** *Использование данного изобретения, при его технологической и конструкционной простоте, надежности и низкой стоимости, удобстве при установке и эксплуатации, позволит обеспечить наиболее полную очистку рисунка протектора колесного движителя трактора в движении при отсутствии элементов, повреждающих колесный движитель; повысить проходимость и увеличить тягово-сцепные свойства колесных тракторов при их движении в условиях бездорожья, плохих погодных условиях или низкой несущей способности почв, что приведет к экономии энергозатрат и увеличит экономический эффект от применения изобретения в сельском хозяйстве.*

### **Список источников**

1. Министерство сельского хозяйства Амурской области : сайт. URL: <https://www.agro.amurobl.ru> (дата обращения: 01.11.2022).
2. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.
3. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., Поликутина Е. С. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. 148 с.

## References

1. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Amurskoj oblasti [Ministry of Agriculture of the Amur Region]. *Agro.amurobl.ru* Retrieved from <https://www.agro.amurobl.ru> (Accessed 01 November 2022) (in Russ.).
2. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur: monografiya [Improving the efficiency of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).
3. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Polikutina E. S. *Povyshenie prodol'no-poperechnoj ustojchivosti i snizhenie tekhnogenogo vozdejstviya na pochvu kolesnykh mobil'nyh energeticheskikh sredstv: monografiya [Increasing longitudinal and transverse stability and reducing the anthropogenic impact on the soil of wheeled mobile energy vehicles: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

© Маршанин Е. В., Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е., 2022

Статья поступила в редакцию 18.11.2022; одобрена после рецензирования 25.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 25.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.372:519.8

EDN IJTCWH

DOI 10.22450/9785964205777\_182

### Математическое моделирование поперечной устойчивости транспортных агрегатов при криволинейном движении

**Николай Вениаминович Пономарев<sup>1</sup>**, аспирант

**Елена Сергеевна Поликутина<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент

**Зоя Федоровна Кривуца<sup>3</sup>**, доктор технических наук, доцент

<sup>1,3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Благовещенский политехнический колледж

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>2</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru), <sup>4</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

**Аннотация.** С целью повышения надежности выполнения транспортных работ, в статье представлена математическая модель по влиянию угла наклона дорожного полотна на безаварийную скорость движения автоцистерны, частично заполненной жидкостью.

**Ключевые слова:** автоцистерна, сила инерции, угол наклона, сила тяжести автомобиля, восстанавливающий момент

**Для цитирования:** Пономарев Н. В., Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф. Математическое моделирование поперечной устойчивости транспортных агрегатов при криволинейном движении // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 182–186.

Original article

### Mathematical modeling of transverse stability of transport units in curved motion

**Nikolay V. Ponomarev<sup>1</sup>**, Postgraduate Student

**Elena S. Polikutina<sup>2</sup>**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Zoya E. Krivutsa<sup>3</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2</sup> Blagoveshchensk Polytechnic College, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>2</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru), <sup>4</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

**Abstract.** In order to improve the reliability of transport work, the article presents a mathematical model on the effect of the angle of inclination of the roadway on the accident-free speed of a tanker partially filled with liquid.

**Keywords:** tanker truck, inertia force, tilt angle, vehicle gravity, restoring moment

**For citation:** Ponomarev N. V., Polikutina E. S., Krivutsa Z. F. Matematicheskoe modelirovanie poperechnoj ustojchivosti transportnyh agregatov pri krivolinejnom dvizhenii [Mathematical modeling of transverse stability of transport units in curved motion]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 182–186) (in Russ.).

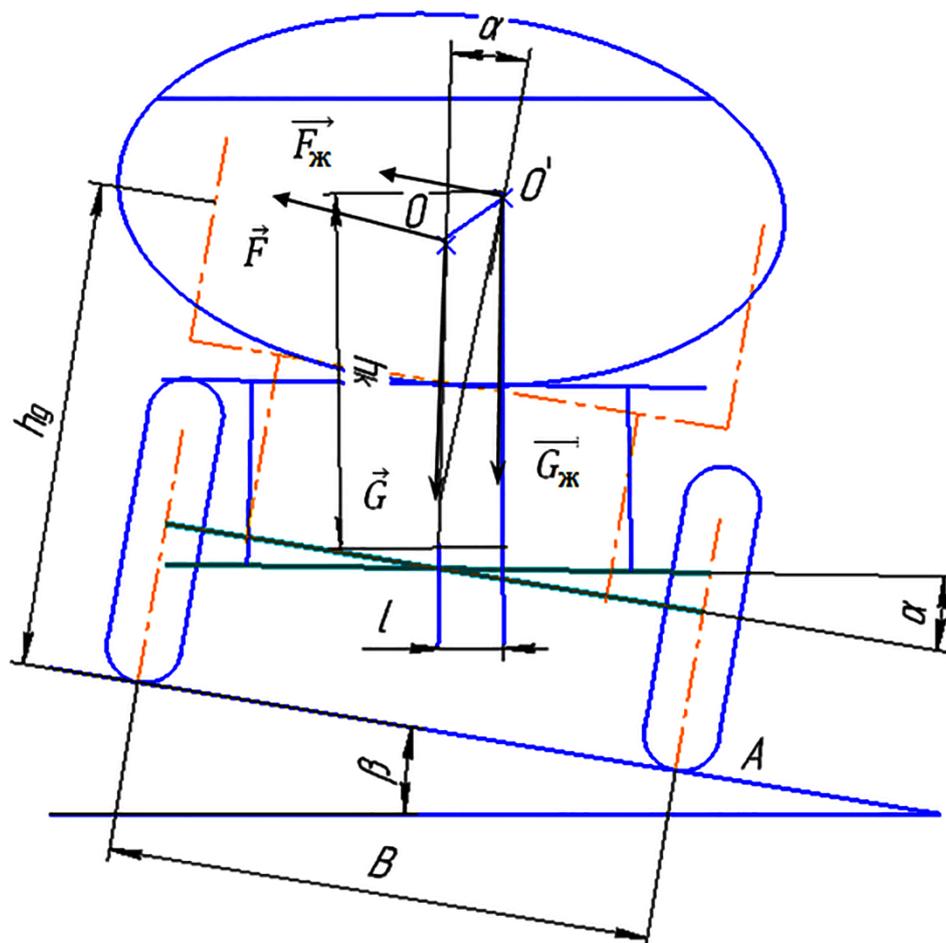
Движение автоцистерны по криволинейной траектории представляет большой практический интерес в связи с уменьшением показателей устойчивости и управляемости транспортным средством. Вероятность возникновения аварийной ситуации при движении автоцистерны по наклонной поверхности возрастает при частичной заполняемости цистерны, и обусловлено возникновением ламинарного и турбулентного движения жидкости в зависимости от вязкости наливных грузов.

С целью повышения надежности выполнения транспортной работы необходимо провести исследования по влиянию угла наклона дорожного полотна на безаварийную скорость движения автоцистерны частично заполненной жидкостью. При проведении исследований необходимо учитывать, что уровень заполнения цистерны напрямую влияет на поперечную устойчивость автомобиля, в связи с тем, что силы, создающие поворачивающие моменты, зависят от смещения центров масс жидкости в цистерне. Объектом исследования является автоцистерна круглого сечения.

При построении математической модели движения автоцистерны, частично заполненной жидкостью, необходимо учитывать, что движение центра масс жидкости и автоцистерны параллельно траектории дороги; также следует

пренебречь динамическими эффектами, связанными с возникновением гидроудара, и рассматривать жидкость со свободной плоской поверхностью.

Изменение скорости движения автоцистерны, частично заполненной жидкостью, движущейся по криволинейной траектории, приводит к изменению угла наклона уровня жидкости к горизонту в цистерне, за счет изменения сил инерции (рис. 1).



$G$  – сила тяжести автомобиля и пустой цистерны, Н;  $G_{ж}$  – сила тяжести наливной жидкости, Н;  $F$  – сила инерции автомобиля и пустой цистерны, Н;  $F_{ж}$  – сила инерции наливной жидкости, Н;  $\beta$  – угол наклона дороги, град;  $B$  – поперечная база автомобиля, м;  $h_g$  – высота центра тяжести, м;  $h_k$  – высота центра тяжести жидкости, м

**Рисунок 1 – Схема сил, действующих  
на автоцистерну с частично заполненной жидкостью**

Устойчивое движение автоцистерны по криволинейной траектории определяется условием (1):

$$M_{\text{вос}} = M_{\text{опр}} \quad (1)$$

где  $M_{\text{вос}}$  – восстанавливающий момент, Н·м;

$M_{\text{опр}}$  – опрокидывающий момент, Н·м.

Учитывая исследования, проведенные в работе [1], выражение (1) можно записать в следующем виде (2):

$$(G \cos \beta + F \sin \beta)0,5B + Fh_g \cos \beta + (G_{\text{ж}} \cos \beta + F_{\text{ж}} \sin \beta)(0,5B - a) + F_{\text{ж}}h_k \cos \beta = (Gh_g + G_{\text{ж}}h_k) \sin \beta \quad (2)$$

При движении по дороге, имеющей поперечный уклон, учитываем, что угол наклона жидкости совпадает с углом наклона дороги (3):

$$F_{\text{ж}} \cos \beta = G \sin \beta \quad (3)$$

Учитывая условие (4):

$$F_{\text{ж}} = m \frac{v^2}{r} \cos \beta \quad (4)$$

Приводим выражение (3) к следующему виду (5):

$$m \frac{v^2}{r} \cos \beta = mg \sin \beta \quad (5)$$

где  $m$  – масса автоцистерны, кг;

$v$  – скорость движения автоцистерны, м/с;

$r$  – радиус кривизны траектории, м.

Следовательно, составим выражение (6):

$$\text{tg } \beta = \frac{v^2}{r} \quad (6)$$

Таким образом, используя выражения (2)–(6), построена зависимость допускаемой скорости движения автоцистерны от степени заполняемости цистерны при криволинейном движении (рис. 2).

*Экспериментальные исследования показывают, что с увеличением заполняемости цистерны рекомендуемая скорость движения автоцистерны на*

криволинейном участке дороги снижается.

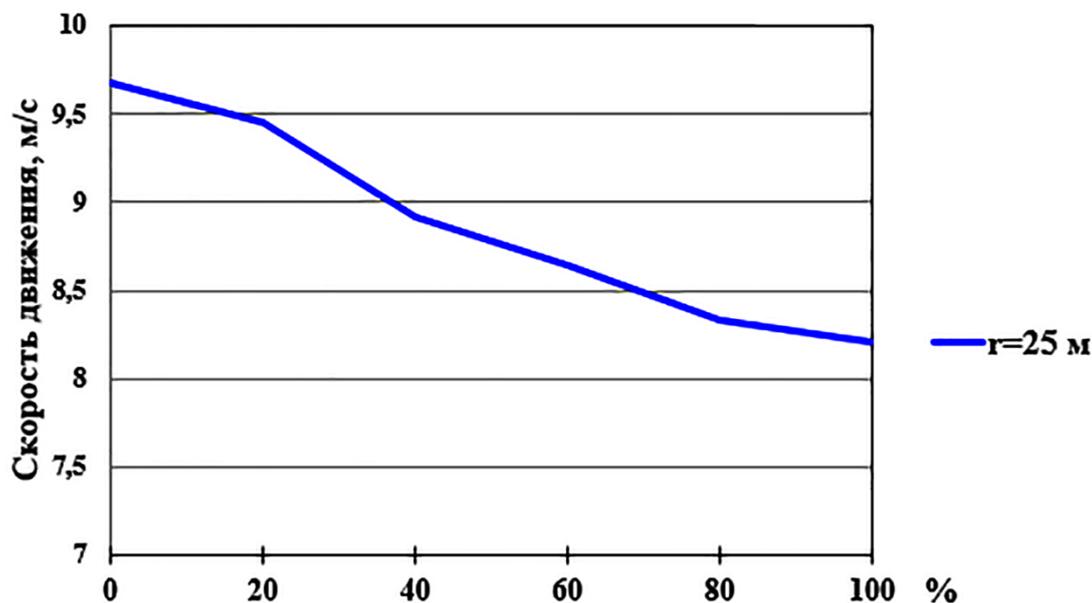


Рисунок 2 – Зависимость скорости движения автоцистерны от степени заполняемости при угле наклона дороги  $\beta = 20^\circ$

### Список источников

1. Кузнецов Е. Е. Пути повышения эффективности мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных агрегатов на полевых и транспортных работах : дис. ... докт. техн. наук. Благовещенск, 2017. 312 с.

### References

1. Kuznetsov E. E. Puti povysheniya effektivnosti mobil'nyh energeticheskikh sredstv i sel'skohozyajstvennyh agregatov na polevyh i transportnyh rabotah [Ways to improve the efficiency of mobile energy means and agricultural aggregates in field and transport work]. *Doctor's thesis*, Blagoveshchensk, 2017, 312 p. (in Russ.).

© Пономарев Н. В., Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф., 2022

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.674

EDN INKAUV

DOI 10.22450/9785964205777\_187

### Автоматическая система полива овощных теплиц

Палина Павловна Проценко<sup>1</sup>, доцент

Владимир Владимирович Вергун<sup>2</sup>, студент бакалавриата

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [vergun2000@list.ru](mailto:vergun2000@list.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос автоматизации системы капельного полива овощных культур. Обосновано, что внедрение автоматизированных систем обеспечит повышение урожайности овощных теплиц и увеличение эффективности полива.

**Ключевые слова:** автоматическая система полива, капельный полив, программируемое реле

**Для цитирования:** Проценко П. В., Вергун В. В. Автоматическая система полива овощных культур // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 187–193.

Original article

### Automatic irrigation system for vegetable greenhouses

Palina P. Protsenko<sup>1</sup>, Associate Professor

Vladimir V. Vergun<sup>2</sup>, Undergraduate Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [vergun2000@list.ru](mailto:vergun2000@list.ru)

**Abstract.** The article considers the issue of automation of the drip irrigation system of vegetable crops. It is proved that the introduction of automated systems will increase the yield of vegetable greenhouses and increase the efficiency of irrigation.

**Keywords:** automatic irrigation system, drip irrigation, programmable relay

**For citation:** Protsenko P. P., Vergun V. V. Avtomaticheskaya sistema poliva ovoshchnyh kul'tur [Automatic irrigation system for vegetable crops]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian*

Амурская область является лидером в производстве сельскохозяйственной продукции среди Дальневосточного федерального округа и занимает 37 место среди регионов РФ. Это не удивительно, ведь площадь сельскохозяйственных угодий составляет 3,55 млн. га, из них пашня – 66,8 % (или 60 % от общей площади пахотных земель Дальнего Востока). Общая же посевная площадь по области достигает 596 044 га [1]. В связи с этим, появляется тенденция к развитию автоматизации процессов, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур в Амурской области.

Как известно, количество урожая зависит от условий, в которых выращивали сельскохозяйственную продукцию. В перечень этих условий входит и влажность почвы. Почва увлажняется за счет полива [2]. Нами предлагается вариант автоматической системы полива для повышения урожайности овощей.

Капельный метод – метод полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемые малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Этот метод позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов (удобрений, трудовых затрат, энергии). Капельное орошение также дает другие преимущества, например, более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков.

Варианты систем автоматического полива, которые предлагают различные производители практически одинаковы. Системы основаны на капельном поливе, при котором вода поставляется из резервуара, расположенного выше уровня земли. Под небольшим давлением вода проходит через систему труб и капельниц, и доставляется в почву.

Принцип действия системы автоматического капельного полива раскрыт

в работе [3]. Полив происходит за счет сигнала, посылаемого программируемым реле ПР-200 твердотельному реле. Контакт замыкается и осуществляется работа двигателя, который заставляет погружной насос качать воду из скважины. Время, в которое сработает двигатель, заранее программируется в данном реле в среде OWEN logic [4]. Вода поступает через фильтр грубой очистки и после этого направляется через обратный клапан. Под давлением из резервуара жидкое удобрение поступает в водопроводную трубу посредством инжектора, который настроен на подачу удобрения в количестве 3 % от объема воды.

Реле давления ПД-100, соединенное с трубопроводом посредством тройника из нержавеющей стали, питаемое блоком питания для датчиков БП02Б, регулирует давление внутри трубопровода, и, в случае превышения установленного в ПР-200 давления, насос автоматически завершает работу, и включается звуковая сигнализация.

Далее вода поступает через развилку и проходит через цифровой расходомер с выходом 4-20 мА на цифровой счетчик импульсов с преобразованием физической величины. Расходомер считает объем пройденной через него воды и передает информацию счетчику импульсов. При этом учитывается цена импульса, которая указана в документации конкретного расходомера.

Счетчик импульсов передает эту информацию на дискретный вход и, в зависимости от установленных пользователем настроек, при достижении необходимого количества воды, если насос не занят поливом других участков, отключается. Одновременно с этим сигнал подается на электрический клапан с приводом с выходом 4–20 мА, который перекрывает доступ воды к участку. При этом из-за наличия на трубопроводе обратного клапана, вода не поступает назад. Если же насос занят поливом других участков, то двигатель не отключается, и вода спокойно поступает на участки, которым еще нужен полив, минуя тот участок, на котором полив закончен.

Схема программирования ПР-200 в среде OWEN logic включает в себя два таймера с маской недели, чтобы настраивать полив на определенные дни недели; блоки-преобразователи в целые числа; блоки константы, в которых пользователь настраивает количество импульсов для отключения от показаний расходомера и количество импульсов для отключения насоса от показаний реле давления. Также схема состоит из D-триггеров и простых логических функций, которые регулируют работу схемы. Функциональная схема представлена на рисунке 1.

