

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»**

**Ministry of Agriculture of Russian Federation  
Krasnoyarsk State Agrarian University**

**Сетевой электронный научный журнал**

# **Инженерные системы и энергетика**

**Выпуск 1 (1)**

**Issue 1 (1)**

**Engineering systems  
and energy**

**Красноярск 2025**

## Редакционная коллегия

- М.П. Баранова** – д-р техн. наук, проф., Красноярский аграрный университет, Красноярск, Россия – **главный редактор**
- С.В. Алексеенко** – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Россия
- Серезтер Батмонх** – академик Монгольской академии наук, д-р техн. наук, проф., Институт теплотехники и промышленной экологии МАН, Улан-Батор, Монголия
- А.С. Заворин** – Заслуженный работник высшей школы РФ, Заслуженный работник Минтопэнерго РФ, д-р техн. наук, проф., Томский политехнический университет, Томск, Россия
- Г.В. Кузнецов** – Заслуженный работник высшей школы РФ, д-р физ.-мат. наук, проф., Томский политехнический университет, Томск, Россия
- В.И. Пантелеев** – Почетный работник науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф., Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
- В.И. Мурко** – д-р техн. наук, проф., Сибирский индустриальный университет, Новокузнецк, Россия
- А.Н. Товбоев** – д-р техн. наук, проф., Навоийский университет горный и технологий, Навои, Республика Узбекистан
- Чжоу Вэйсин** – проф., д-р наук, Политехнический институт, Харбин, Китай
- Н.В. Кузьмин** – канд. техн. наук, доцент, Красноярский аграрный университет, Красноярск, Россия
- Н.И. Селиванов** – д-р техн. наук, проф., Красноярский аграрный университет, Красноярск, Россия
- А.В. Бастрон** – канд. техн. наук, доцент, Красноярский аграрный университет, Красноярск, Россия
- С.К. Шерьязов** – д-р техн. наук, проф., Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия
- Е.В. Титов** – д-р техн. наук, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
- В.В. Матюшев** – д-р техн. наук, проф., Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

## Editorial board

- M.P. Baranova** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Krasnoyarsk Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia – **Editor-in-Chief**
- S.V. Alekseenko** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, S.S. Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia
- Sereeter Batmonkh** – Academician of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Thermal Engineering and Industrial Ecology of the Russian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
- A.S. Zavorin** – Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honored Worker of the Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
- G.V. Kuznetsov** – Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
- V.I. Panteleev** – Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
- V.I. Murko** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian Industrial University, Novokuznetsk, Russia
- A.N. Tovboev** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Navoi University of Science and Technology, Navoi, Republic of Uzbekistan
- Zhou Weixin** – Professor, Doctor of Sciences, Polytechnic Institute, Harbin, China; Candidate of Technical Sciences
- N.V. Kuzmin** – Professor, Doctor of Sciences, Polytechnic Institute, Harbin, China; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
- N.I. Selivanov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Krasnoyarsk Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
- A.V. Bastrykin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
- S.K. Sheryazov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia
- E.V. Titov** – Doctor of Technical Sciences, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russia;
- V.V. Matyushev** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia;

Научная статья / Research Article  
УДК 621.311

**М.П. Баранова**

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия  
marina60@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ 0,4–10 кВ

**Аннотация.** Показана возможность повышения надежности работы распределительной сети (0,4–10 кВ в сельской местности путем применения реклоузера – интеллектуального коммутационного аппарата. Установлена возможность повышения автоматизации участка сети Емельяновский РЭС. Представлено описание решений по выбору и установке оборудования на воздушной линии 10 кВ фидера 88-3. Для фидера разработаны 2 варианта схемы сети с разным численным составом дополнительного оборудования и различными местами их установки для выбора лучшего варианта, при котором достигаются эффективные показатели надежности SAIFI, SAIDI и RNRE, что позволят определять возможность применения элементов цифровых технологий на данных сетях и в перспективе внедрять системы искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** линии электропередач, реклоузер, фидер, показатели надежности