Предлагаемая автоматическая система капельного полива обладает рядом весомых **преимуществ** относительно существующих аналогов:

1) *довольно точный расход воды на полив, который регламентируется государственным стандартом [5];*

2) *обеспечивает больший рост и минимизирует развитие у растений различных болезней, которые вызывает переувлажненная почва;*

3) *имеет возможность поливать отличающиеся по потребностям полива различные виды культур;*

4) *вместе с водой растения получают еще и жидкое удобрение, что повышает урожайность;*

5) *возможность дальнейшей модернизации системы (например, установка к ПР-200 дополнительных датчиков или замена реле на сенсорную панель оператора для более удобной настройки и управления оборудования).*

Вместе с тем, система характеризуется и рядом **недостатков**:

1) *капиталовложения зависят от разнообразия культур на участках у предприятия и от общей площади всех посевных участков;*

2) *система нацелена на работу на предприятиях со средними или большими посевными участками;*

3) *в качестве источника воды рекомендуется выбирать скважины, а также довольно высокие требования к воде;*

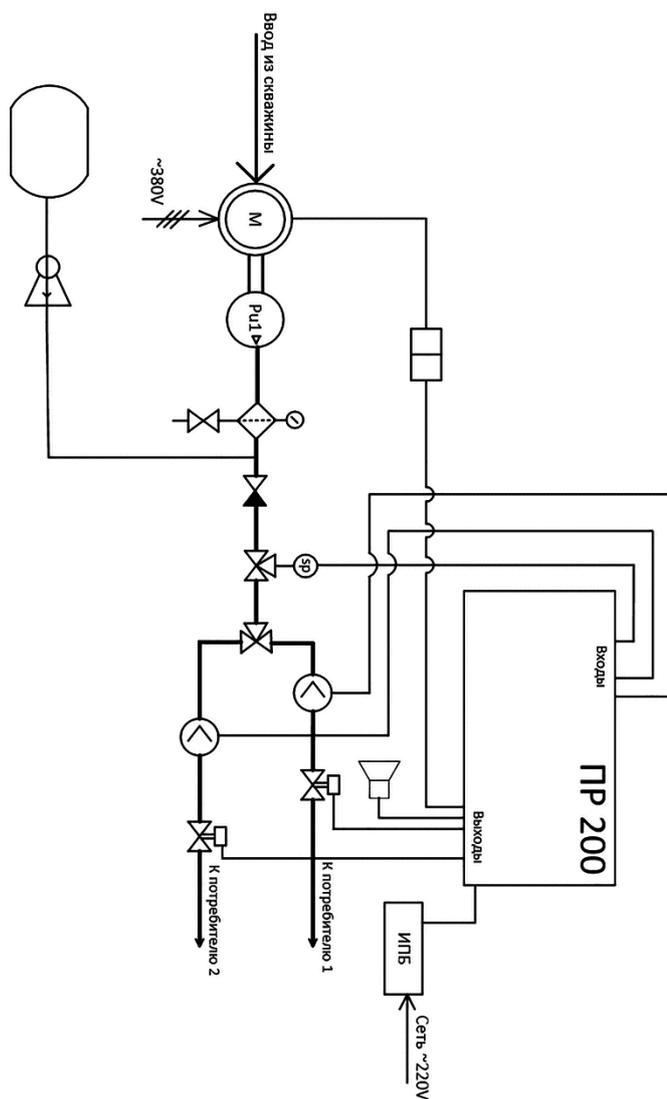


Рисунок 1 - Функциональная схема системы автоматического капельного полива

Условно-графическое обозначение на схеме	Название	Количество
	Электродвигатель	1
	Насос погружной	2
	Фильтр грубой очистки	1
	Проходной клапан (вентиль)	1
	Показатель давления	1
	Резервуар под давлением	1
	Обратный клапан	1
	Кран трехходовой	2
	Индикатор жидкостный	1
	Расходомер цифровой	2
	Клапан с электромагнитным приводом	2
	Твердотельное реле	1
	Звонок электрический	1

4) необходимость в перепрограммировании времени и количества полива в ПР-200, так как в разные фазы созревания растений требуется разное количество воды и частота полива.

В результате разработана относительно недорогая система автоматического полива с небольшим сроком окупаемости, которая позволит расходовать воду на полив ровно столько, сколько нужно, а также обеспечит необходимый рост растений и минимизацию развития у них различных болезней.

### Список источников

1. Сельское хозяйство Амурской области // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. URL: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-amurskoy-oblasti> (дата обращения: 10.09.2022).
2. Габибова Е. Н., Мухортова В. К. Овощеводство : учебное пособие. Персиановский : Донской государственный аграрный университет, 2019. 180 с.
3. Устройство капельного полива // Строительная компания «М-страна». URL: <https://m-strana.ru/articles/kapelnyy-poliv/> (дата обращения: 10.09.2022).
4. Программное обеспечение OWEN Logic // Компания Owen. URL: [https://owen.ru/product/programmnoe\\_obespechenie\\_owen\\_logic](https://owen.ru/product/programmnoe_obespechenie_owen_logic) (дата обращения: 15.10.2022).
5. ГОСТ Р 58331.3–2019. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163278> (дата обращения: 15.10.2022).

### References

1. Sel'skoe hozyajstvo Amurskoj oblasti [Agriculture of the Amur region]. *Ab-centre.ru* Retrieved from <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-amurskoy-oblasti> (Accessed 10 September 2022) (in Russ.).
2. Gabibova E. N., Mukhortova V. K. *Ovoshchevodstvo: uchebnoe posobie [Vegetable growing: a textbook]*, Persianovskij, Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019, 180 p. (in Russ.).
3. Ustrojstvo kapel'nogo poliva [Drip irrigation device]. *M-strana.ru* Retrieved from <https://m-strana.ru/articles/kapelnyy-poliv/> (Accessed 10 September 2022) (in Russ.).
4. Programmnoe obespechenie OWEN Logic [OWEN Logic Software]. *Owen.ru* Retrieved from

[https://owen.ru/product/programmnoe\\_obespechenie\\_owen\\_logic](https://owen.ru/product/programmnoe_obespechenie_owen_logic) (Accessed 15 October 2022) (in Russ.).

5. Vodopotrebnost' dlya orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Obshchie trebovaniya [Water demand for irrigation of agricultural crops. General requirements]. (2019). *HOST R 58331.3–2019 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200163278> (Accessed 15 October 2022) (in Russ.).

© Проценко П. П., Вергун В. В., 2022

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.372

EDN KXEIJK

DOI 10.22450/9785964205777\_194

**Современные георадарные средства повышения эффективности  
сельскохозяйственного почвообрабатывающего комплекса**

**Роман Олегович Сурин<sup>1</sup>**, аспирант

**Владимир Викторович Леонов<sup>2</sup>**, аспирант

**Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>3</sup>**, доктор технических наук, доцент

**Сергей Васильевич Щитов<sup>4</sup>**, доктор технических наук, профессор

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru), <sup>2</sup> [leonovvladimir@mail.ru](mailto:leonovvladimir@mail.ru),

<sup>3</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>4</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приведен обзор средств повышения эффективности фронтального прокалывателя-щелереза. В частности, предложена конструкция автоматического регулятора почвенной обработки, способного при помощи радиолокационного зондирования обрабатываемого почвенного слоя, получать необходимую информацию о залегании плужной подошвы и глинистого слоя, а также осуществлять автоматическую регулировку глубины проведения прокалывания и щелевания.

**Ключевые слова:** фронтальный прокалыватель-щелерез, полурамный трактор, автоматический регулятор глубины, зондирование почвенного слоя, эффективность

**Для цитирования:** Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Современные георадарные средства повышения эффективности сельскохозяйственного почвообрабатывающего комплекса // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 194–201.

Original article

**Modern georadar means of increasing  
the efficiency of agricultural tillage complex**

**Roman O. Surin<sup>1</sup>**, Postgraduate Student

**Vladimir V. Leonov<sup>2</sup>**, Postgraduate Student

**Evgeny E. Kuznetsov<sup>3</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Sergey V. Shchitov<sup>4</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Professor

<sup>1,2,3,4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [roman\\_surin81.81@mail.ru](mailto:roman_surin81.81@mail.ru), <sup>2</sup> [leonovvladimir@mail.ru](mailto:leonovvladimir@mail.ru),

<sup>3</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>4</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

**Abstract.** The article provides an overview of the means of improving the efficiency of the frontal piercing-cutter. In particular, the design of an automatic soil treatment regulator is proposed, capable of using radar sensing of the treated soil layer to obtain the necessary information about the occurrence of the plow sole and clay layer, as well as to automatically adjust the depth of piercing and crevice.

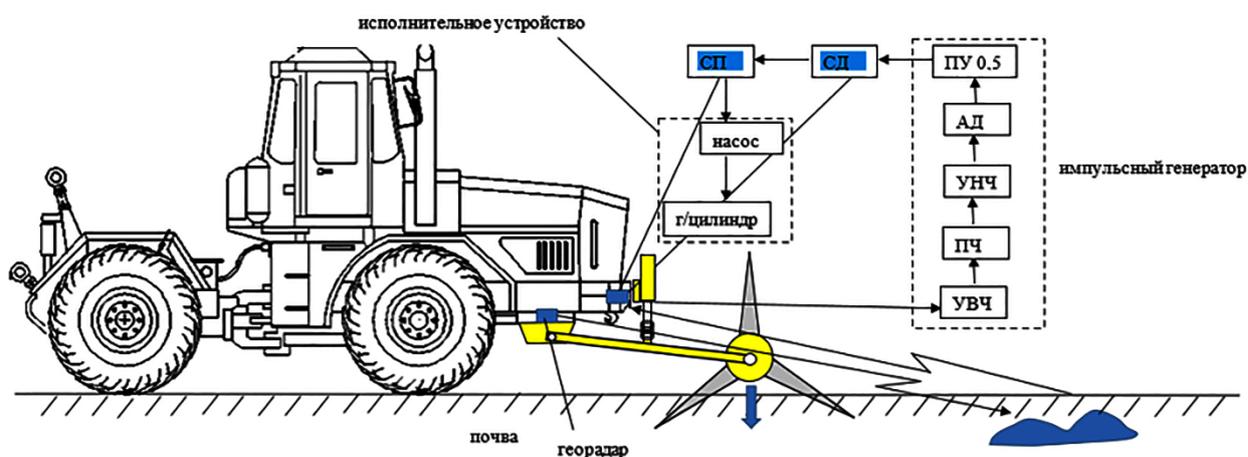
**Keywords:** frontal piercing-cutter, semi-frame tractor, automatic depth control, soil layer probing, efficiency

**For citation:** Surin R. O., Leonov V. V., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Sovremennye georadarnye sredstva povysheniya effektivnosti sel'skohozyajstvennogo pochvoobrabatyvayushchego kompleksa [Modern georadar means of increasing the efficiency of agricultural tillage complex]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 194–201 (in Russ.).

Урожайность сельскохозяйственных культур в Амурской области во многом зависит от влияния различных факторов: сроков посева; количества органических и минеральных веществ в плодородном слое; почвенной влажности, как на момент высева, так и в период выращивания растений; засоренности поля; количества света и тепла в период созревания. Однако, среди главных факторов все-таки будут являться агроклиматические условия области – затяжное оттаивание почвы весной; большое обилие остаточной влаги в почве, в связи с массивным выпадением осадков в период созревания основных культур; повышенное весеннее переувлажнение почвы при наличии мерзлотного основания, затрудняющее использование традиционных почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов; необходимость использования дополнительных мелиоративных агротехнических приемов, таких как щелевание пахотного слоя, нарезка гряд или гребней с водоотводными бороздами.

В сложившейся ситуации современные региональные технологии обработки почвы требуют минимизации количества проходов сельскохозяйственной техники по полю, что возможно за счет внедрения в производственный процесс комбинированных посевных разуплотняющих машин.

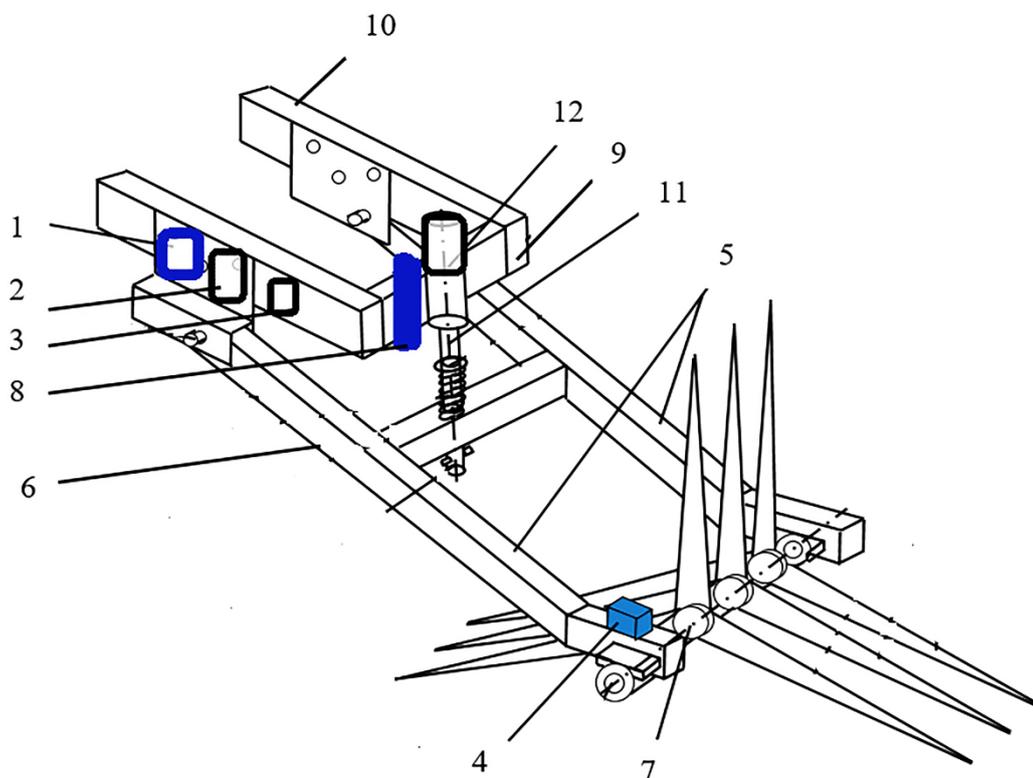
В результате патентного поиска и опираясь на анализ исследовательских работ авторов [1, 2, 3] нами было предложено средство для повышения эффективности полевых работ – фронтальный прокальватель-щелерез с автоматическим регулированием глубины почвенной обработки (патент РФ № 2754595), конструкция и принцип работы которого описаны в работе [4] (рис. 1, 2). Необходимо отметить, что предлагаемая конструкция отличается достаточно несложной компоновкой и высокой надежностью, долговечностью; обладает удобством в обслуживании и эксплуатации при низкой энергоемкости и металлоемкости.



**Рисунок 1 – Принципиальная схема работы автоматического регулятора глубины почвенной обработки**

Основными техническими эффектами этого приспособления являются улучшение качества обработки почвы, отведение избыточной влаги в подповерхностные слои, а при необходимости и более глубокое щелевание почвенного слоя в целях сохранения плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, что приведет, как к увеличению урожайности и валовых сборов, так и повышению производительности колесного полурамного

трактора.



**Рисунок 2 – Автоматический регулятор глубины  
почвенной обработки для сельскохозяйственной техники**

Устройство представляет собой автоматический регулятор глубины почвенной обработки для сельскохозяйственной техники и выполнено в виде комплекта элементов, объединенных общей электрической схемой. Оно состоит из георадара 1 с аттенуатором, усилителем высокой частоты, передающей и принимающей антенной; твердотельного генератора 2; приемного устройства 3, выполненного по супергетеродинной схеме; сельсин датчика 4, установленного на одной из двух продольных трубчатых тяг 5 пространственной рамы 6 фронтального прокальвателя-щелереза 7; сельсинного приемника 8, закрепленного на фронтальной части переднего силового бампера 9 трактора 10, а также включенного в гидросистему подачи жидкости нагружающего гидроцилиндра 11 через клапан открывания подачи жидкости 12.

**Принцип работы устройства.** В ходе движения трактора с передающей антенны георадара 1, с помощью твердотельного генератора 2, формируются

зондирующие импульсы подстилающей поверхности земли, которые, отражаясь от уплотненного слоя почвы, возвращаются к приемной антенне георадара 1, где проходят предварительную обработку с помощью аттенюатора и усилителя высокой частоты (УВЧ), и в виде электрического сигнала передаются на вход приемного устройства 3, выполненного по супергетеродинной схеме, на основе принципа преобразования частоты принимаемого сигнала – переноса его в частотную область. Отраженные импульсы поступают на вход приемного устройства 3 с временным сдвигом, определяемым выражением (1):

$$\Delta t_D = \frac{2D}{c} \quad (1)$$

где  $D$  – расстояние до подстилающей поверхности, м.

Таким образом, измеряя временной сдвиг, можно судить о глубине залегания уплотненного слоя в подстилающей поверхности [5].

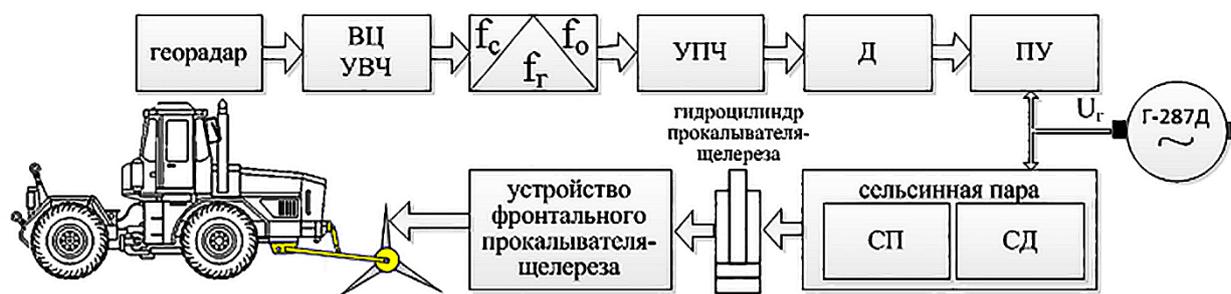
Далее электрический сигнал с выхода приемного устройства 3 супергетеродинного приемника поступает на вход сельсин датчика (СД) 4, установленного на одной из двух продольных трубчатых тяг 5 пространственной рамы 6 фронтального прокалывателя-щелереза 7. При этом напряжение электрического сигнала трансформируется (передается) от обмотки ротора СД 4 к обмотке статора СД 4 и далее через обмотку статора сельсинного приемника 8, закрепленного на фронтальной части переднего силового бампера 9 трактора 10, в роторную обмотку СП 8 пропорционально углу рассогласования двух механически несвязанных между собой командной оси следящей системы ротора сельсин-датчика 4 и исполнительной оси ротора сельсин-приемника 8.

Ось ротора сельсин-приемника 8 жестко связана с клапаном открывания подачи жидкости 12 нагружающего гидроцилиндра 11, что при повороте оси ротора сельсин-приемника 8 позволяет подавать необходимое количество гид-

равлической жидкости в нагружающий гидроцилиндр 11, тем самым производя активное заглубление или подъем рабочих органов на глубину, соответствующую полученному от СД 4 электрического сигнала в автоматическом режиме.

Питание электрических элементов предлагаемого устройства осуществляется с помощью штатного генератора Г-287Д. Для корректировки и юстировки приборов и устройств схемы используются штатные аккумуляторные батареи АБ, что говорит о низкой энергоемкости.

При этом приемники супергетеродинного типа позволяют успешно решать задачи получения требуемой фильтрации принимаемого сигнала, обеспечение заданного усиления; разрешать проблемы селективности, простоты перестройки (рис. 3).



**Рисунок 3 – Структурная схема работы автоматического регулятора глубины почвенной обработки для сельскохозяйственной техники**

Схема функциональной модели супергетеродинного приемника содержит: модель входного радиоимпульса; модель входных цепей (ВЦ) и усилителя высокой частоты (УВЧ) (звено полосового фильтра  $B_{pass1}$  и звено  $Gain1$ ); модель гетеродина ( $V_{get1}$ ); модель преобразователя частоты (ПЧ) (на умножителе и звене  $Gain2$ ); модель усилителя промежуточной частоты (УПЧ) (звеня  $Laplace1$ ); модель амплитудного детектора (звено  $E1$  и звено фильтра низкой частоты  $LoPass1$ ); модель порогового обнаружителя (звено  $E2$  и звено  $Const1$ ).

Все входящие в комплект предлагаемого устройства элементы отличаются низкой энергоемкостью, малой стоимостью и металлоемкостью, что позволяет добиться высокой результативности и компактности конструкции при установке на сельскохозяйственной технике.

**Заключение.** Таким образом, внедрение предлагаемой конструкции, обладающей высокой надежностью, низкой себестоимостью, материалоемкостью и энергоемкостью, удобством в обслуживании и эксплуатации, при довольно несложной конструкции и простоте изготовления, позволит улучшить водопроницаемость плодородного слоя, снизит воздействие ходовой системы колесного полурамного трактора, создаст условия для сохранения плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, повысит производительность трактора за счет его использования в составе комбинированного посевного разуплотняющего агрегата.

#### **Список источников**

1. Беляев В. И., Вольнов В. В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае : монография. Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2010. 178 с.
2. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.
3. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров тракторных транспортно-технологических агрегатов : монография / Н. Ф. Скурятин, Е. В. Соловьев, С. В. Соловьев, А. В. Бондарев. Москва : КолосС, 2020. 129 с.
4. Сурин Р. О. Перспективные конструктивные схемы сельскохозяйственных машин для проведения полевой обработки почвы // Теоретические и практические вопросы современной науки : материалы 65-ой междунар. науч. конф. М. : Евразийское Научное Объединение, 2020. С. 117–120.
5. Влияние установки прокальвателя-щелевателя на распределение нормальных реакций почвы и нагрузки на движители полурамного трактора / Р. О. Сурин, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 2.

## References

1. Belyaev V. I., Volnov V. V. *Resursosberegayushchie tekhnologii vozde-lyvaniya zernovyh kul'tur v Altajskom krae: monografiya* [Resource-saving technologies of cultivation of grain crops in the Altai krai: monograph], Barnaul, Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2010, 178 p. (in Russ.).

2. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozde-lyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: monografiya* [Improving the efficiency of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph], Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).

3. Skuryatin N. F., Solovyov E. V., Solovyov S. V., Bondarev A. V. *Metody optimizacii konstruktivnyh i ekspluatacionnyh parametrov traktornyh transportno-tekhnologicheskikh agregatov: monografiya* [Methods of optimization of design and operational parameters of tractor transport and technological units: monograph], Moskva, KolosS, 2020, 129 p. (in Russ.).

4. Surin R. O. Perspektivnye konstruktivnye skhemy sel'skohozyajstvennyh mashin dlya provedeniya polevoj obrabotki pochvy [Promising design schemes of agricultural machines for field tillage]. Proceedings from Theoretical and practical issues of modern science: 65-aya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya – 65<sup>th</sup> International Scientific Conference. (PP. 117–120), Moskva, Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie, 2020 (in Russ.).

5. Surin R. O., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Burmaga A. V., Kozlova L. V. Vliyanie ustanovki prokalyvatelya-shchelevatelya na raspredelenie normal'nyh reakcij pochvy i nagruzki na dvizhiteli poluramnogo traktora [The effect of the installation of the perforator-slitter on the distribution of normal soil reactions and the load on the propellers of the semi-frame tractor]. *AgroEkoInfo*, 2021; 2 (in Russ.).

© Сурин Р. О., Леонов В. В., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., 2022

Статья поступила в редакцию 14.11.2022; одобрена после рецензирования 23.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 14.11.2022; approved after reviewing 23.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 631.52:537

EDN MBVRBV

DOI 10.22450/9785964205777\_202

### **Эффективность предпосевного обеззараживания сои ультрафиолетовым и электромагнитным излучением СВЧ**

**Максим Валерьевич Шевченко<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Анна Евгеньевна Матусевич<sup>2</sup>**, студент магистратуры

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Shev-max@mail.ru](mailto:Shev-max@mail.ru), <sup>2</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены два метода обработки семенного материала для достижения обеззараживания и повышения посевных свойств семян. Проведен анализ воздействия ультрафиолетового излучения и электромагнитного излучения СВЧ. Выявлен благоприятный метод обработки семян и его преимущества.

**Ключевые слова:** обеззараживание семян, ультрафиолетовое излучение, электромагнитное воздействие, излучение СВЧ, сравнительный анализ

**Для цитирования:** Шевченко М. В., Матусевич А. Е. Эффективность предпосевного обеззараживания сои ультрафиолетовым и электромагнитным излучением СВЧ // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 202–207.

Original article

### **The effectiveness of pre-sowing disinfection of soybeans with ultraviolet electromagnetic radiation microwave**

**Maxim V. Shevchenko<sup>1</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Anna E. Matusевич<sup>2</sup>**, Master's Degree Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Shev-max@mail.ru](mailto:Shev-max@mail.ru), <sup>2</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru)

**Abstract.** The article discusses two methods of processing seed material to achieve disinfection and increase the sowing properties of seeds. The analysis of the effects of ultraviolet radiation and electromagnetic radiation of the microwave is carried out. A favorable method of seed treatment and its advantages are revealed.

**Keywords:** disinfection of seeds, ultraviolet radiation, electromagnetic exposure, microwave radiation, comparative analysis

**For citation:** Shevchenko M. V., Matusevich A. E. Effektivnost' predposevnoogo obezzarazhivaniya soi ul'trafiioletovym i elektromagnitnym izlucheniem SVCH [Efficiency of pre-sowing disinfection of soybeans by ultraviolet and electromagnetic radiation of microwave]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 202–207 (in Russ.).

В связи с широкой распространенностью соевого производства, выращивание данной культуры является весьма актуальным, особенно в регионах Дальнего Востока. Главенство в области выращивания сои уже долгое время принадлежит Амурской области. Каждый год сбор и продажа сои увеличивается, что способствует экономическому развитию области.

Факту повсеместного распространения культуры препятствуют различия в почвенно-климатических условиях различных регионов страны. В связи с огромными территориями, не всегда можно подобрать нужный сорт сои, который сможет также эффективно развиваться в условиях того или иного региона.

Первостепенной важностью в выращивании сои является чистота ее семян перед посевом от различных грибков и вирусов, так как при выращивании именно болезнетворные недуги сокращают получаемые объемы урожая. Определение вредных организмов, которые могут привести к уменьшению урожайности культуры и снижению качества семенного материала – одна из главнейших проблем возделывания культуры.

Среди болезней, встречающихся у зернобобовых растений, можно выделить пять основных разновидностей: грибковые заболевания, бактериальные болезни, вирусные болезни, фитоплазмы и соевая цистообразующая нематода. Наибольшую распространенность для семян сои имеют грибковые заболева-

ния, такие как фузариоз, антракноз, пурпурный церкоспороз, ложная мучнистая роса или пероноспороз, аскохитоз, ржавая пятнистость листьев [1].

**Цель исследования** – посредством анализа научных исследований выявить влияние излучений электромагнитного поля СВЧ и ультрафиолетового излучения на качество обеззараживания культур растений перед посевом.

Как известно, ультрафиолетовые лучи являются эффективным средством обработки посевного материала и обладают большим спектром воздействия. Данная обработка на 3–4 % увеличивает всхожесть травмированных семян, а также способствует выживанию проростков при пониженной температуре. Проращивание семян при температуре от 2 до 100 °С показывает четкую зависимость между обработкой семян, их лабораторной всхожестью и силой роста [2].

Ультрафиолетовое излучение – электромагнитное излучение, занимающее диапазон между рентгеновским и видимым излучением (диапазон длин волн от 100 до 400 нм). Различают несколько участков спектра ультрафиолетового излучения, имеющих разное биологическое воздействие: УФ-А (315–400 нм), УФ-В (280–315 нм), УФ-С (200–280 нм), вакуумный УФ (100–200 нм) (ультрафиолет дальнего действия). Из всего УФ-диапазона, участок УФ-С часто называют бактерицидным из-за его высокой обеззараживающей эффективности по отношению к бактериям и вирусам [3].

Короткие волны (UVC) воздействуют на молекулы, поглощаются белками и нуклеиновыми кислотами. Это приводит к мутации, повреждению ДНК и их разрушению. У человека такое излучение вызывает ожоги, может привести к онкологическим заболеваниям. В тоже время это тот самый бактерицидный эффект, который используется для обеззараживания помещений и инструмента [4].

К сожалению, анализ исследований показал, что при малейшем воздействии ультрафиолетового излучения спектра С на семена растений, они получают ожоги на поверхности оболочки, что свидетельствует об исключении

данного метода из вариантов обеззараживающей обработки. Спектры А и В не в силах справиться с задачей по обеззараживанию, но прекрасно стимулируют семена к всхожести.

**Электромагнитное обеззараживание.** В процессе обеззараживания семян энергией сверхвысокочастотного поля необходимо путем увлажнения разделить диэлектрические свойства семян и паразитирующих грибных, а также вирусных инфекций, находящихся на их поверхности и внутренних структурах [5].

Поскольку вирусы, грибы, бактерии обладают большой влагопоглотительной способностью, они впитывают воду в десятки раз быстрее, чем зерно. Через 3–15 минут после замачивания они набухают, влажность их достигает 80–90 %. Семена же за этот промежуток не успевают увлажниться и остаются практически сухими. В электромагнитном поле сверхвысокой частоты основная часть энергии поглощается вирусами, грибами, бактериями, которые в результате быстрого (в течение 10–30 секунд) избирательного нагрева инактивируют (гибнут) [6]. Температура семян при этом повышается незначительно. Кроме того, благодаря прогреву семян, стимулируются рост и развитие растений.

Проведенный анализ современных методов подготовки семян крупяных культур к посеву показывает, что среди множества существующих способов обеззараживания семян, наиболее перспективным является использование СВЧ-поля [5].

**Выводы.** Анализ методов показал исключение использования УФ-излучения в качестве обеззараживающего способа обработки ввиду риска гибели обрабатываемого материала.

*Напротив, электромагнитный способ имеет положительный эффект с безопасным использованием для жизни обрабатываемых растений. Однако*

*разность получаемых результатов предполагает дальнейшее изучение данного способа в качестве обеззараживающего метода предпосевной обработки.*

### **Список источников**

1. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг основных болезней сои в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 106–113.
2. Особенности выбора ультрафиолетовых ламп для выращивания растений и их использование // Лампа Эксперт. URL: <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/kvartsevye-i-ultrafioletovye/uf-lampa-dla-rastenij> (дата обращения: 22.10.2022).
3. Ультрафиолетовые лампы для растений: особенности, виды и правила использования // Строй. URL: <https://stroy-podskazka.ru/svetilniki/ultrafioletovye-dlya-rastenij/> (дата обращения: 22.10.2022).
4. Ультрафиолетовый спектр и его влияние на развитие растения // Good. Grow. URL: <https://growgood.ru/blog/ultrafioletovyy-spektr-uf-i-ego-vliyanie-na-razvitie-rasteniya> (дата обращения: 22.10.2022).
5. Логачев А. В., Заплетина А. В., Бастрон А. В. Исследование влияния режимов предпосевной обработки семян зеленных культур СВЧ-энергией на лабораторную всхожесть // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 77–84.
6. Исаев А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2016. 20 с.

### **References**

1. Sayenko G. M. Fitosanitarnyj monitoring osnovnyh boleznej soi v Krasnodarskom krae [Phytosanitary monitoring of the main soybean diseases in the Krasnodar krai]. *Maslichnye kul'tury. – Oilseeds*, 2019; 3; 179: 106–113 (in Russ.).
2. Osobennosti vybora ul'trafioletovyh lamp dlya vyrashchivaniya rastenij i ih ispol'zovanie [Features of the choice of UV lamps for growing plants and their use]. *Lampaexpert.ru* Retrieved from <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/kvartsevye-i-ultrafioletovye/uf-lampa-dla-rastenij> (Accessed 22 October 2022) (in Russ.).
3. Ul'trafioletovye lampy dlya rastenij: osobennosti, vidy i pravila ispol'zovaniya [UV lamps for plants: features, types and rules of use]. *Story-podskazka.ru* Retrieved from

<https://stroy-podskazka.ru/svetilniki/ultrafioletovye-dlya-rastenij/> (Accessed 22 October 2022) (in Russ.).

4. Ul'traioletovyy spektr i ego vliyanie na razvitie rasteniya [The ultraviolet spectrum and its effect on plant development]. *Growergood.ru* Retrieved from <https://growergood.ru/blog/ultrafioletovyy-spektr-uf-i-ego-vliyanie-na-razvitie-rasteniya> (Accessed 22 October 2022) (in Russ.).

5. Logachev A. V., Zapletina A. V., Bastron A. V. Issledovanie vliyaniya rezhimov predposevnoy obrabotki semyan zelenyykh kul'tur SVCH-energij na laboratornyuyu vskhozhest' [Investigation of the influence of the modes of pre-sowing treatment of seeds of green crops with microwave energy on laboratory germination]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2017; 1: 77–84 (in Russ.).

6. Isaev A. V. *Effektivnye rezhimy predposevnoy obrabotki semyan rapsa v elektromagnitnom pole sverhвыsokoj chastoty* [Effective modes of pre-sowing treatment of rapeseed seeds in an ultra-high frequency electromagnetic field], Krasnoyarsk, Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016, 20 p. (in Russ.).

© Шевченко М. В., Матусевич А. Е., 2022

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 621.3

EDN MBHWGC

DOI 10.22450/9785964205777\_208

### Исследование электрических и световых характеристик светодиодных ламп

**Максим Валерьевич Шевченко**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Анна Евгеньевна Матусевич**<sup>2</sup>, студент магистратуры  
**Владислав Андреевич Яковлев**<sup>3</sup>, студент бакалавриата  
<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Shev-max@mail.ru](mailto:Shev-max@mail.ru), <sup>2</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>3</sup> [vladislavchik.ru@gmail.com](mailto:vladislavchik.ru@gmail.com)

**Аннотация.** В статье приведены сведения о характеристиках светодиодных ламп. Рассмотрено теоретическое обоснование влияния качества электроэнергии на светопередачу светодиодных ламп. Проведены замеры зависимостей вольт-амперных характеристик.

**Ключевые слова:** светодиод, вольт-амперная характеристика, напряжение, ток, световой поток, освещенность

**Для цитирования:** Шевченко М. В., Матусевич А. Е., Яковлев В. А. Исследование электрических и световых характеристик светодиодных ламп // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 208–216.

Original article

### Investigation of electrical and light characteristics of LED lamps

**Maxim V. Shevchenko**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Anna E. Matusевич**<sup>2</sup>, Master's Degree Student  
**Vladislav A. Yakovlev**<sup>3</sup>, Undergraduate Student

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Shev-max@mail.ru](mailto:Shev-max@mail.ru), <sup>2</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>3</sup> [vladislavchik.ru@gmail.com](mailto:vladislavchik.ru@gmail.com)

**Abstract.** The article provides information about the characteristics of LED lamps. The theoretical substantiation of the influence of the quality of electricity on the light transmission of LED lamps is considered. Measurements of the dependencies of the volt-ampere characteristics have been made.

**Keywords:** led, volt-ampere characteristic, voltage, current, luminous flux, illumination

**For citation:** Shevchenko M. V., Matusevich A. E., Yakovlev V. A. Issledovanie elektricheskikh i svetovykh harakteristik svetodiodnykh lamp [Investigation of electrical and light characteristics of LED lamps]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 208–216 (in Russ.).

Создание благоприятных условий труда выступает первостепенной задачей руководителя. Одним из параметров условий является достаточная освещенность рабочего места. В данный момент самым повсеместным источником света являются светодиодные светильники, работающие от полупроводниковых элементов, основанные на р-п переходе и излучающие некогерентный свет при пропускании через него в прямом направлении электрического тока [1].

Все основные характеристики светодиодов зависят от величины подаваемого напряжения и протекающего через них тока. Наиболее широкое распространение получили модели светодиодов, рассчитанные на ток от 10 до 20 мА. При увеличении приложенного к светодиоду напряжения и протекающего через него тока возрастает светоотдача излучающего р–п-перехода. Таким образом, можно регулировать величину светового потока светодиодного источника, меняя значение приложенного напряжения.

Наличие полупроводниковых элементов может приводить к появлению высших гармоник, которые приводят к превышению нормативных значений тока и напряжения [2]. Данное негативное свойство провоцирует погрешности измерения электроэнергии, а также дополнительные потери активной мощности в электросетях и трансформаторах, увеличенную нагрузку на провода и изоляцию питающей сети. Создаются проблемы в компенсации реактивной составляющей электрической мощности; помехи в системах передачи электромагнитных сигналов.

Активная мощность светодиодных источников света может значительно отличаться от произведения действующих значений напряжения, тока и коэффициента мощности, так как кривые мгновенных значений этих величин существенно отличаются от синусоид. Следовательно, для вычисления истинного значения мощности разряда в межэлектродном промежутке необходимо разложить кривые тока и напряжения на гармонические составляющие. Коэффициент искажения гармонического сигнала зависит от качества сетевого напряжения и не является постоянным для данных источников оптического излучения.

Исследование проводилось на лабораторном стенде, который позволяет измерить и зафиксировать основные параметры светодиодных ламп двух различных мощностей 8 и 16 Вт. Изменяя напряжение на зажимах лампы при помощи автотрансформатора от напряжения зажигания лампы и до 240 В с интервалом 20 В, по показаниям приборов сняты зависимости тока, мощности и освещенности от напряжения. Результаты измерений занесены в таблицу 1.

**Таблица 1 – Расчетные данные светодиодных светильников**

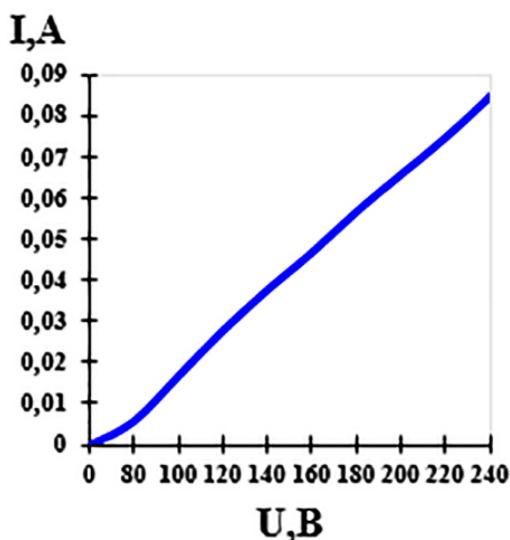
<b>Ф, лм</b>	<b>η, лм/Вт</b>	<b>cos φ, о. е.</b>
<b>Расчетные данные светильника 8 Вт</b>		
0	0	0
39,00	81,25	1,00
81,25	81,25	0,59
162,50	81,25	0,60
243,75	81,25	0,56
325,00	81,25	0,53
406,25	81,25	0,49
487,50	81,25	0,45
568,75	81,25	0,42
650,00	81,25	0,39
<b>Расчетные данные светильника 16 Вт</b>		
0	0	0
1 040,00	80,00	0,64
1 120,00	80,00	0,63
1 040,00	80,00	0,56
1 040,00	80,00	0,54

1 040,00	80,00	0,54
1 040,00	80,00	0,54

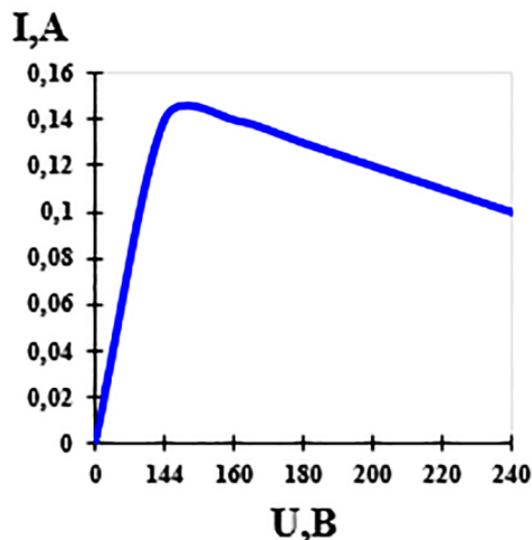
В число опытных величин в таблицу внесены значения напряжения питания, тока лампы, мощность лампы, освещенность. По измеренным данным проведены расчеты светового потока, коэффициента мощности и световой отдачи лампы.