**M.P. Baranova**

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia  
marina60@mail.ru

## APPLICATION OF AUTOMATED SYSTEMS ON 0.4–10 kV NETWORKS

**Abstract.** The possibility of increasing the reliability of the distribution network (0.4–10 kV in rural areas by using a recloser – an intelligent switching device. the possibility of increasing the automation of the network section of the Emelyanovsky RES was established. A description of the solutions for selecting and installing equipment on the 10 kV overhead line of the 88-3 feeder is presented. For the feeder, 2 variants of the network scheme have been developed with different numbers of additional equipment and different places of their installation, in order to choose the best option in which effective reliability indicators SAIFI, SAIDI and RNRE are achieved, which will determine the possibility of using digital technology elements on these networks, and in the future introduce artificial intelligence systems.

**Keywords:** Power lines, recloser, feeder, reliable indicators

**Введение.** Распределительные сети (РС) 0,4–10 кВ в сельской местности, как правило, включают в себя воздушные линии, кабельно-воздушные линии и трансформаторные подстанции, получающие питание от ПС 35–220/6(10) кВ и опорных распределительных пунктов 6(10) кВ. Большая протяженность РС, дефицит персонала, спецтранспорта в эксплуатирующих организациях, отсутствие комплексной автоматизации, а также недостаточное финансирование работ по реконструкции и техпереворужению РС привели к нарастанию износа оборудования, конструкций и материалов, росту потерь электроэнергии, снижению надежности и безопасности электроснабжения.

По данным ПАО «Россети» (ранее ОАО «Холдинг МРСК»), степень износа электросетевых объектов составляет практически 69 %, воздушных линий – 57 % и трансформаторных подстанций 6(10) кВ – 55 % (отработали более 30 лет). В сетях 6(10) кВ происходило до 30 отключений в год в расчете на 100 км линий, в сетях 0,4 кВ – до 100 отключений в год [1, 2].

Резервные связи в сетях данного класса выполнены на ручных разъединителях. Защитные аппараты на ПС – маломасляные выключатели с электромеханическими терминалами РЗА. Средняя протяженность линий по магистрали составляет 16 км, протяженность ответвлений – 5–6 км. Имеет место значительная неоднородность плотности нагрузок.

В настоящее время сельский электросетевой комплекс РФ не соответствует требованиям современных электроприемников по надежности электроснабжения и качеству электроэнергии из-за изношенности оборудования, низкого уровня управления и обслуживания. Поэтому одной из приоритетных и актуальных задач является разработка оперативной и надежной автоматизированной системы управления энергосетей. Это позволит осуществлять постоянный мониторинг и контроль качества электроэнергии, заблаговременно сообщать о возникающих неполадках и рисках, принимать критически важные решения в кратчайшие сроки [3–5].

**Цель исследования** – обоснование и разработка системы мероприятий по повышению уровня автоматизации с применением цифровых технологий на ВЛ 0,4–10 кВ.

**Объекты и методы.** Для того чтобы сократить перерывы электроснабжения потребителей при отказах в электрических сетях 0,4–10 кВ, необходима разработка и внедрение средств автоматизации и цифрового управления для снижения количества отключений в данных сетях, своевременного информирования об отключениях и оперативного их устранения.

Проведен анализ видов и количества повреждений элементов системы электроснабжения, что позволило осуществить правильный выбор мероприятий по повышению ее надежности. По данным рисунка 1 видно, что большинство отключений происходит именно в линиях электропередачи, поэтому комплексная автоматизация должна проводиться в них в первую очередь.