Полученные расчетные данные первого светильника мощностью 8 Вт отображают прямую зависимость величины возрастания тока, мощности, светового потока и других показателей от величины возрастания напряжения. Значения светильника 16 Вт показывают стабильное возрастание параметров. По достижении 14 Вт и далее при увеличении напряжения характеристики светильника остаются неизменными за исключением силы тока, показания которой незначительно начинают снижаться.

Исходя из полученных результатов, были построены графики зависимости тока от напряжения (рис. 1); зависимости мощности от напряжения (рис. 2); зависимости освещенности от напряжения (рис. 3); зависимости светового потока от напряжения (рис. 4); зависимости коэффициента полезного действия от напряжения (рис. 5) и зависимости коэффициента мощности от напряжения (рис. 6).

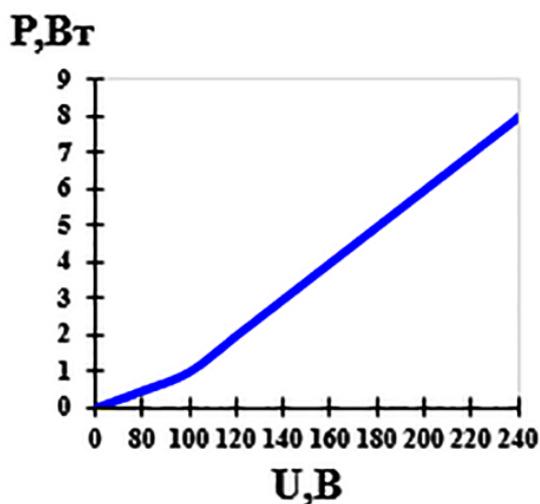


светодиодная лампа мощностью 8 Вт

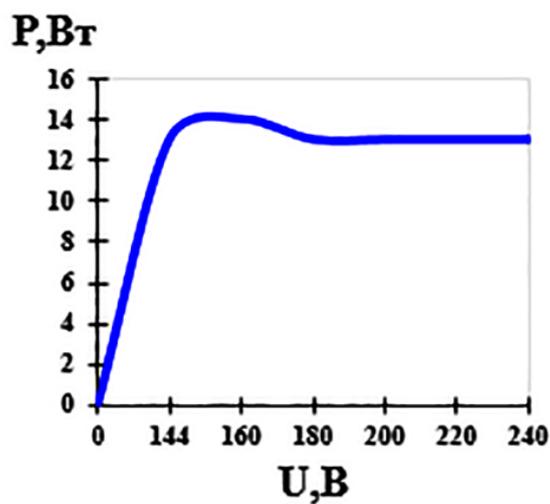


светодиодная лампа мощностью 16 Вт

Рисунок 1 – Вольтамперные характеристики светодиодных ламп

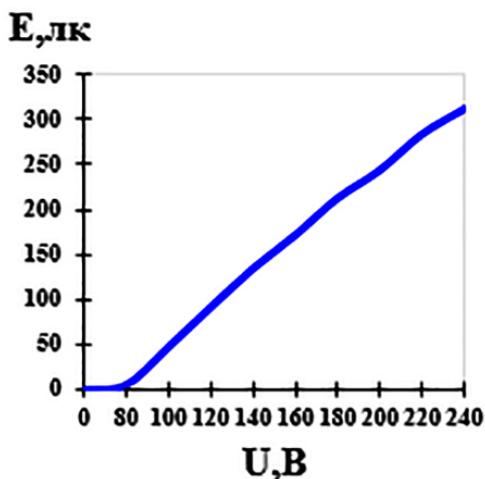


светодиодная лампа мощностью 8 Вт

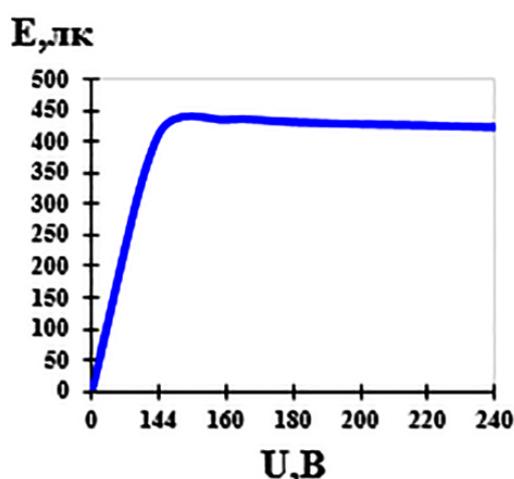


светодиодная лампа мощностью 16 Вт

Рисунок 2 – Зависимость мощности светодиодных ламп  
от величины подаваемого напряжения



светодиодная лампа мощностью 8 Вт

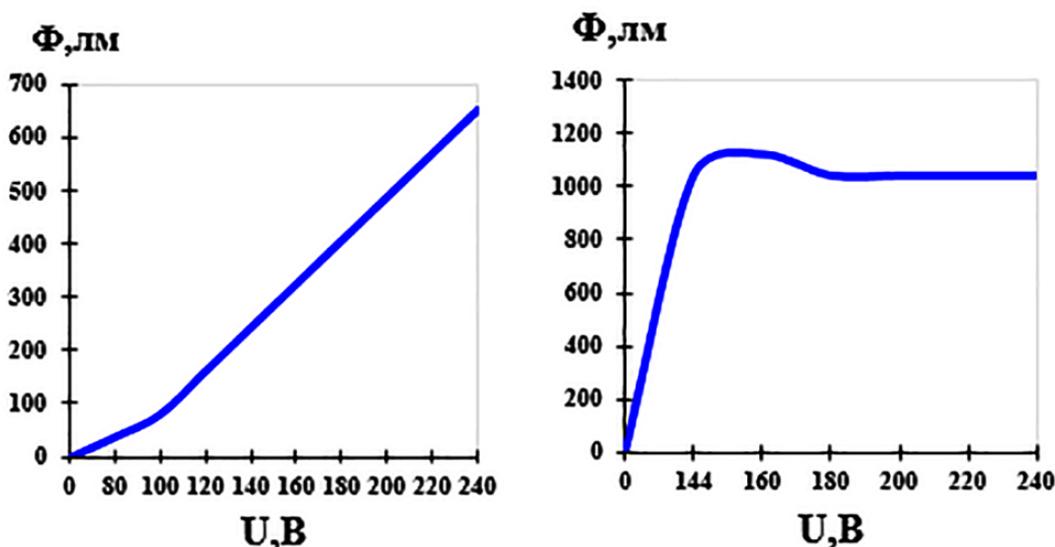


светодиодная лампа мощностью 16 Вт

Рисунок 3 – Зависимость освещенности светодиодных ламп  
от величины подаваемого напряжения

Анализ полученных данных показал, что при использовании маломощных светодиодных источников освещения, их характеристики изменяются с линейной зависимостью от величины подаваемого напряжения, что позволяет плавно регулировать силу светового потока и создаваемую освещенность. Данные результаты показывают стабильность электрических характеристик, созданных полупроводниковой системой данных элементов. Однако в случае

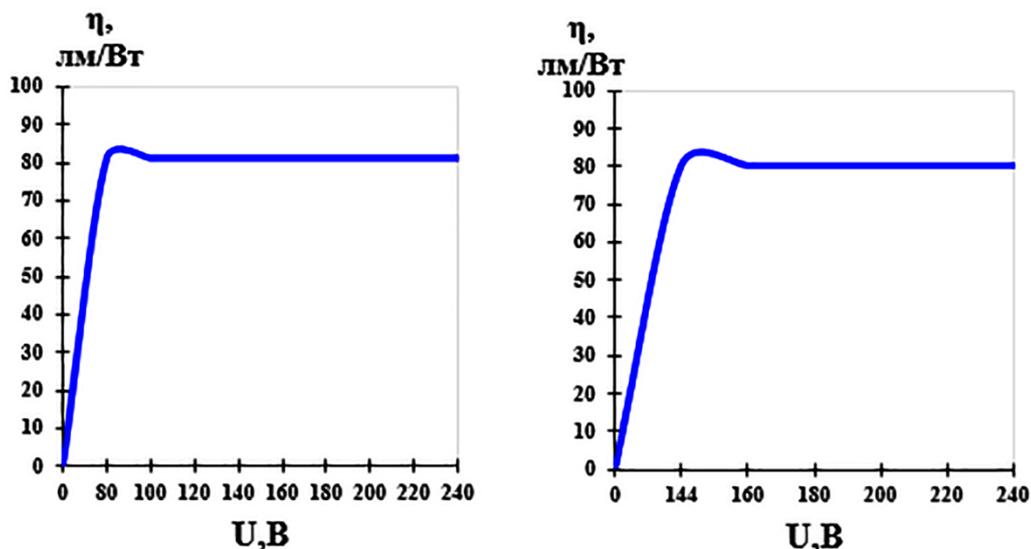
более мощного светодиодного светильника его показатели начинали медленно и плавно снижаться при достижении напряжения величиной 160 В. Такому результату служит несоответствие заявленных производителем параметров с действительными замеренными величинами.



светодиодная лампа мощностью 8 Вт

светодиодная лампа мощностью 16 Вт

**Рисунок 4 – Зависимость светового потока светодиодных ламп от величины подаваемого напряжения**



светодиодная лампа мощностью 8 Вт

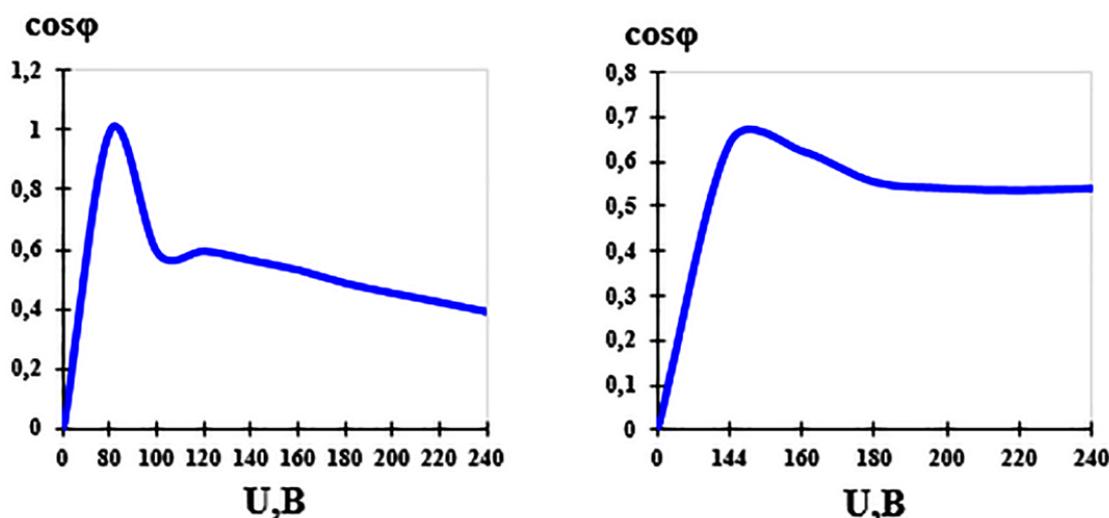
светодиодная лампа мощностью 16 Вт

**Рисунок 5 – Зависимость КПД светодиодных ламп от величины подаваемого напряжения**

Также значение коэффициента мощности светильника мощностью 8 Вт

максимально только при значении напряжения равным 120 В, что не является номинальным значением. Это говорит о том, что в момент превышения напряжения в 120 В величина реактивной мощности начинает повышаться.

Для повышения коэффициента мощности питающей сети со статичной осветительной нагрузкой возможно использование пассивных компенсирующих устройств.



светодиодная лампа мощностью 8 Вт

светодиодная лампа мощностью 16 Вт

**Рисунок 6 – Зависимость коэффициента мощности  
светодиодных ламп от величины подаваемого напряжения**

Применение устройств компенсации реактивной мощности позволяет поддерживать необходимый коэффициент мощности электроустановок; повысить качество электроэнергии непосредственно в сетях электроснабжения; снизить расход электроэнергии на освещение до 45–49 % для светодиодных ламп и до 22–26 % для светодиодных прожекторов; уменьшить потери энергии и мощности в системе электроснабжения (воздушных линиях, трансформаторах).

Широкое внедрение светодиодных светильников может сопровождаться возникновением проблем, связанных с поддержанием нормативных значений показателей качества электроэнергии, поскольку их работа приводит к появлению в питающих электрических сетях высших гармоник тока и напряжения.

Реальные мгновенные и действующие токи существенно отличаются от токов первой гармоники [3].

Возникающие при использовании светодиодных источников света высокие гармоники приводят к возрастанию потерь при передаче и потреблении энергии другими потребителями до 30 % и могут вызывать сбои в работе пускающей аппаратуры.

**Заключение.** *В результате проведенных исследований, мы пришли к выводу о том, что величина подаваемого напряжения напрямую влияет на все характеристики светодиодного источника. Сила тока и активная составляющая мощности для светильников 8 и 16 Вт линейно и практически без отклонений возрастали пропорционально величине напряжения. Это говорит о качестве выполненных элементов светодиодного светильника.*

#### **Список источников**

1. Гужов С. В. Оценка влияния источников питания светодиодных светильников на питающую сеть // Современная светотехника. 2009. № 2. С. 47–49.
2. Боярская Н. П., Темербаев С. А., Довгун В. П. Анализ спектрального состава токов и напряжения светодиодных и газоразрядных источников света // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 8. С. 180–184.
3. Радкевич В. Н., Михайлова Я. В. Характеристики электропотребления светодиодных световых приборов и их учет при расчете электрических сетей // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений Содружества Независимых Государств. 2016. № 4. С. 289–300.

#### **References**

1. Guzhov S. V. Ocenka vliyaniya istochnikov pitaniya svetodiodnyh svetil'nikov na pitayushchuyu set' [Assessment of the influence of LED lighting power sources on the supply network]. *Sovremennaya svetotekhnika. – Modern Lighting Technology*, 2009; 2: 47–49 (in Russ.).
2. Boyarskaya N. P., Temerbaev S. A., Dovgun V. P. Analiz spektral'nogo sostava tokov i napryazheniya svetodiodnyh i gazorazryadnyh istochnikov sveta

[Analysis of the spectral composition of currents and voltages of LED and gas-discharge light sources]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2013; 8: 180–184 (in Russ.).

3. Radkevich V. N., Mikhailova Ya. V. Harakteristiki elektropotrebleniya svetodiodnyh svetovyh priborov i ih uchet pri raschete elektricheskikh setej [Characteristics of power consumption of LED lighting devices and their accounting in the calculation of electrical networks]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij i energeticheskikh ob"edinenij Sodruzhestva Nezavisimyh Gosudarstv. – Proceedings of higher educational institutions and energy associations of the Commonwealth of Independent States*, 2016; 4: 289–300 (in Russ.).

© Шевченко М. В., Матусевич А. Е., Яковлев В. А., 2022

Статья поступила в редакцию 05.12.2022; одобрена после рецензирования 13.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 05.12.2022; approved after reviewing 13.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Научная статья

УДК 004:621.377.6

EDN MFAQDA

DOI 10.22450/9785964205777\_218

### Значение и роль информационных технологий в электроэнергетике

Гузал Адрахимовна Гайсина<sup>1</sup>, кандидат физико-математических наук, доцент  
Салават Ришатович Каразбаев<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Башкирский государственный аграрный университет

Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>1</sup> [gga19651009@gmail.com](mailto:gga19651009@gmail.com), <sup>2</sup> [karazbaevsalavat42@gmail.com](mailto:karazbaevsalavat42@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрена роль информационных технологий в электроэнергетике. Обоснована необходимость их внедрения и модернизации на энергетических предприятиях.

**Ключевые слова:** информационные технологии, компьютеризация, информатизация, инновации, энергетика

**Для цитирования:** Гайсина Г. А., Каразбаев С. Р. Значение и роль информационных технологий в электроэнергетике // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 218–224.

Original article

### The importance and role of information technologies in the electric power industry

Guzal A. Gaysina<sup>1</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Salavat R. Karazbaev<sup>2</sup>, Student

<sup>1,2</sup> Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>1</sup> [gga19651009@gmail.com](mailto:gga19651009@gmail.com), <sup>2</sup> [karazbaevsalavat42@gmail.com](mailto:karazbaevsalavat42@gmail.com)

**Abstract.** The article considers the role of information technologies in the electric power industry. The necessity of their implementation and modernization at energy enterprises is substantiated.

**Keywords:** information technology, computerization, informatization, innovation, energy

**For citation:** Gaysina G. A., Karazbaev S. R. Znachenie i rol' informacionnyh tekhnologij v elektroenergetike [The importance and role of information technologies in the electric power industry]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-

industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 218–224 (in Russ.).

Роль информационных технологий особенно важна в стратегических секторах экономики, одним из которых является энергетика. Чем сложнее производство, тем острее оно нуждается в автоматизации процессов. По мнению экспертов в области электроэнергетики, развитие этой отрасли в настоящее время имеет ряд серьезных проблем, что исключает эффективную работу всех электроэнергетических процессов. Все генерирующее оборудование подверглось старению и износу. Это может привести к технологическим сбоям, несчастным случаям.

Наиболее острой проблемой стабильной работы электросетей называют чрезмерное повышение рабочего напряжения до порой абсолютно неприемлемых значений, в то время как электроэнергетика больше всего нуждается в непрерывной, бесперебойной работе. Эксперты уже давно спорят о необходимости глобального внедрения инновационных технологий в энергетике и полной автоматизации электросетевого комплекса.

Для того чтобы перейти к модернизации электрогенерирующих компаний, необходимо разработать высокотехнологичные информационные решения. Таким образом, при обновлении оборудования повышается степень его надежной работы, происходит значительная экономия топлива, а также снижается расход ресурсов на его техническое обслуживание. Автоматизация технологических процессов повышает эффективность производства и позволяет гарантировать защиту внешней среды.

Централизованный мониторинг технического состояния энергоблоков и другого оборудования, а также соблюдение правил промышленной безопасно-

сти являются неперенными условиями стабильной работы тепловых электростанций и гидроэлектростанций (опыт Русгидро по созданию центров мониторинга весьма показателен). Создание таких централизованных систем мониторинга возможно, благодаря использованию современных протоколов обмена данными, когда все подразделения контроллера и коммуникации самодиагностируются. В случае неисправности код ошибки записывается в журнал [1].

Одной из важнейших задач генерирующих компаний, а также системного оператора в рыночных условиях является обеспечение частотного регулирования и перетоков электроэнергии. В тоже время участие электростанций в таком регулировании рассматривается как системная услуга и как очень важное условие ее подключения к электрическим сетям.

Использование компьютерных технологий в системе автоматического регулирования частоты и активной мощности позволило решить целый ряд задач, недостижимых при использовании любой другой технологии. Новая система значительно повышает эффективность и точность регулирования частоты и мощности в энергосистеме, сводит к минимуму влияние человеческого фактора. Главной изюминкой системы является решение конкретных задач оптимизации распределения нагрузки на генераторы электростанций с учетом характеристик конкретного генерирующего объекта (ресурс агрегатов, основные характеристики, КПД, нежелательные рабочие зоны, технологические ограничения и т. д.). Использование таких решений, в первую очередь, направлено на снижение и нивелирование нежелательного износа очень дорогого основного оборудования электростанции.