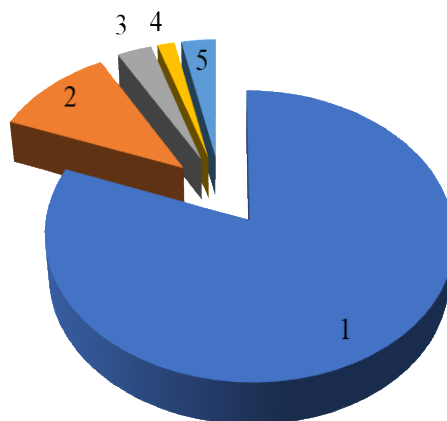


Рис. 1. Диаграмма повреждений:

1 – линия (0,4)10 кВ (81 %); 2 – КТП после предохранителя (11,1 %);  
3 – КТП до предохранителя (3,2 %); 4 – разъединитель (1,6 %); 5 – подстанция (3,2 %)

Анализ литературных данных позволил определить основные технические решения, применяемые в настоящее время для повышения надежности и бесперебойности электроснабжения потребителей в России (рис. 2):

- Средства определения места повреждения – индикаторы короткого замыкания с возможностью телеуправления. Данные аппараты обеспечивают информирование диспетчера РЭС о поврежденном участке по телеуправлению. Индикаторы повреждений устанавливаются в воздушных линиях (в районе отпаек, рядом с линейными разъединителями, до и после труднопроходимых участков и т. п.) для сокращения времени поиска поврежденного участка.

- Реклоузер – интеллектуальный коммутационный аппарат, объединяющий в одном устройстве силовой вакуумный выключатель наружного исполнения с интегрированной системой измерения токов и напряжений и микропроцессорный шкаф управления с продвинутыми функциями защит и автоматики, специально адаптированными под нужды воздушных распределительных сетей. Применяются реклоузеры для реализации децентрализованной автоматизации (секционирования) распределительных сетей с целью повышения надежности электроснабжения потребителей. Реклоузер способен не только отключать поврежденный участок, но и самостоятельно анализировать аварийные ситуации, передавать информацию на удаленный диспетчерский пункт, что позволяет упростить процесс поиска поврежденного участка, а при совместном применении нескольких пунктов секционирования позволяет производить реконфигурацию сети.

- Интеллектуальный трехполюсный разъединитель предназначен для оперативного дистанционного секционирования воздушных линий электропередачи 0,4–10 кВ и определения устойчивых и неустойчивых аварийных процессов, включая все виды замыканий на землю. Основные места установки: труднодоступные, удаленные участки сети вновь сооружаемых и реконструируемых ЛЭП, а также на магистральных ответвлениях ВЛ и для секционирования особо важных участков [3, 4].

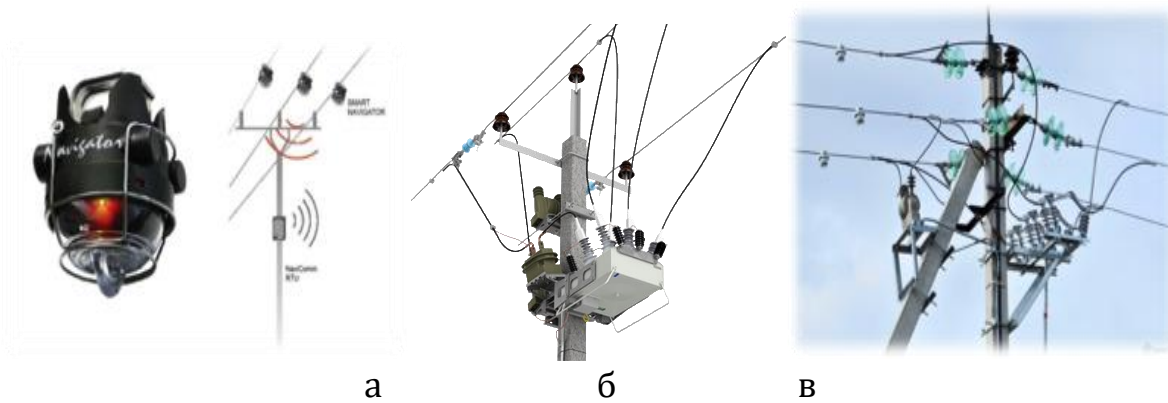


Рис. 2. Устройства автоматизации распределительных сетей (0,4)10 кВ:  
а – индикатор короткого замыкания; б – реклоузер; в – интеллектуальный  
трехполюсный разъединитель