Если рассматривать аварийную автоматику, то надежное электроснабжение потребителей напрямую зависит от безаварийной работы высоковольтных линий электропередачи системного значения. Как известно, системные аварии, приводящие к повреждению оборудования для передачи электроэнергии и отключению потребителей, влекут за собой самые тяжелые последствия для

энергосистемы. Согласно всем правилам, эксплуатация линий электропередач без автоматизированных систем управления в чрезвычайных ситуациях запрещена. Однако большинство энергосистем сегодня оснащено устаревшими устройствами аварийной автоматики, изготовленными на элементной базе 1960–70-х гг. Физический износ такого оборудования и отсутствие комплектов запасных частей – только одна часть проблемы. Ограниченная функциональность устройств затрудняет эксплуатацию комплекса, а «жесткая» логика построения не позволяет реализовать более эффективные алгоритмы управления чрезвычайными ситуациями.

Специфика отрасли такова, что здесь важны не столько высокоскоростные вычислительные возможности оборудования, сколько его надежность и эффективность. Мониторинг состояния агрегатов, логистика, контроль поставок топлива и производства энергии – все эти процессы протекают непрерывно. Использование новейших серверов, отказоустойчивых систем хранения информации и внедрение различных технологий позволяют снизить количество сбоев, обеспечивая высокую эффективность работы всего комплекса.

Бизнес-стратегией энергетических компаний является развитие информационных технологий с целью поддержания роста бизнеса в будущем за счет создания открытой и гибко масштабируемой ИТ-инфраструктуры, внедрения эффективных ИТ-приложений и эффективного функционирования ИТ-сервиса. Интегрированная система управления информационных технологий является одним из инструментов реализации стратегии энергетической компании, эффективного стратегического и оперативного управления.

После завершения реорганизации РАО «ЕЭС России», энергетические компании, ставшие независимыми участниками рынка, столкнулись с необходимостью разработки новых схем взаимодействия и обмена информацией в отрасли. Стратегия «точечного подхода» здесь все еще реализуется. Отдель-

ные элементы информационных систем внедряются для решения важных задач бухгалтерского учета и управления.

Этап заканчивается созданием единого систематизированного каталога оборудования, который содержит информацию о времени работы с момента ввода в эксплуатацию до первого ремонта, информацию о последующих ремонтах. Пользователь получает возможность указать в запросе межремонтный цикл и время работы. В результате отображается список оборудования с этими параметрами.

Для внедрения учета договоров проводится их классификация, выявляются постоянные пользователи. Заключение новых договоров регистрируется в базе данных информационной системы в личном кабинете контрагента. Любой сотрудник компании может запросить информацию об исполнении заключенных контрактов. На крупных электростанциях количество действующих контрактов достигает нескольких тысяч.

Учет товарно-материальных ценностей и поставок материалов автоматизирован. Возможно построить иерархию заявок на выпуск материалов для ремонта. Она внедряется в управленческие процессы бухгалтерского и оперативного учета, управления персоналом, инвестиционного, производственного и бизнес-планирования, бюджетирования. Автоматизирован учет оплаты за поставленную электроэнергию, внесение показаний потребительских счетчиков в информационную систему.

Для реализации требований к информационным технологиям необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) создать информационную модель целевого состояния предприятия на основе фактического состояния бизнес-процессов и анализа информационных потоков;
- 2) оптимизировать информационную модель в соответствии с требованиями бизнеса;

3) внедрить оптимизированную информационную модель в виде интегрированной ИТ-поддержки и соответствующий ей набор ИТ-сервисов в компании;

4) обеспечить, чтобы внедренная модель информационной поддержки была адаптивной и могла быть дополнена, а также скорректирована в соответствии с существующими и новыми бизнес-требованиями без больших финансовых, временных и ресурсных затрат.

В глобальной энергетической системе становится чрезвычайно актуальной борьба с изменениями климата, удовлетворение растущего спроса на электроэнергию, использование возможностей, полученных в результате четвертой промышленной революции, и затрагивающих все секторы экономики, а также связанных с этим качественных изменений в характеристиках спроса на электроэнергию. В последние годы общие темпы инноваций растут, в то время как внедрение инноваций в энергетическом секторе стало сложной долгосрочной задачей. Цифровизация российской электроэнергетики является одной из ключевых целей развития отрасли [2].

Как обеспечить энергетическую безопасность каждой страны и глобальную безопасность? Ответы на эти глобальные вопросы могут быть получены в результате реализации новой энергетической стратегии. Основные направления будущего развития энергетики:

1. Переход от энергии, основанной на ископаемом топливе, к безтопливной энергии с использованием возобновляемых источников энергии.

2. Переход к распределенному производству энергии в сочетании с местными потребителями энергии.

3. Создание глобальной солнечной энергетической системы.

4. Замена нефтепродуктов и природного газа жидким и газообразным биотопливом, а также ископаемым твердым топливом с использованием энергетических плантаций биомассы.

5. Замена автомобильных двигателей внутреннего сгорания бесконтактным высокочастотным резонансным электротранспортом.

6. Замена воздушных линий электропередачи подземными и подводными кабельными линиями.

Во всех этих областях проводились исследования, были разработаны технологии и экспериментальные образцы, защищенные российскими патентами.

### **Список источников**

1. Андреев Р. Н., Краснов Р. П., Чепелев М. Ю. Теория электрической связи : учебное пособие. М. : Российский государственный гуманитарный университет, 2014. 230 с.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник. М. : Юрайт, 2016. 702 с.

### **References**

1. Andreev R. N., Krasnov R. P., Chepelev M. Yu. *Teoriya elektricheskoy svyazi: uchebnoe posobie [Theory of electrical communication: textbook]*, Moskva, Rossijskij gosudarstvennyj gumanitarnyj universitet, 2014, 230 p. (in Russ.).

2. Bessonov L. A. *Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki. Elektricheskie cepi: uchebnik [Theoretical foundations of electrical engineering. Electrical circuits: textbook]*, Moskva, Yurajt, 2016, 702 p. (in Russ.).

© Гайсина Г. А., Каразбаев С. Р., 2022

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 004.87:621.648

EDN MTCPLW

DOI 10.22450/9785964205777\_225

## **Использование нейронной сети LSTM для прогнозирования выработки электрической энергии ветровыми генераторами**

**Алексей Александрович Лымарев**, аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
Белгородская область, Белгород, Россия, [alekseylimarev@gmail.com](mailto:alekseylimarev@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос о возможности и целесообразности использования нейронных сетей долгосрочной памяти для прогнозирования выработки электрической энергии ветровыми генераторами.

**Ключевые слова:** нейронные сети, долгосрочная память, ветровые генераторы, LSTM, статистика

**Для цитирования:** Лымарев А. А. Использование нейронной сети LSTM для прогнозирования выработки электрической энергии ветровыми генераторами // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 225–229.

Original article

## **Using the LSTM neural network to predict the generation of electrical energy by wind generators**

**Aleksey A. Lymarev**, Postgraduate Student

Belgorod State National Research University, Belgorod Region, Belgorod, Russia  
[alekseylimarev@gmail.com](mailto:alekseylimarev@gmail.com)

**Abstract.** The article discusses the possibility and feasibility of using neural networks of long-term memory to predict the generation of electrical energy by wind generators.

**Keywords:** neural networks, long-term memory, wind generators, LSTM, statistics

**For citation:** Lymarev A. A. Ispol'zovanie nejronnoj seti LSTM dlya prognozirovaniya vyrabotki elektricheskoj energii vetrovymi generatorami [Using the LSTM neural network to predict the generation of electrical energy by wind generators]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya*

---

2022 g.) – *All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 225–229 (in Russ.).

**Введение.** Прогнозирование выработки электрической энергии ветровыми генераторами – одна из главных проблем современной зеленой энергетики. Многие ученые во всех странах мира занимаются решением этой проблемы. В этой связи, сегодня существует немалое количество моделей, используемых для прогнозирования вырабатываемой энергии [1–5].

Большой популярностью в решении вопросов прогнозирования пользуются искусственные нейронные сети. Одной из архитектур нейронных сетей является Long Short-Term Memory (LSTM). Данная архитектура позволяет сохранять долгосрочные зависимости данных, однако в отличие от рекуррентных нейронных сетей она позволяет исключить перезаписывание информации через несколько циклов обучения.

**Постановка задачи.** Целью данной работы явилось применение нейронной сети с долгосрочной памятью [6] для прогнозирования выработки электрической энергии, а также сравнение эффективности этой нейронной сети с нейронной сетью, основанной на традиционной архитектуре [7].

Для исследования был использован набор данных, состоящий из 20 файлов в формате CSV и содержащий в себе данные (табл. 1):

1. Время.
2. Угол наклона лопастей.
3. Скорость генератора.
4. Скорость ветра.
5. Выработанная мощность.

Для эксперимента использованы следующие библиотеки:

1. Keras – библиотека для упрощения работы с нейронными сетями.
2. Matplotlib – библиотека для визуализации данных.

3. Pandas – библиотека для упрощения работы с наборами данных.

4. NumPy – библиотека для упрощения работы с матрицами и векторами.

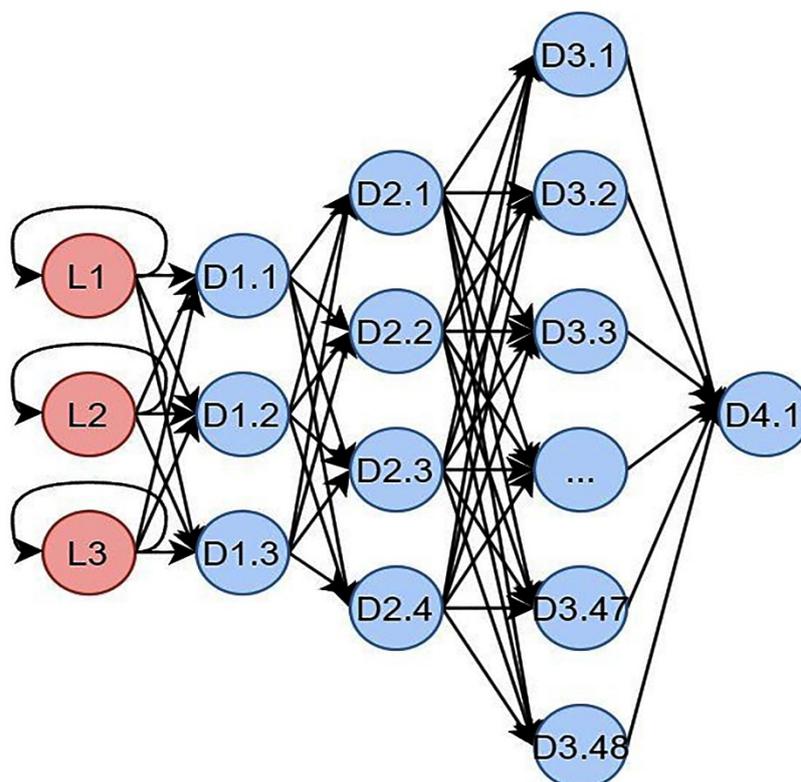
**Таблица 1 – Пример набора данных**

Время	Угол лопастей	Скорость генератора	Скорость ветра	Вырабатываемая мощность
00:00 10.07.2018	0,04	1 119	9,3	1 190,1
01:00 10.07.2018	2,56	1 053	9,2	1 036,7
02:00 10.07.2018	0,00	1 111	8,9	1 085,1
03:00 10.07.2018	0,00	1 116	9,0	1 108,2
04:00 10.07.2018	360,00	943	7,5	607,9
05:00 10.07.2018	360,00	703	5,4	216,4
06:00 10.07.2018	0,35	654	4,6	99,5
07:00 10.07.2018	3,22	613	3,7	16,4

В качестве показателей качества модели используется MAE.

В процессе эксперимента были построены две модели нейронных сетей: модель с использованием архитектуры долгосрочной памяти и нейронная сеть с использованием традиционной архитектурой.

Модель с использованием архитектуры LSTM (рис. 1) содержала 5 слоев:



**Рисунок 1 – Схема нейронной сети с применением LSTM**

1. LSTM – слой состоящий из 3 нейронов, с функцией активации relu.
2. Слой, содержащий в себе 3 нейрона с функцией активации relu.
3. Слой, содержащий в себе 4 нейрона с функцией активации softmax.
4. Слой, содержащий в себе 48 нейронов с функцией активации relu.
5. Слой содержащий в себе 1 нейрон с функцией активации relu.

После применения нейронных сетей были получены результаты, представленные в таблице 2.

**Таблица 2 – Значения показателей качества прогнозирования для различных моделей нейронных сетей**

Архитектура нейронных сетей	MAE
LSTM	49.09
Традиционная архитектура	77.08

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что *нейронная сеть, основанная на LSTM, более эффективна, чем обычная нейронная сеть. Также в процессе эксперимента выяснилось, что для обучения нейронной сети основанной на LSTM нужно 200 эпох, в то время как для обучения обычной нейронной сети потребовалось 500.*

**Заключение.** Эффективное применение ветровой генерации электроэнергии (в сочетании с другими типами генерации) должно быть основано на достоверном прогнозе вырабатываемой мощности, для чего целесообразно использовать интеллектуальные инструменты прогнозирования (в том числе нейронные сети). Однако при этом необходим теоретически и экспериментально обоснованный выбор типа нейронной сети, ее параметров и способов обучения. Дальнейший анализ результатов прогнозирования предлагается проводить с использованием эволюционных моделей и алгоритмов.

**Список источников**

1. A critical review of wind power forecasting methods – past, present and future / H. Sharman, L. Xiaolei, L. Zi, L. Saeid // Energies. 2020. Vol. 13 (15).
2. Huaiwu P., Fangrui L., Xiaofeng Y. A hybrid term wind power prediction // Renewable Energy. 2013. Vol. 50. P. 590–595.

3. A new wind power forecasting approach based on conjugated gradient neural network / L. Tian, L. Yongqian, L. Mingwei, Z. Chijie // *Mathematical Problems in Engineering*. 2016.
4. Xiaochen W., Peng G., Xiaobin H. A review of wind power forecasting models // *Energy Procedia*. 2011. Vol. 12. P. 770–778.
5. Current methods and advances in forecasting of wind power generation / A. Foley, P. Leahy, A. Maryuglia, E. Mckeogh // *Renewable Energy*. 2012. No. 1.
6. LSTM Layer // Keras. URL: [https://keras.io/api/layers/recurrent\\_layers/lstm/](https://keras.io/api/layers/recurrent_layers/lstm/) (дата обращения: 10.10.2022).
7. Краткосрочное прогнозирование электрической энергии ветровыми генераторами ТОО «Первая ветровая электрическая станция» с использованием нейронной сети на языке Python / А. А. Лымарев, Д. Ю. Тюньков, А. А. Мосейкина [и др.] // *Актуальные вопросы энергетики : материалы всерос. науч.-практ. конф. Омск, 2021*. С. 172–177.

### References

1. Sharman H., Xiaolei L., Zi L., Saeid L. A critical review of wind power forecasting methods – past, present and future. *Energies*, 2020; 13 (15).
2. Huaiwu P., Fangrui L., Xiaofeng Y. A hybrid term wind power prediction. *Renewable Energy*, 2013; 50: 590–595.
3. Tian L., Yongqian L., Mingwei L., Weikang W., Chijie Z. A new wind power forecasting approach based on conjugated gradient neural network. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
4. Xiaochen W., Peng G., Xiaobin H. A review of wind power forecasting models. *Energy Procedia*, 2011; 12: 770–778.
5. Foley A., Leahy P., Marvuglia A., Mckeogh E. Current methods and advances in forecasting of wind power generation. *Renewable Energy*, 2012; 1.
6. LSTM Layer. *Keras.io*. Retrieved from [https://keras.io/api/layers/recurrent\\_layers/lstm/](https://keras.io/api/layers/recurrent_layers/lstm/) (Accessed 10 October 2022).
7. Lymarev A. A., Tyunkov D. U., Moseykina A. A., Taganova G. J., Tusupova D. A., Abdildaeva A. A. Kratkosrochnoe prognozirovanie elektricheskoy energii vetrovymi generatorami TOO "Pervaya vetrovaya elektricheskaya stanciya" s ispol'zovaniem nejronnoj seti na yazyke Python [Short-term forecasting of electric energy by wind generators of LLP "First Wind Power Station" using a neural network in Python]. *Proceedings from Actual energy issues: Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 172–177), Омск, 2021 (in Russ.).

© Гайсина Г. А., Каразбаев С. Р., 2022

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 01.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 01.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 004.5

EDN NCKSYS

DOI 10.22450/9785964205777\_230

### Чип «Neuralink»

**Михаил Алексеевич Маслов<sup>1</sup>**, студент бакалавриата

**Максим Евгеньевич Кучерюк<sup>2</sup>**, студент бакалавриата

**Андрей Станиславович Ижевский<sup>3</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1, 2, 3</sup> [eiatp@dalgau.ru](mailto:eiatp@dalgau.ru)

**Аннотация.** Изучен принцип работы чипа «Neuralink», его функции и возможности. Собрана актуальная информация о направлениях использования данной технологии.

**Ключевые слова:** чип, возможности, функции, направления использования

**Для цитирования:** Маслов М. А., Кучерюк М. Е., Ижевский А. С. Чип «Neuralink» // Актуальные проблемы энергетике в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 230–233.

Original article

### Chip "Neuralink"

**Mikhail A. Maslov<sup>1</sup>**, Undergraduate Student

**Maxim E. Kucheryuk<sup>2</sup>**, Undergraduate Student

**Andrey S. Izhevsky<sup>3</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1, 2, 3</sup> [eiatp@dalgau.ru](mailto:eiatp@dalgau.ru)

**Abstract.** The principle of operation of the "Neuralink" chip, its functions and capabilities have been studied. Up-to-date information on the directions of using this technology has been collected.

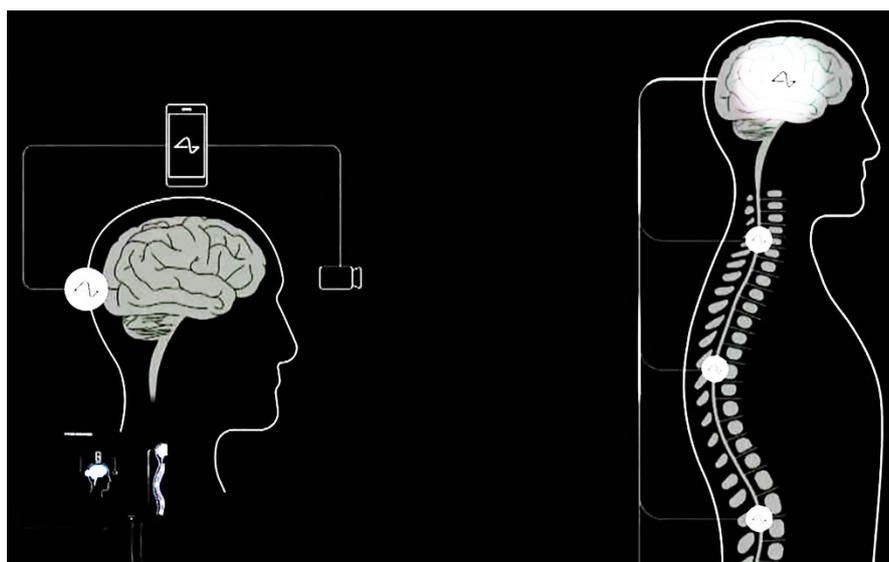
**Keywords:** chip, features, functions, directions of use

**For citation:** Maslov M. A., Kucheryuk M. E., Izhevsky A. S. Chip "Neuralink" [Chip "Neuralink"]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-

industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 230–233 (in Russ.).