В ходе работы были рассмотрены новые цифровые РП, РТП и ТП, проектирующиеся комплектными (в виде комплектных малогабаритных устройств), блочного (КТПБ) или модульного исполнения, оснащенными цифровыми интерфейсами для интеграции в инфраструктуру цифровой сети и цифрового предприятия и точки автоматизированные коммерческого учета электроэнергии АТКУЭ 0,4(10) кВ, предназначенные для преобразования и измерений напряжения и силы переменного тока, измерений активной, реактивной и полной электрической мощности, измерений параметров электрической энергии [6] (СТО 34.01-21-005-2019 «Цифровая электрическая сеть. Требования к проектированию цифровых распределительных электрических сетей 0,4–220 кВ»).

Для установления возможности повышения эффективности работы выбран реклоузер и воздушная линия электропередачи 10 кВ в Емельяновском районе, фидер 88-3 получает питание от подстанции 35/10 кВ «Талая». ЛЭП протяженностью около 32 км обеспечивает электроэнергией четыре населенных пункта: Талое, Красное Знамя, Покровка и Медведа. Помимо этого, от данного фидера электроснабжение получает несколько фермерских хозяйств и других предприятий среднего и малого бизнеса.

Для критериальной оценки были определены и рассчитаны интегральные показатели надежности, которые позволяют достоверно показать эффективность применения реклоузеров в электрических сетях – SAIFI (среднее число отключений потребителя фидера), SAIDI (средняя продолжительность отключений) и RNRE (относительная эффективность реконструкции сети).

Для фидера разработано 2 варианта схемы сети с разным численным составом реклоузеров и дополнительного оборудования и различными местами их установки (рис. 3).