Чип «Neuralink» вживляется в мозг человека и позволяет слепым людям стать зрячими, а обездвиженным управлять телефоном или компьютером силой мысли и, даже быстрее, чем это можно сделать руками. Принцип действия чипа показан на рисунке 1. Чип работает от собственной батареи и подключен по сети Bluetooth.

Конвертирование сигналов мозга в код для машины демонстрирует рисунок 2.



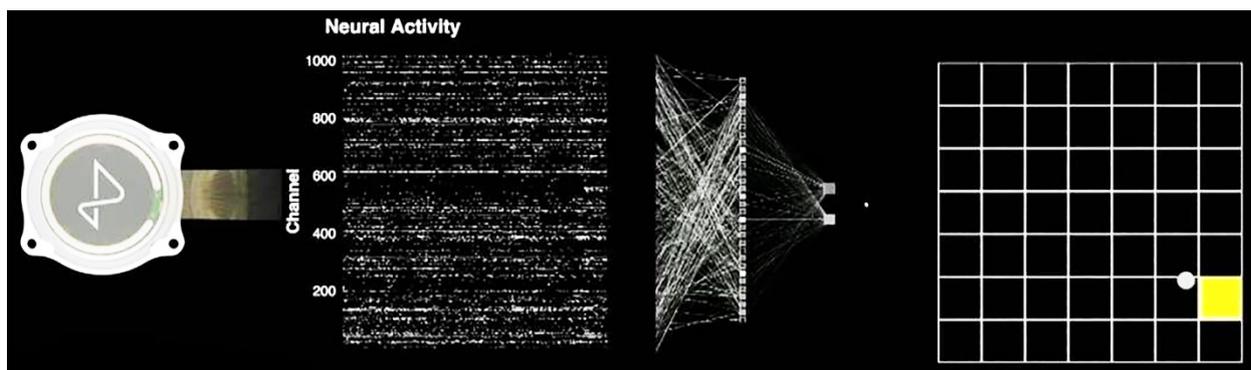
**Рисунок 1 – Принцип действия чипа «Neuralink»**

Компания-разработчик уже направила большую часть документов в управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США, и если документы примут, то в течение шести месяцев пройдут первые клинические испытания чипа на человеке. На данный момент испытание проводятся на животных, в частности обезьянах.

Конечно обезьяна не знает английского языка, и она не может формулировать мысли на понятном для человека языке, но обезьяна силой мысли наводит

курсор на подсвечиваемые клавиши и, в конечном итоге, получается предложение. Причем она это делает не рукой, а силой мысли.

Основным направлением использования предлагаемого чипа является восстановление зрения у людей, которые не могут видеть всю жизнь, еще с рождения. Обеспечиваться это будет потому, что зрительная часть коры головного мозга все еще есть и функционирует.



**Рисунок 2 – Механизм конвертирования сигналов мозга в код машины**

Таким образом, условная камера будет захватывать картинку и передавать ее напрямую в мозг без участия хрусталика.

Вторая задача чипа «Neuralink» позволить людям, которые не могут двигаться, управлять телефоном или компьютером. Для этого понадобится извлечь сигналы из моторной или двигательной коры головного мозга, и соединить сигналы с устройствами нейронной связи.

Для вживления чипа в головной мозг фирма-разработчик спроектировала специального хирургического робота, который аккуратно и безопасно проводит операцию. При имплантации робот избегает сосудов и подводит к отдельным частям мозга очень тонкие нити толщиной в несколько эритроцитов, они нужны для захвата нейронных сигналов. Все это невозможно сделать даже самыми искусными человеческими руками.

С помощью меток заранее выбираются точки, где будут размещены нити. Всего их нужно около 64 штук, и такая операция займет у робота 15 минут. Но внедряются нити не в сам мозг. Сначала нужно подрезать несколько слоев коры

головного мозга, а затем вернуть все на место.

Мы предлагаем добавить к описанному чипу искусственный интеллект, который присутствует в смартфонах, часах, машинах, и практически в любой современной технике. Он представляет собой микропроцессор, который позволит человеку производить запрос непосредственно у себя в голове и слышать ответ. Это возможно, так как чип подключен к головному мозгу, где находится слуховая кора, с помощью которой человек различает звуки.

Еще одним дополнением к чипу предлагается автоматический перевод текста. На данный момент активно ведутся разработки технологии AR – дополненной реальности. Существует множество очков дополненной реальности, но мы обратили внимание на модель Oppo Air Glass. Так как с помощью чипа человек может полноценно видеть, то если вставить в чип микропроцессор, переведенный текст может появляться у него перед глазами, а звук проходить через слуховую кору.

© Маслов М. А., Кучерюк М. Е., Ижевский А. С., 2022

Статья поступила в редакцию 08.12.2022; одобрена после рецензирования 13.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 08.12.2022; approved after reviewing 13.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

Научная статья

УДК 517.2

EDN NNFKWE

DOI 10.22450/9785964205777\_235

**Применение дифференциального исчисления  
у обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия»**

**Евгения Александровна Борисенко<sup>1</sup>**, кандидат физико-математических наук,  
доцент

**Светлана Юрьевна Ланина<sup>2</sup>**, кандидат физико-математических наук, доцент  
<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [evgpodolko@mail.ru](mailto:evgpodolko@mail.ru), <sup>2</sup> [swetl.lanina@yandex.ru](mailto:swetl.lanina@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрено применение одного из главных разделов математического анализа – дифференциального исчисления при решении прикладных задач. Представлены задачи с решениями, которые могут использоваться на учебных занятиях обучающимися по направлению бакалавриата 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль – Электрооборудование и электротехнологии).

*Ключевые слова:* дифференциальное исчисление, производная функции, сила тока

*Для цитирования:* Борисенко Е. А., Ланина С. Ю. Применение дифференциального исчисления у обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 235–240.

Original article

**Application of differential calculus  
for students in the field of training "Agroengineering"**

**Evgenia A. Borisenko<sup>1</sup>**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

**Svetlana Yu. Lanina<sup>2</sup>**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [evgpodolko@mail.ru](mailto:evgpodolko@mail.ru), <sup>2</sup> [swetl.lanina@yandex.ru](mailto:swetl.lanina@yandex.ru)

*Abstract.* The article considers the application of one of the main sections of

---

mathematical analysis – differential calculus in solving applied problems. Tasks with solutions that can be used in training sessions by students in the direction of bachelor's degree 35.03.06 "Agroengineering" (profile – Electrical Equipment and electrical technology) are presented.

**Keywords:** differential calculus, derivative of a function, current strength

**For citation:** Borisenko E. A., Lanina S. Yu. *Primenenie differencial'nogo ischisleniya u obuchayushchihya po napravleniyu podgotovki "Agroinzheneriya" [Application of differential calculus for students in the field of training "Agroengineering"]*. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 235–240 (in Russ.).

Математическое образование является неотъемлемой частью любого полноценного образования. При изучении математики развиваются интеллектуальные способности, необходимые каждому человеку в его профессиональной деятельности [1].

Известно, что еще со школьного курса при обучении математики применяются практико-ориентированные задачи из таких сфер человеческой деятельности как сельское хозяйство, строительство и многое другое. Обучающиеся первых курсов всех специальностей Дальневосточного государственного аграрного университета в первом семестре изучают один из важнейших разделов математического анализа – дифференциальное исчисление функции одной переменной.

Современный квалифицированный специалист должен уметь владеть навыками использования таблицы производных и правил их дифференцирования для решения конкретных практических задач в своей профессиональной деятельности.

Производную функции можно использовать при исследовании различных процессов: переменный ток, неравномерное механическое движение, химические реакции и другое.

Рассмотрим несколько практико-ориентированных задач, которые могут

использоваться на учебных занятиях по математике обучающимися по специальности 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль – Электрооборудование и электротехнологии).

Пусть известна функция  $Q = f(t)$ , которая выражает количество электричества, прошедшее через фиксированное сечение провода за время  $t$ . За период от  $t$  до  $t + \Delta t$  через сечение протекает количество электричества  $\Delta Q = f(t + \Delta t) - f(t)$  [2, С. 50]. Тогда, сила тока  $I$  в проводе в момент времени  $t$  равна производной:  $I = Q' = f'(t)$ .

**Задача 1.** Сила тока  $I$  изменяется в зависимости от времени  $t$  по закону  $I = 0,6t^2$  (сила тока в амперах, время в секундах). Найти скорость изменения силы тока в конце девятой секунды.

**Решение.** Если функция описывает какой-либо физический процесс, то производная есть скорость протекания этого процесса. Таким образом, найдем производную от функции тока, и получим функцию скорости изменения силы тока:

$$I' = (0,6t^2)' = 1,2t$$

Далее находим скорость изменения силы тока через 9 секунд.

Скорость изменения тока была найдена и составила  $1,2t$ . Подставляем значение  $t = 9$ , получим:  $I'(t) = 1,2 \cdot 9 = 10,8$ .

**Задача 2.** Для освещения участка тоннеля имеется аккумуляторная батарея с электродвижущей силой  $E = 240$  В и внутренним сопротивлением  $r = 10$  Ом, и электрические лампочки, рассчитанные на напряжение  $U_0 = 10$  В и мощность  $W_0 = 40$  Вт. Рассчитать максимальное количество лампочек, которые при соединении в цепь будут гореть полным накалом.

**Решение.** Вычислим максимальную мощность батареи на сопротивлении  $R$  в цепи по закону Джоуля-Ленца:

$$W = I^2 R$$

При этом ток  $I$  в цепи, который можно найти из закона Ома полной цепи:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Тогда мощность можно найти из выражения:

$$W = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}$$

Найдем производную  $W = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}$ .

$$\begin{aligned} W' &= \left( \frac{E^2 R}{(R + r)^2} \right)' = \frac{(E^2 R)' \cdot (R + r)^2 - E^2 R \cdot ((R + r)^2)'}{((R + r)^2)^2} = \\ &= \frac{E^2 \cdot (R + r)^2 - 2(R + r)E^2 R}{(R + r)^4} = \frac{(R + r)E^2(r + R - 2R)}{(R + r)^4} = \frac{E^2(r - R)}{(R + r)^3}. \end{aligned}$$

Максимальная мощность во внешней цепи выделяется при условии, что сопротивление внешней цепи равно внутреннему сопротивлению источника тока.

Найдем максимальное значение мощности:

$$\frac{E^2(r - R)}{(R + r)^3} = 0, R_{max} = r, W_{max} = \frac{E^2}{4r}$$

Тогда максимальная мощность аккумуляторной батареи на сопротивлении в цепи будет равна  $W_{max} = \frac{240^2}{4 \cdot 10} = 1440$  Вт.

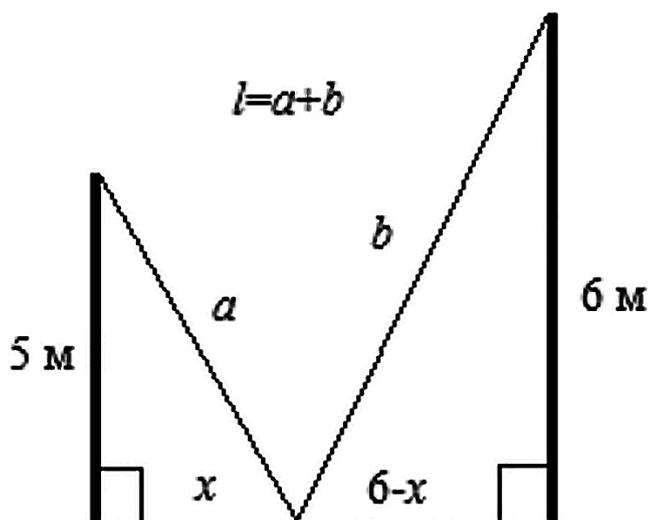
Найдем наибольшее количество лампочек, которые при соединении в цепь будут гореть полным накалом:  $\frac{W_{max}}{W_0} = \frac{1440}{40} = 36$  штук.

**Задача 3.** Два опорных столба высотой 5 м и 6 м расположены на расстоянии 6 м друг от друга. Столбы соединены металлической проволокой и закреплены на земле в одной точке. Определить наименьшее количество проволоки, которое необходимо использовать для крепления.

**Решение.** Исходя из условия задачи, схематически изобразим крепление опорных столбов (рис. 1).

Пусть длина проволоки –  $l$ , а часть проволоки от каждого столба соответ-

ственно –  $a$  и  $b$ , тогда  $l = a + b$ . При этом, величина  $l$  изменяется в зависимости от точки крепления на земле.



**Рисунок 1 – Схематическое изображение крепления опорных столбов**

Запишем зависимость функции  $l(x)$  от независимой переменной  $x$ :

$$l(x) = \sqrt{x^2 + 25} + \sqrt{x^2 - 12x + 72}, \quad 0 \leq x \leq 6.$$

Вычислим производную данной функции:

$$l'(x) = \frac{x}{\sqrt{x^2 + 25}} + \frac{x - 6}{\sqrt{x^2 - 12x + 72}}$$

Определим критические точки функции. Для этого решим уравнение  $l'(x) = 0$ . В результате получим следующее квадратное уравнение:

$$11x^2 + 300x - 900 = 0,$$

Его корни равны  $x_1 = 2,7$ ;  $x_2 = -30$ . Сравнив значения функции  $l(x)$  в точках  $x = 0$ ;  $x = 6$ ;  $x = 2,7$ , можно сделать вывод, что наименьшее количество проволоки используется при  $x = 2,7$ , так как в этой точке значение функции минимальное, то есть  $l(2,7) = 12,5$  м.

В настоящее время дифференциальное исчисление становится все более актуальным при решении как простых, так и более сложных задач. Следует отметить, что при решении прикладных задач у обучающихся формируется интерес не только к дисциплине математика, но и к будущей профессии. На

наш взгляд, необходимо систематически использовать прикладные задачи на практических занятиях, что позволит обучающимся с легкостью выполнять поставленные задачи.

### **Список источников**

1. Усова Л. Б., Шакирова Д. У. Практико-ориентированный подход к формированию математической компетентности студентов направления подготовки «Математика и компьютерные науки» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2018. № 1 (213). С. 77–83.
2. Никольский С. М. Элементы математического анализа. М. : Наука, 1981. 160 с.

### **References**

1. Usova L. B., Shakirova D. U. Praktiko-orientirovannyj podhod k formirovaniyu matematicheskoj kompetentnosti studentov napravleniya podgotovki "Matematika i komp'yuternye nauki" [Practice-oriented approach to the formation of mathematical competence of students of the field of study "Mathematics and Computer Science"]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – Bulletin of the Orenburg State University*, 2018; 1; 213: 77–83 (in Russ.).
2. Nikolsky S. M. *Elementy matematicheskogo analiza [Elements of mathematical analysis]*, Moskva, Nauka, 1981, 160 p. (in Russ.).

© Борисенко Е. А., Ланина С. Ю., 2022

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 25.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 25.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 378.147

EDN OCZIYY

DOI 10.22450/9785964205777\_241

### **Проблемы профессионального образования при переходе страны на цифровую экономику**

**Елена Сергеевна Дубкова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Людмила Николаевна Горбунова**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Максим Валерьевич Шевченко**<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [dubkova75@mail.ru](mailto:dubkova75@mail.ru), <sup>2</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>3</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос цифровой трансформации сферы профессиональной деятельности человека. Приведены примеры программирования и применения математических моделей для выпускников направления «Электроэнергетика и электротехника».

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровые компетенции, цифровые технологии, профессиональные задачи

**Для цитирования:** Дубкова Е. С., Горбунова Л. Н., Шевченко М. В. Проблемы профессионального образования при переходе на цифровую экономику // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 241–247.

Original article

### **Problems of vocational education during the country's transition to the digital economy**

**Elena S. Dubkova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Lyudmila N. Gorbunova**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Maxim V. Shevchenko**<sup>3</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
<sup>1</sup> [dubkova75@mail.ru](mailto:dubkova75@mail.ru), <sup>2</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>3</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru)

**Abstract.** The article considers the issue of digital transformation of the sphere of professional activity of a person. Examples of programming and application of mathematical models for graduates of the direction "Electric power and electrical engineering" are given.

---

**Keywords:** digital transformation, digital competencies, digital technologies, professional tasks

**For citation:** Dubkova E. S., Gorbunova L. N., Shevchenko M. V. Problemy professional'nogo obrazovaniya pri perekhode na cifrovuyu ekonomiku [Problems of vocational education in the transition to the digital economy]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 241–247 (in Russ.).

Наука и образование всегда были двумя составляющими, которые формируют принципиально новый технологический уклад жизни. Все в экономической жизни страны связано с энергетикой. К развитию энергетики необходимо подходить разумно, своевременно применять современные подходы разработок.

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и оценка общих перспектив мировой цифровой экономики показывают, что нужно применять необходимые современные решения для всей энергетической экосистемы страны, а также показывают целесообразность перехода от современного вида способов работы к новым технологиям.

Цифровая трансформация участвует в основных направлениях деятельности человека и конкретно изменяет практику профессиональной деятельности. Это выражается в качественных изменениях бизнес-процессов и моделей деятельности, прежде всего возникающих в рамках цифровых платформ, и значительных социально-экономических эффектах от их реализации, дополняет их развитием компетенций сотрудников, культуры работы с данными и цифровыми решениями.

Современное развитие энергетической сферы, связанной с цифровизацией, ведет к тому, что необходимо значительно трансформировать и образование. Нужно разработать и опробовать цифровые компетенции, обеспечивающие эффективное взаимодействие студенчества, бизнеса, рынка труда в

условиях формирующейся цифровой экономики и системных проблемах отрасли [1].

Цифровая трансформация способствует решению многих задач в энергетической отрасли. Например, уменьшается уровень травматизма на этапе монтажа и использования энергетического оборудования; сокращается количество аварий на объектах инфраструктуры; проще и легче координировать процессы внутри и между организациями; сокращаются транзакционные издержки. И все это, благодаря цифровым продуктам.

В целом, необходимо обеспечить максимальное внедрение цифровых технологий, а также использование профессиональных цифровых компетенций в образовании и на энергетическом рынке.

Основным этапом цифровой трансформации образования является развитие основных технологических направлений, включая искусственный интеллект, робототехнику, блокчейн, технологии виртуальной и дополненной реальности и ряд других.

Преподаватели вузов и сотрудники энергетической отрасли должны не только знать, но и пользоваться для обучения сектором информационно-телекоммуникационных технологий. Также внедрение этих технологий нужно сопровождать наглядными иллюстрациями, видеоконференциями и передачей 3D-голограмм. Все это должно привести к слиянию цифровой и физической реальности, что даст потребителям максимально большой спектр услуг. Еще одна проблема – это нежелание преподавателей делиться наработками при внедрении цифровых компетенций в преподаваемые дисциплины.