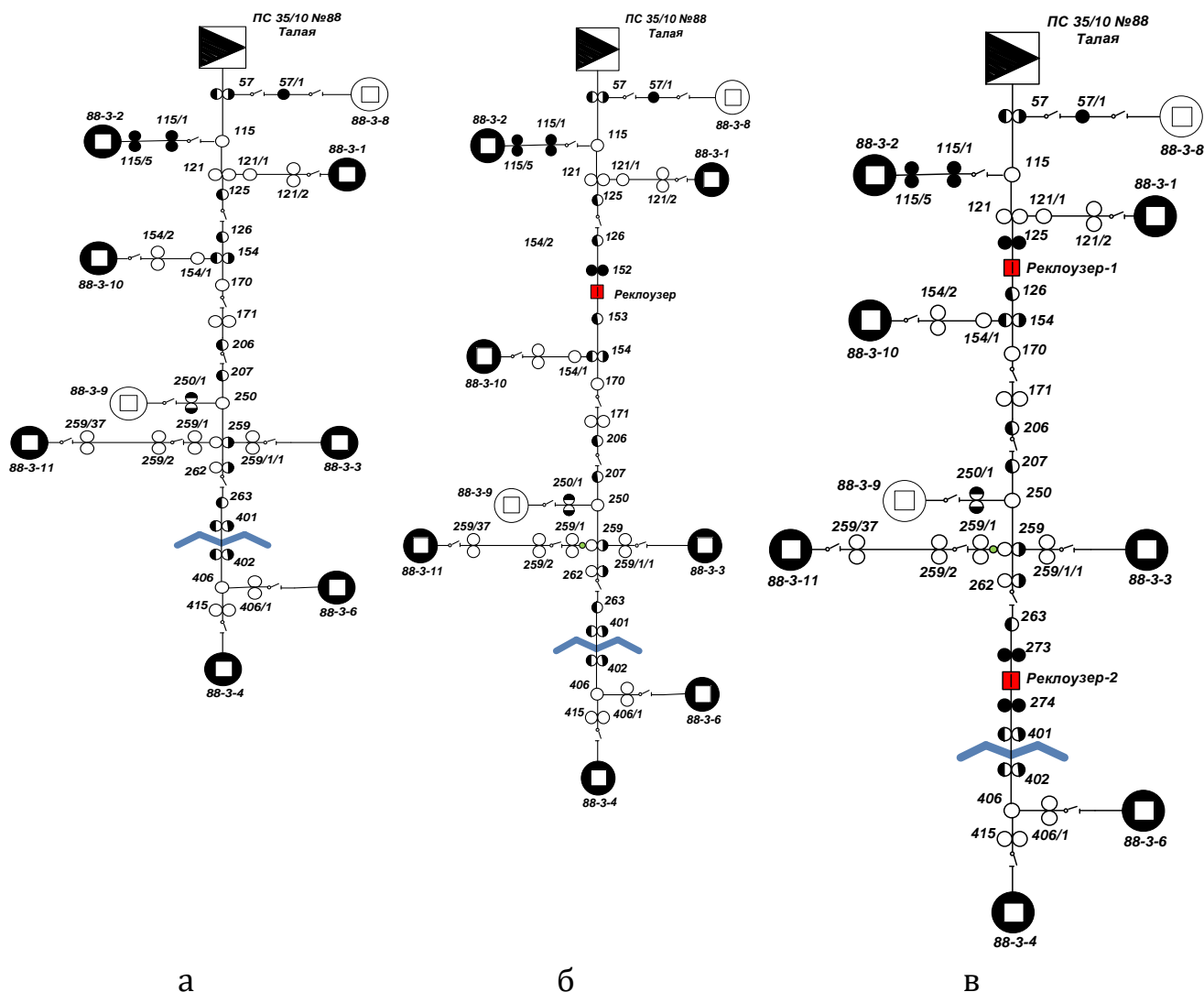


Рис. 3. Схема участка воздушной линии электропередачи 10 кВ:  
а – исходная; б – с реклоузером; в – с двумя реклоузерами

На рисунке 3, а, представлена исходная схема ф. 88-3. Данная ЛЭП по всей своей протяженности проходит по густому таежному лесу с многочисленными болотами, что значительно затрудняет ее обслуживание и ремонт. Также аварийные ситуации происходят не только по причине большой изношенности, но и из-за падения сухостоя и схлестывания проводов кронами деревьев во время сильных ветров.

В первом варианте был установлен один реклоузер для секционирования сети (рис. 3, б). Был выделен участок с большим временем устранения повреждения (труднодоступный участок). Также в начале отпаек, имеющих большую протяженность, для более быстрого выявления локализации короткого замыкания были установлены индикаторы тока короткого замыкания, позволяющие значительно сэкономить время на поиске повреждения.

Во втором варианте реконструкции реклоузер-1 установлен в начале зоны труднодоступных участков, а реклоузер-2 делит данную зону попо-

лам. При этом реклоузер-2 установлен на участке сети, где не затруднен подъезд к линии.

Для выбора лучшего варианта, при котором достигаются эффективные показатели надежности, был проведен расчет показателей надежности и эффективности SAIDI, SAIFI, RNRE. Результаты расчета представлены в таблице.

### Интегральные показатели надежности

Вариант	SAIFI	SAIDI	RNRE
Исходный	3,753	13,891	-
Вариант а	1,876	4,166	0,5
Вариант б	1,169	2,59	0,688

Анализ данных таблицы показывает, что применение двух реклоузеров на участке сети значительно повышает показатели надежности.

**Заключение.** Таким образом, в ходе исследования установлена возможность повышения автоматизации участка сети Емельяновского РЭС. Представлено описание решений по выбору и установке оборудования на воздушной линии 10 кВ фидера 88-3.

Для фидера разработаны 2 варианта схемы сети с разным численным составом дополнительного оборудования и различными местами их установки для выбора лучшего варианта, при котором достигаются эффективные показатели надежности SAIFI, SAIDI и RNRE, что позволяет определять возможность применения элементов цифровых технологий на данных сетях и в перспективе внедрять системы искусственного интеллекта.