Общедоступность наработок по внедрению цифровых компетенций должно стать нормой. У преподавателя должна быть четкая уверенность в том, что чем больше его наработкой будут пользоваться, тем выше будет его рейтинг, или он будет получать вознаграждение за каждое их применение. Преподаватели должны видеть пользу от участия в обмене наработками. Поэтому

нельзя забывать об основных мотивациях: материальная, нематериальная и производственная необходимость. Общедоступность наработок – важнейший фактор успешного внедрения цифровых технологий, как в систему образования, так и в энергетические системы страны. Модифицирование системы высшего образования – начальный этап в переходе на цифровую экономику.

Именно поэтому, должен быть ускорен процесс приобретения цифровых компетенций у выпускников технических направлений подготовки, связанных с развитием цифровизации энергетической отрасли.

Во время актуализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» следует предусмотреть изучение в рамках дисциплин (модулей) и других ее компонентов следующие сквозные цифровые технологии:

- 1) искусственный интеллект;
- 2) робототехника и сенсорика;
- 3) большие данные;
- 4) технологии виртуальной и дополненной реальности.

Кроме этого, для программы магистратуры по такому же направлению необходимо дать основные понятия о содержании существующих современных сквозных цифровых технологий, а также возможностей их применения в профессиональной деятельности выпускника:

- 1) новые производственные технологии;
- 2) цифровые сервисы;
- 3) технологии виртуальной и дополненной реальности;
- 4) промышленный интернет вещей.

Студент, освоивший магистерскую программу, должен уметь решать следующие профессиональные задачи:

- 1) интернета вещей с функцией передачи данных для обеспечения и без-

опасности работников: «умные» каски, газоанализаторы, датчики окружающей среды, датчики пульса и местоположения;

2) поэтапное формирование умных сетей на национальном и местном уровнях;

3) отслеживание генерации, распределения, передачи и потребления энергии в режиме реального времени;

4) реализация проектов в сфере управления и мониторинга надежности энергоснабжения (создавать платформы для сбора, обработки и использования больших данных);

5) решать задачи прогнозного стратегического и инвестиционного планирования;

6) применять цифровые технологии для пространственного анализа энергетических объектов, выявления энергетического потенциала территории.

Для внедрения цифровых технологий в образовании необходимо не только внедрение цифровых компетенций, но и создание единого учебно-методического центра, который обеспечит квалифицированную подготовку обучающихся для дальнейшей работы в энергетической отрасли в условиях цифровой экономики.

Для плодотворной работы центра необходимо провести повышение квалификации как методического, так и профессорско-преподавательского состава по направлениям:

1) методисты: «Цифровые технологии в проектировании образовательных программ»;

2) профессорско-преподавательский состав: «Цифровые технологии в преподавании профильных дисциплин».

Во время переработки образовательных программ, методисты применяют цифровые компоненты, а преподаватель перестраивает так свою дисциплину,

чтобы студенты получали знания в области информационных и сквозных технологий. При актуализации программ необходимо советоваться с представителями энергетической отрасли, что дает возможность обучающимся получать те цифровые компетенции, которые востребованы в реальном производственном процессе.

Для цифровизации образования, как отрасли экономики, предлагают сделать некоторые шаги:

1. Создание перечня и описания по уровням цифровых компетенций энергетического направления.

2. Создание модели: представитель энергетической компании – учебное заведение (всех уровней образования) – студент – оценка компетенций – работодатель.

3. Переподготовка профессорско-преподавательского состава.

4. Разработка образовательных программ.

5. Внедрение цифровых сервисов.

6. Переподготовка сотрудников энергетических организаций.

7. Ознакомление с отраслевыми цифровыми компетенциями с учетом внедренного сервиса персонализации образования.

8. Льготные условия для вузов и организаций, внедряющих цифровую трансформацию, в первую очередь, отечественные программные продукты.

9. Предоставление бесплатных образовательных программ образовательным организациям.

Все перечисленное дает возможность предположить, что внедрение образовательных платформ (разной направленности), в конечном итоге, обеспечит объединение научных возможностей и кадровых ресурсов, которые позволят развить цифровые технологии, а также подготовить высокопрофессиональных компетентных выпускников для перехода современной энергетики в цифровую энергетическую систему. При формировании цифровых технологий для

энергетической отрасли необходимо привлекать обученных квалифицированных сотрудников, приоритетные технологии и современное программное обеспечение [2].

Цифровая трансформация отрасли предполагает внедрение «зеленых» источников энергии, возникновение автоматизированных энергосистем и объектов эксплуатации в смежных отраслях, увеличение применения цифровых сервисов, и всем этим должны управлять выпускники инженерных направлений. Также потребуются не только технологическая адаптация, но и значительные организационные изменения, перестройка традиционных способов преподавания.

#### **Список источников**

1. Путилов А. В. Развитие технологий и подготовка кадров для цифровой экономики в энергетике // Новая энергетика. 2017. № 5.
2. Иванов В. В., Путилов А. В. Цифровое будущее: следующий шаг в развитии атомных энергетических технологий // Энергетическая политика. 2017. № 3. С. 31–42.

#### **References**

1. Putilov A. V. Razvitie tekhnologij i podgotovka kadrov dlya cifrovoj ekonomiki v energetike [Technology development and training for the digital economy in the energy sector]. *Novaya energetika. – New Energy*, 2017: 5 (in Russ.).
2. Ivanov V. V., Putilov A. V. Cifrovoe budushchee: sleduyushchij shag v razvitii atomnyh energeticheskikh tekhnologij [Digital future: the next step in the development of nuclear energy technologies]. *Energeticheskaya politika. – Energy Policy*, 2017; 3: 31–42 (in Russ.).

© Дубкова Е. С., Горбунова Л. Н., Шевченко М. В., 2022

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 620.9

EDN OHONDL

DOI 10.22450/9785964205777\_248

## Карьера в энергетической промышленности

Салават Ришатович Каразбаев<sup>1</sup>, студент

Гузал Адрахимовна Гайсина<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Башкирский государственный аграрный университет

Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>1</sup> [karazbaevsalavat42@gmail.com](mailto:karazbaevsalavat42@gmail.com), <sup>2</sup> [gga19651009@gmail.com](mailto:gga19651009@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрена роль технологий в энергетике. Инженеру-энергетику необходимо быть в курсе последних разработок в профессиональной области. Наука используется во всех аспектах энергетической отрасли. Показано, что наука также необходима для понимания воздействия производства энергии на окружающую среду.

**Ключевые слова:** технологии, энергетика, энергетическая отрасль, электроэнергия, инженер-энергетик, карьера

**Для цитирования:** Каразбаев С. Р., Гайсина Г. А. Карьера в энергетической промышленности // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 248–253.

Original article

## Career in the energy industry

Salavat R. Karazbaev<sup>1</sup>, Student

Guzal A. Gaysina<sup>2</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>1</sup> [karazbaevsalavat42@gmail.com](mailto:karazbaevsalavat42@gmail.com), <sup>2</sup> [gga19651009@gmail.com](mailto:gga19651009@gmail.com)

**Abstract.** The article considers the role of technologies in the energy sector. An energy engineer needs to be aware of the latest developments in the professional field. Science is used in all aspects of the energy industry. It is shown that science is also necessary to understand the impact of energy production on the environment.

**Keywords:** technologies, energy, energy industry, electricity, energy engineer, career

**For citation:** Karazbaev S. R., Gaysina G. A. Kar'era v energeticheskoy promyshlennosti [Career in the energy industry]. Proceeding from Actual issues of

energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 248–253 (in Russ.).

Чтобы знать, является ли энергетика хорошим карьерным направлением, важно понимать, что влечет за собой работа в энергетической отрасли. Карьера в энергетике может быть выгодной, но проблема в том, что энергетика достаточно сложная отрасль работы. Работа в энергетической отрасли включает в себя в широкий спектр видов деятельности.

Специалисты в области энергетики могут работать:

- 1) в производстве электроэнергии;
- 2) в передаче и распределении электроэнергии.

Тип выполняемой работы зависит от навыков и квалификации. Некоторые профессии в области энергетики могут требовать определенных технических навыков.

Карьера инженера-энергетика включает в себя четыре основных компонента:

1. Наука.
2. Технология.
3. Бизнес.
4. Политика.

**Наука.** Работа в энергетической отрасли требует глубокого понимания науки. Многие специалисты в области энергетики изучают физику, химию, инженерное дело или другие научные дисциплины. Наука используется во всех аспектах энергетической отрасли. Она необходима для исследования и разработки новых технологий. Также наука необходима для понимания воздействия производства энергии на окружающую среду.

**Технология.** Энергетическая отрасль постоянно развивается. Постоянно

разрабатываются и внедряются новые технологии. Инженеру-энергетику необходимо быть в курсе последних разработок в профессиональной области.

**Бизнес.** Энергетическая отрасль – это огромный бизнес. Понимание деловой стороны вещей имеет важное значение для работы в этом секторе. От управления проектами и финансов до маркетинга и продаж. Понимание бизнеса поможет добиться успеха в любой энергетической карьере. Так как энергетическая отрасль постоянно подвергается изменениям, важно уметь адаптироваться к новым ситуациям.

**Политика.** Изменения в государственной политике могут оказать значительное влияние на энергетику. Специалист в области энергетики, должен быть в курсе последних политических событий.

Энергетическая отрасль предлагает множество вариантов развития: как личного, так и профессионального. Преимущества работы в энергетической отрасли включают:

**1. Изменение ситуации.** Энергетическая отрасль работает над решением некоторых больших проблем, стоящих сегодня перед обществом. Специалист в области энергетики может напрямую влиять на эти проблемы. Он может помочь разработать и внедрить технологии, которые изменят ситуацию к лучшему. Может работать над развитием возобновляемых источников энергии или повышением энергоэффективности, а также играть свою роль в создании устойчивого будущего для поколений [1].

**2. Разнообразие.** Энергетическая отрасль огромна и разнообразна. Существует множество различных типов доступных рабочих мест. В энергетической отрасли также существует множество различных секторов.

**3. Гарантия трудоустройства.** Энергетическая отрасль быстро развивается. И поскольку мир зависит от энергии, спрос на специалистов в области энергетики будет расти. И хотя гарантия занятости имеет важное значение, это не единственный фактор, который следует учитывать при выборе карьеры.

**4. Хорошая заработная плата.** Специалистам в области энергетики очень хорошо платят. Многие рабочие места в энергетике предлагают заработную плату, значительно превышающую среднюю по стране. Таким образом, работа в области энергетики может быть хорошим вариантом для высоко оплачиваемой карьеры.

**5. Интересная работа.** Энергетическая отрасль постоянно меняется. Всегда приходится сталкиваться с новыми вызовами и изучать новые технологии. Однако не все так просто. Работа в энергетической отрасли тоже имеет свои проблемы [2].

**Проблемы работы в энергетической отрасли.** Работа в энергетической отрасли сопряжена с некоторыми трудностями. К ним относятся:

*1. Монополия.* Несколько крупных компаний доминируют в энергетической отрасли. Это может затруднить продвижение других. Чтобы продвигаться по карьерной лестнице, возможно, потребуются перейти в другую компанию. Например, может понадобиться сменить работу, чтобы получить повышение. Монополия – это проблема, с которой сталкиваются многие отрасли промышленности. Но это особенно распространено в энергетическом секторе.

*2. Риск.* Риски являются частью работы в энергетической отрасли. Например, всегда существует риск несчастных случаев. Специалисты в области энергетики должны знать о рисках и принимать меры предосторожности, чтобы избежать их. Например, может потребоваться надевать защитное снаряжение при работе с определенными материалами или же соблюдать правила техники безопасности при работе с опасным оборудованием.

*3. Экологические проблемы.* Энергетическая отрасль оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Это может быть источником конфликта для некоторых людей. Например, специалист может работать над проектом, который может нанести вред окружающей среде или, наоборот, положительно повлиять на окружающую среду (например, новая солнечная ферма) [2].

*4. Рабочее время.* Энергетическая отрасль – это бизнес. Таким образом, возможно, потребуется работать во внеурочное время или работать в выходные, вечерние, ночные смены. Специалист должен быть готов к потенциальному влиянию на свой образ жизни. Несмотря на трудности, работа в энергетической отрасли может стать полезным опытом. Это шанс изменить мир к лучшему. Итак, является ли энергетика хорошим карьерным направлением? Это хороший карьерный путь для поиска хорошо оплачиваемой работы с достойными перспективами.

Какой тип образования и профессиональной подготовки необходим для карьеры в энергетике? Нужно специальное образование и тренировка. Существуют как академические, так и профессиональные пути в отрасль.

*Академические маршруты.* Можно получить степень в области энергетики в университете. В качестве альтернативы можно получить степень по смежному предмету, например, по инженерному делу. Доступны как степени бакалавра, так и аспирантуры. Выбор степени зависит от карьерных целей.

*Профессиональные маршруты.* Также можно поступить в энергетическую отрасль по профессиональному пути. Существует множество различных профессиональных квалификаций. Например, можно обучиться на диплом инженера-электрика или получить сертификат по сантехнике.

Каковы перспективы трудоустройства для человека со степенью в области энергетики? Перспективы трудоустройства достаточно высоки. Энергетическая отрасль быстро развивается. Существует высокий спрос на квалифицированных специалистов.

#### **Список источников**

1. Энергосбережение : учебное пособие / под ред. Н. И. Данилова. Екатеринбург : Сократ, 2001. 208 с.
2. Глазьев С. Ю., Львов Д. С., Фетисов Г. Г. Эволюция технико-эконо-

мических систем: возможности и границы централизованного регулирования. М. : Наука, 1992. 208 с.

### **References**

1. Danilov N. I. (Eds.). *Energoberezhnie: uchebnoe posobie [Energy saving: tutorial]*, Ekaterinburg, Sokrat, 2001, 208 p. (in Russ.).
2. Glazyev S. Yu., Lvov D. S., Fetisov G. G. *Evolyuciya tekhniko-ekonomicheskikh sistem: vozmozhnosti i granicy centralizovannogo regulirovaniya [Evolution of technical and economic systems: opportunities and boundaries of centralized regulation]*, Moskva, Nauka, 1992, 208 p. (in Russ.).

© Каразбаев С. Р., Гайсина Г. А., 2022

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 378

EDN OTRZEL

DOI 10.22450/9785964205777\_254

### Использование лабораторного оборудования для обучения студентов инженерных направлений

**Ирина Александровна Лонцева**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент  
**Вячеслав Анатольевич Сенников**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент  
<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Largoil@mail.ru](mailto:Largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [Sennikovva@mail.ru](mailto:Sennikovva@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлена необходимость использования лабораторного оборудования при проведении аудиторных занятий со студентами инженерных направлений подготовки. Указаны основные сложности применения традиционных форм проведения лабораторных работ, а также их преимущества перед виртуальными.

**Ключевые слова:** студенты, лабораторная работа, профессиональные компетенции, традиционные формы обучения

**Для цитирования:** Лонцева И. А., Сенников В. А. Использование лабораторного оборудования для обучения студентов инженерных направлений // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 254–258.

Original article

### Use of laboratory equipment for teaching engineering students

**Irina A. Lontseva**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Vyacheslav A. Sennikov**<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Largoil@mail.ru](mailto:Largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [Sennikovva@mail.ru](mailto:Sennikovva@mail.ru)

**Abstract.** The article presents the necessity of using laboratory equipment when conducting classroom classes with engineering students. The main difficulties of using traditional forms of laboratory work, as well as their advantages over virtual ones, are indicated.

**Keywords:** students, laboratory work, professional competencies, traditional forms of education

**For citation:** Lontseva I. A., Sennikov V. A. Ispol'zovanie laboratornogo oborudovaniya dlya obucheniya studentov inzhenernyh napravlenij [Use of laboratory equipment for teaching engineering students]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 254–258 (in Russ.).

В настоящее время основное внимание при обучении в вузе направлено на выполнение самостоятельной работы и использования дистанционных форм с привлечением электронной информационной среды. Но подготовка инженерных специальностей, на наш взгляд, должна содержать в себе традиционные формы [1, 2].

При изучении дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений, студентам высшего учебного заведения необходимо сформировать профессиональные компетенции ключевыми фразами, в которых проявляется способность, умение и готовность выполнять поставленные задачи.

Без выполнения лабораторных работ с использованием соответствующего оборудования невозможно сформировать умения. К тому же *умение и владение* – это обязательная составляющая результатов обучения, обозначенная в рабочих программах дисциплин.

Кроме этого, интерес к изучению дисциплины у студентов с техническим складом ума возможен при условии наглядного представления протекания технологического процесса [3].

Существует ряд сложностей, связанных с проведением реальных работ на лабораторных установках, к которым можно отнести:

- 1) обеспечение требований безопасности и проведение инструктажа по технике безопасности;
- 2) наличие напряжения 380 В электрической сети;
- 3) поддержание оборудования в технически исправном состоянии;

- 4) продолжительность выполнения каждой работы (более 2 часов);
- 5) необходимость демонстрации и контроля со стороны преподавателя;
- 6) органичное число активных участников (студентов).

Альтернативой реальным лабораторным установкам могут стать виртуальные, выполняемые с использованием персонального компьютера и программного обеспечения.

Обозначенные ранее недостатки, связанные с проведением реальных работ, исчезают при выполнении виртуальных.

Но, несмотря на популярность современных приемов обучения, проведение лабораторных работ, при которых происходит, изучение, наблюдение, контроль, изменение параметров и условий протекания технологического процесса, а также обработка и анализ полученных результатов является необходимостью [1].

К этому же мнению приходят и большинство студентов инженерных направлений вуза, участвующих в опросе (рис. 1).



Рисунок 1 – Результаты опроса студентов о необходимости применения лабораторного оборудования при проведении учебных занятий

Студенты направлений подготовки 13.03.02 «Электротехника и электротехнологии», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 35.03.06 «Агроинженерия» большинством (85 % опрошенных) ответили о необходимости применения лабораторного оборудования при проведении учебных занятий.

В целом студенты проявляют большой интерес к изучению дисциплины, если используется лабораторное оборудование, благодаря которому можно наблюдать, изменять и контролировать параметры объекта или процесса.

Поддержание оборудования в работоспособном состоянии, а также его обновление с учетом современных достижений науки и практики, является основной задачей для профессорско-преподавательского состава и вспомогательного персонала.

Проведение занятий с использованием лабораторного оборудования для студентов инженерных направлений подготовки по дисциплинам, формирующим профессиональные компетенции, показывает следующие результаты:

- 1) улучшение результатов во время промежуточной и итоговой аттестации;
- 2) решение большего круга задач при прохождении производственной практики;
- 3) умение использовать полученные навыки при изучении смежных дисциплин;
- 4) возможность проводить научные исследования и получать результаты.

#### **Список источников**

1. Зубова И. И., Александрова Е. В. Лабораторные работы как средство усиления профессиональной подготовки студентов аграрных вузов // Физика в системе высшего и среднего образования России : материалы междунар. школы-семинара. М. : АПР, 2017. С. 52–53.

2. Кузьмич Н. П. Проблемы инженерной подготовки в системе высшего образования // Глобальный научный потенциал. 2021. № 3 (120). С. 156–158.

3. Самарина Ю. Р. Особенности преподавания специализированных дисциплин для обучающихся технических специальностей // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2019. С. 173.

### References

1. Zubova I. I., Alexandrova E. V. Laboratornye raboty kak sredstvo usileniya professional'noj podgotovki studentov agrarnyh vuzov [Laboratory work as a means of strengthening the professional training of students of agricultural universities]. Proceedings from Physics in the system of higher and secondary education in Russia: *Mezhdunarodnaya shkola-seminar – International School Seminar*. (PP. 52–53), Moskva, APR, 2017 (in Russ.).