### Список источников

1. Кадыков Ю.М. Будущее сельских распределительных сетей. Преобразование и цифровизация. Направления развития // Новости Электротехники. 2019. № 2 (116).

2. Глыбина Ю.Н., Беликов Р.П., Фомин И.Н. Анализ видов и количества повреждений в электрических сетях класса напряжения 6–10 кВ // Агротехника и энергообеспечение. 2017. № 3 (16). С. 43–49. EDN ZGUDUP.

3. Гаврилова А.А., Кузнецова С.Ю. Повышение энергоэффективности в России: внедрение интеллектуальной сети электроснабжения smart grid // Молодежный вестник ИрГТУ. 2018. Т. 8, № 3. С. 118–121. EDN YTFTRV.

4. Смирнов И.В., Баранов И.А. Повышение надежности электроснабжения сельских электрических сетей // Инновационные тенденции развития российской науки. Ч. 1: мат-лы XIV междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 7–9 апреля 2021 г. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2021. 469 с.



5. Воротницкий В., Бузин С. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6(10) кВ // Новости ЭлектроТехники. 2005. № 3 (33).
6. Верные помощники // Вести в энергетике. – URL: <http://vesti.energy-journals.ru/vernye-pomoshniki> (дата обращения: 25.12.2024).

### References

1. Kadykov Yu.M. Budushchee sel'skikh raspredelitel'nykh setei. Preobrazovanie i tsifrovizatsiya. Napravleniya razvitiya // Novosti EhlektroTehniki. 2019. № 2 (116).
2. Glybina Yu.N., Belikov R.P., Fomin I.N. Analiz vidov i kolichestva povrezhdenii v ehlektricheskikh setyakh klassa napryazheniya 6–10 kV // Agrotekhnika i ehnergoobespechenie. 2017. № 3 (16). S. 43–49. EDN ZGUDUP.
3. Gavrilova A.A., Kuznetsova S.YU. Povyshenie ehnergoehffektivnosti v Rossii: vnedrenie intellektual'noi seti ehlektrosnabzheniya smart grid // Molodezhnyi vestnik IRGTU. 2018. T. 8, № 3. S. 118–121. EDN YTFTPV.
4. Smirnov I.V., Baranov I.A. Povyshenie nadezhnosti ehlektrosnabzheniya sel'skikh ehlektricheskikh setei // Innovatsionnye tendentsii razvitiya rossiiskoi nauki. CH. 1: mat-ly XIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh, 7–9 aprelya 2021 g. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2021. 469 s.
5. Vorotnitskii V., Buzin S. Reklouzer – novyi uroven' avtomatizatsii i upravleniya VL 6(10) kV // Novosti EhlektroTehniki. 2005. № 3 (33).
6. Vernye pomoshchniki // Vesti v ehnergetike. – URL: <http://vesti.energy-journals.ru/vernye-pomoshniki> (дата обращения: 25.12.2024).

### Сведения об авторах:

Марина Петровна Баранова – заведующая кафедрой, профессор кафедры системозенергетики, доктор технических наук, доцент

### Information about the authors:

Marina Petrovna Baranova – Head of the Department, Professor of the Department of System Power Engineering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Научная статья / Research Article

УДК 621.316.1.12

**Р.В. Вензелев<sup>1</sup>, О.О. Вензелева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО «Красноярская региональная энергетическая компания», Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>venzelve\_rv@mail.ru

## **О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА ПРИ МОНИТОРИНГЕ НАГРЕВА ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные методы температурного мониторинга: визуальный осмотр, тепловизионный контроль, термоиндикаторные наклейки и беспроводные датчики температуры. Анализ показал, что наиболее перспективным решением являются беспроводные датчики, однако их точность измерений может снижаться из-за влияния температуры окружающей среды. Для повышения эффективности мониторинга предложены два подхода: использование вспомогательного датчика температуры и модернизация существующих датчиков с добавлением измерительного элемента с радиатором. Первый вариант является более простым в реализации, но требует дополнительных расчетов. Реализация предложенных решений позволит повысить точность контроля температуры, снизить вероятность ложных срабатываний и увеличить надежность работы электрооборудования.