2. Kuzmich N. P. Problemy inzhenernoj podgotovki v sisteme vysshego obrazovaniya [Problems of engineering training in the higher education system]. *Global'nyj nauchnyj potencial. – Global scientific potential*, 2021; 3: 156–158 (in Russ.).

3. Samarina Yu . R . Osobennosti prepodavaniya specializirovannyh disciplin dlya obuchayushchihsya tekhnicheskikh special'nostej [Features of teaching specialized disciplines for students of technical specialties]. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 173), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019 (in Russ.).

© Лонцева И. А., Сенников В. А., 2022

Статья поступила в редакцию 23.11.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 23.11.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 377.1

EDN QLVFYX

DOI 10.22450/9785964205777\_259

**Использование электронной образовательной среды  
в процессе подготовки студентов по направлению «Агроинженерия»**

**Вячеслав Анатольевич Сенников<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент

**Ирина Александровна Лонцева<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Sennikovva@mail.ru](mailto:Sennikovva@mail.ru), <sup>2</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые возможности повышения педагогической эффективности процесса подготовки студентов по кафедре транспортно-энергетических средств и механизации АПК Дальневосточного государственного аграрного университета, обучающихся по направлению «Агроинженерия», посредством обращения к технологиям работы в электронной образовательной среде. Авторы делятся опытом разработки и использования в учебном процессе электронных учебных комплексов для реализации основных задач обучения.

**Ключевые слова:** образовательная среда, электронный учебный комплекс, учебные материалы, тестирование, электронное обучение, образовательные технологии

**Для цитирования:** Сенников В. А., Лонцева И. А. Использование электронной образовательной среды в процессе подготовки студентов по направлению «Агроинженерия» // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 259–265.

Original article

**The use of electronic educational environment  
in the process of preparing students in the direction of "Agroengineering"**

**Vyacheslav A. Sennikov<sup>1</sup>**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Irina A. Lontseva<sup>2</sup>**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Sennikovva@mail.ru](mailto:Sennikovva@mail.ru), <sup>2</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru)

**Abstract.** The article considers some possibilities of improving the pedagogical

---

efficiency of the process of training students at the Department of Transport and Energy Facilities and Mechanization of the Agro-industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University, studying in the direction of "Agroengineering", by referring to the technologies of work in an electronic educational environment. The authors share their experience in the development and use of e-learning complexes in the educational process for the implementation of the main learning objectives.

**Keywords:** educational environment, e-learning complex, educational materials, testing, e-learning, educational technologies

**For citation:** Sennikov V. A., Lontseva I. A. Ispol'zovanie elektronnoj obrazovatel'noj sredy v processe podgotovki studentov po napravleniyu "Agroinzheneriya" [The use of an electronic educational environment in the process of preparing students in the direction of "Agroengineering"]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 259–265 (in Russ.).

Под электронным обучением понимается организация образовательного процесса с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей передачи по линиям связи указанной информации, взаимодействие участников образовательного процесса.

Информационно-образовательная среда – это системно-организованная совокупность средств передачи данных, информационных ресурсов, протоколов взаимодействия, аппаратно-программного и организационно-методического обеспечения, ориентированная на удовлетворение образовательных потребностей пользователей. В информационно-образовательной среде посредством дистанционных образовательных технологий создаются условия для организации электронного обучения.

Исследования [1, 2, 3] выявили требования, которым должны удовлетворять разработанные учебные ресурсы, чтобы способствовать эффективному обучению и быть удобными для использования.

В Дальневосточном государственном аграрном университете осуществляется реализация разных уровней образовательных программ: довузовское (предпрофессиональная подготовка), вузовское (профессиональная подготовка по основным образовательным программам бакалавров, специалистов и магистров), послевузовское (аспирантура, докторантура, повышение квалификации и переподготовка кадров высшей квалификации). Подготовка квалифицированных специалистов немыслима без применения информационно-коммуникационных технологий. Одной из форм применения информационно-коммуникационных технологий в образовании является формирование электронной информационно-образовательной среды.

В требованиях федеральных государственных образовательных стандартов за вузами закреплена обязанность по организации доступа обучающихся к такой среде. В стандартах нового поколения определены следующие требования:

1) доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах;

2) фиксация хода образовательного процесса, итогов промежуточной аттестации и результатов освоения программы бакалавриата;

3) проведение всех видов занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;

4) формирование электронного портфолио обучающихся, в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников образовательного процесса;

5) взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети Интернет.

В Дальневосточном государственном аграрном университете электронно-образовательная среда была разработана и внедрена в учебный процесс в 2014 г. Для ее совершенствования все сотрудники проходят периодическое и своевременное повышение квалификации.

При освоении образовательной программы и изучении дисциплины «Тракторы и автомобили» студентов очной и заочной форм обучения, большое количество часов (более 380 часов) отводится на самостоятельное изучение дисциплины, что не всегда посильно для студентов без дополнительной информации.

Для этого при разработке электронной информационной среды учитывалось информационное обеспечение литературой, а также для лучшего усвоения изученного материала были подобраны и размещены учебные видеофильмы (рис. 1).

## Тракторы и автомобили

Личный кабинет / Мои курсы / Уровни образования / Бакалавриат / 35.03.06 Агроинженерия (Технические системы в агробизнесе) / Учебные фильмы по конструкции ДВС

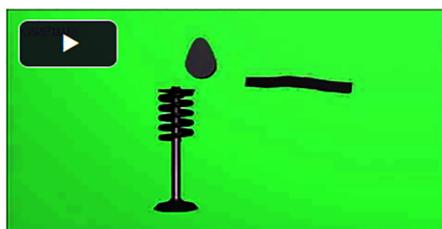
### Учебные фильмы по конструкции ДВС

1. Кривошипно-шатунный механизм. Принцип работы.



CARInfo3D.ru

2. Принцип работы ГРМ



3. Система смазки двигателя внутреннего сгорания

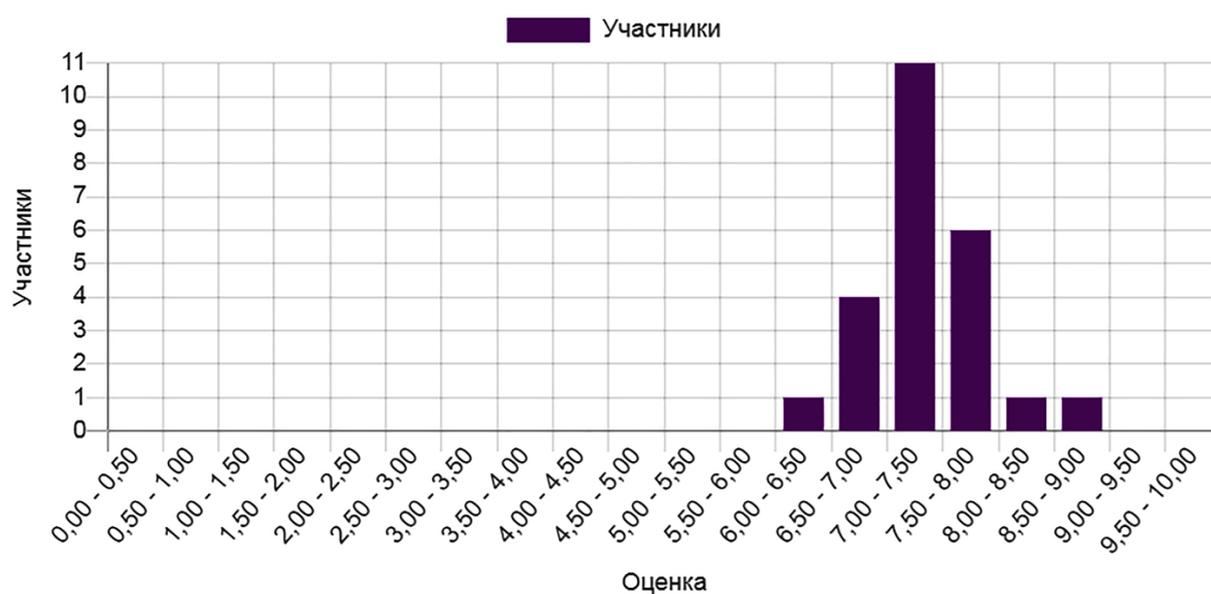


**Рисунок 1 – Элемент образовательной среды**

Учебные видеофильмы при просмотре дают дополнительную визуальную информацию об изученной теме. Также разработаны контрольные точки 1 и контрольные точки 2 для студентов заочной формы обучения, что дает возможность преподавателю оценить уровень подготовки при появлении обучающихся на сессии, обучающимся – возможность изучить больше материала на лабораторно-практических и лекционных занятиях, опираясь на качественное изучение материала, отводимого на самостоятельное изучение.

Таким образом разработанные электронно-методические комплексы, размещенные на платформе университета, являются основой виртуальной цифровой образовательной средой, которая «сопровождает» обучающегося в его самостоятельной работе, способствует систематизации его знаний, получению навыков решения практических задач, умению самостоятельно выявлять и исправлять ошибки в своих рассуждениях и решениях.

Приведенные результаты применения учебных видеофильмов в учебном процессе наглядно демонстрируют повышение эффективности обучения (рис. 2, 3).



**Рисунок 2 – Итоги контрольной точки 1**

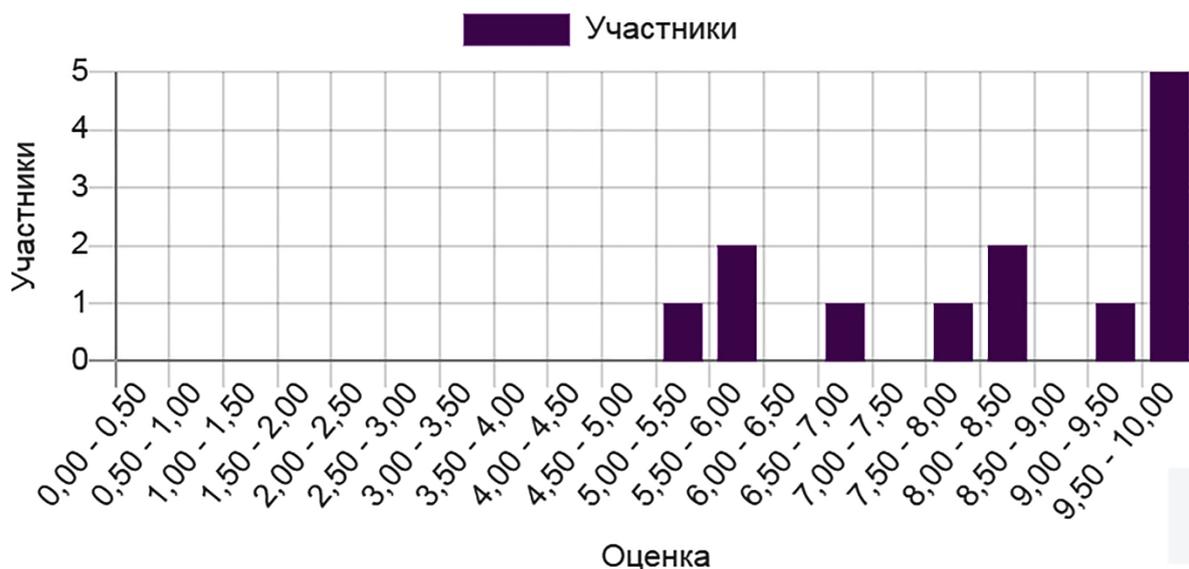


Рисунок 2 – Итоги контрольной точки 1

При использовании электронной образовательной среды преподавателям стоит обращать внимание на то, что она не должна заменять работу в аудитории и реальное общение со студентами.

### Список источников

1. Григорьев-Голубев В. В. Комплекс электронных образовательных ресурсов для организации учебного процесса в форме дистанционного обучения // Ученые записки Института социальных и гуманитарных знаний. 2015. Т. 13. № 1. С. 154–160.
2. Григорьев-Голубев В. В. Комплекс информационных материалов и электронных ресурсов для использования элементов дистанционного обучения в преподавании математических дисциплин // Образовательные технологии и общество. 2016. № 1. С. 484–497.
3. Малыгина Е. А., Афонин Д. А., Кевлов И. А. Организация самостоятельной работы в пожарно-технических вузах на основе компьютерно-информационной обучающей среды // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 1 (21). С. 168–175.

### References

1. Grigoriev-Golubev V. V. Kompleks elektronnyh obrazovatel'nyh resursov dlya organizatsii uchebnogo processa v forme distancionnogo obucheniya [A com-

plex of electronic educational resources for the organization of the educational process in the form of distance learning]. *Uchenye zapiski Instituta social'nyh i gumanitarnyh znaniy. – Scientific notes of the Institute of Social and Humanitarian Knowledge*, 2015; 13; 1: 154–160 (in Russ.).

2. Grigoriev-Golubev V. V. Kompleks informacionnyh materialov i elektronnyh resursov dlya ispol'zovaniya elementov distancionnogo obucheniya v prepodavanii matematicheskikh disciplin [A set of information materials and electronic resources for the use of elements of distance learning in teaching mathematical disciplines]. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. – Educational Technologies and Society*, 2016; 1: 484–497 (in Russ.).

3. Malygina E. A., Afonin D. A., Kevlov I. A. Organizaciya samostoyatel'noj raboty v pozharno-tekhnicheskikh vuzah na osnove komp'yuterno-informacionnoj obuchayushchej sredy [Organization of independent work in fire-technical universities on the basis of computer-information training environment]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. – Problems of risk management in the technosphere*, 2012; 1: 168–175 (in Russ.).

© Сенников В. А., Лонцева И. А., 2022

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 23.12.2022.

Научная статья

УДК 578:004

EDN QUNMQA

DOI 10.22450/9785964205777\_266

**Применение цифровых интеллектуальных технологий в образовательном процессе по направлению подготовки «Агроинженерия»**

**Виктория Васильевна Сергеева**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Зоя Федоровна Кривуца**<sup>2</sup>, доктор технических наук, доцент

**Наталья Николаевна Сенникова**<sup>3</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [grafik-71@mail.ru](mailto:grafik-71@mail.ru), <sup>2</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>3</sup> [sennikovan.n@mail.ru](mailto:sennikovan.n@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассматривается актуальность использования цифровизации в образовательном процессе и необходимость подготовки кадров для агроинженерных направлений с высоким знанием цифровых технологий.

*Ключевые слова:* цифровые технологии, дистанционное обучение, учебный процесс, агроинженерия

*Для цитирования:* Сергеева В. В., Кривуца З. Ф., Сенникова Н. Н. Применение цифровых интеллектуальных технологий в образовательном процессе по направлению подготовки «Агроинженерия» // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2022 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 266–269.

Original article

**Application of digital intelligent technologies  
in the educational process in the field of training "Agroengineering"**

**Victoria V. Sergeeva**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Zoya F. Krivutsa**<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Natalia N. Sennikova**<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [grafik-71@mail.ru](mailto:grafik-71@mail.ru), <sup>2</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>3</sup> [sennikovan.n@mail.ru](mailto:sennikovan.n@mail.ru)

*Abstract.* The article discusses the relevance of the use of digitalization in the educational process and the need for training for agroengineering areas with high knowledge of digital technologies.

**Keywords:** digital technologies, distance learning, educational process, agroengineering

**For citation:** Sergeeva V. V., Krivutsa Z. F., Sennikova N. N. *Primenenie cifrovyyh intellektual'nyh tekhnologiy v obrazovatel'nom processe po napravleniyu podgotovki "Agroinzheneriya"* [Application of digital intelligent technologies in the educational process in the field of training "Agroengineering"]. Proceeding from Actual issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2022 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. PP. 266–269 (in Russ.).

Для любого предприятия, кадровый вопрос всегда один из важных. Безусловно, подготовка кадров является большим приоритетом. Серьезно к подготовке кадров относятся и в структуре высшего образования. В век цифровизации все больше появляется различных образовательных платформ, благодаря которым и педагоги, и студенты имеют больше возможностей, приблизиться к профессиональным компетенциям, используя различные цифровые ресурсы в учебном процессе, в частности при изучении базовой дисциплины «Физика».

Физика – особенная наука, в которой теория подтверждается практикой и, наоборот, но не все разделы физики можно экспериментально проработать в рамках лабораторных занятий, а цифровые технологии позволяют не только наглядно в виртуальных практикумах, использовать теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, но и создавать свои виртуальные модели, согласно выбранной специализации.

Широко используется в образовательном процессе «Робототехника», как при изучении фундаментальных наук, так и в дисциплинах по выбранному профилю, а рекомендательные системы позволят продвигать созданные модели и проекты. Одна из новейших платформ PolyAnalyst, разработанная российским производителем, может успешно использоваться студентами, обучающимися в высших учебных заведениях, для проведения аналитических работ и графических построений.

Применение цифровых технологий позволяет систематизировать весь учебный процесс. Для этого в вузах создана и работает электронная информационно-образовательная среда, где размещена вся необходимая информация для студентов очной и заочной форм обучения, с учетом рекомендуемой литературы по изучаемой дисциплине. Обучающиеся заочной формы могут обучаться непрерывно. Дистанционное обучение также внесло свои коррективы в весь учебный процесс, но благодаря цифровым технологиям обучение не было прерванным.

Современная жизнь становится не возможной без цифровой грамотности. По мере пользования цифровыми технологиями представленная схема цифровой грамотности (рис. 1), будет пополняться новыми компонентами.



**Рисунок 1 – Схема цифровой грамотности**

Используя цифровые технологии, появляются приоритетные дисциплины, такие как «Искусственный интеллект», «Технологии беспроводной связи», «Технологии виртуальной реальности» и другие. Появление детских технопарков «Кванториум» (площадки интеллектуального, ускоренного развития и досуга для детей и подростков) – большой шаг в развитии подготовки специалистов. Это целая система научно-технического образования, в которой огромную «нишу» занимает цифровизация и цифровые технологии.

В системе высшего образования напрашивается своеобразное продолжение национального проекта «Образование», но уже непосредственно в подго-

товке квалифицированных кадров. Появляется необходимость в создании целого направления IT-технологий. Обучающиеся такой специальности изучали бы существующие и создавали новые информационные технологии, согласно ориентированности вуза.

Перечисленные и другие технологии появляются по мере их востребования, но без подготовленных и квалифицированных кадров. В этой связи, для цифровой энергетики и агроинженерии развитие цифровизации ограничено.

© Сергеева В. В., Кривуца З. Ф., Сенникова Н. Н., 2022

Статья поступила в редакцию 22.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

The article was submitted 22.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

*Научное издание*

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
ЭНЕРГЕТИКИ В АПК**

*Материалы всероссийской  
(национальной) научно-практической конференции  
(г. Благовещенск, 15 декабря 2022 г.)*

Подписано в печать 28.12.2022 г.  
Формат 60x90/16. Уч.-изд. л – 10,27. Усл. печ. л. – 15,53.

Сетевое издание:

[https://www.dalgau.ru/upload/iblock/8ad/r8uwzk4plna7im0gvily0s100jb95kr0/Aktualnye-voprosy-energetiki\\_2022.pdf](https://www.dalgau.ru/upload/iblock/8ad/r8uwzk4plna7im0gvily0s100jb95kr0/Aktualnye-voprosy-energetiki_2022.pdf)

Заказ 60.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии  
Дальневосточного государственного  
аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86