**Ключевые слова:** нагрев, токоведущие части, контакты, распределительные устройства, мониторинг

**R.V. Venzelev, O.O. Venzeleva**

<sup>1</sup>AO Krasnoyarsk Regional Energy Company, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>venzelve\_rv@mail.ru

## **ABOUT THE NEED TO TAKE INTO ACCOUNT THE AMBIENT TEMPERATURE DURING MONITORING OF THE HEATING OF THE CONDUCTORS**

**Annotation.** The article discusses the main methods of temperature monitoring: visual inspection, thermal imaging control, thermalindical stickers and wireless temperature sensors. The analysis showed that the most promising solution is wireless sensors, however, their measurement accuracy can decrease due to

*the influence of environmental temperature. To increase the efficiency of monitoring, two approaches are proposed: the use of auxiliary temperature sensor and modernization of existing sensors with the addition of a measuring element with a radiator. The first option is more easy to implement, but requires additional calculations. The implementation of the proposed decisions will increase the accuracy of temperature control, reduce the likelihood of false works and increase the reliability of the operation of electrical equipment.*

**Keywords:** *heating, live parts, contacts, distribution devices, monitoring*

Контроль температуры токоведущих шин является важной задачей в электроэнергетике, он позволяет выявлять дефекты оборудования связанные с аномальным нагревом токоведущих частей различного оборудования: выключателей, разъединителей, токоведущих шин, трансформаторов и т. д. Значительный перегрев, не соответствующий нагрузке, может привести к авариям, снижению надежности и увеличению потерь в электрических сетях. Даже при правильной эксплуатации либо через год, либо через полтора года после сборки у большинства алюминиевых контактов наблюдается 3–5-кратный рост сопротивления, который приводит к недопустимому нагреву [1].

**Цель исследования** – анализ существующих методов контроля температуры токоведущих частей электрооборудования, выявление их недостатков и разработка решений для повышения точности и эффективности измерений.

**Объекты, методы, результаты исследования.** В настоящее время в электроэнергетике для выявления дефектов перегрева используется ряд методов:

1. Визуальный осмотр электроустановок персоналом предприятия, эксплуатирующего электроустановку.

2. Тепловизионный контроль с применением промышленных тепловизоров в комплексе с программным обеспечением для анализа полученных термограмм [2].

3. Наклейки с термоиндикаторным слоем или термоиндикаторные краски, изменяющие свой цвет при нагреве [3, 4].

4. Системы мониторинга, такие как датчики температуры, позволяющие отслеживать контактным способом измерения нагрев контролируемых токоведущих частей с последующей передачей измеренных данных по каналу беспроводной связи на сервер.

Каждый из методов имеет ряд ограничений, например при визуальном осмотре важным фактором корректного выявления дефектов является квалификация персонала, способного точно определить по характерным признакам перегревы токоведущих частей. Результат тепловизионного контроля зависит от протекающего тока в контролируемых токоведущих частях. При тепловизионном контроле и визуальном осмотре невозможно оценить наличие большинства контактов ячеек распределительных устройств.

тельных устройств, которые скрыты конструктивными элементами – защитными коробами и перегородками.

Термоиндикаторные наклейки в ряде случаев могут изменять свой цвет при нагреве токоведущей части от посторонних источников тепла – окружающего воздуха. Примером этого могут служить ячейки комплектных распределительных устройств наружной установки без выполненной теплоизоляции, в корпусе которых температура в летнее время года может достигать до 60 °С.

Наиболее перспективным и технологичным решением является применение беспроводных датчиков температуры. Внедрение таких устройств в комплектные трансформаторные подстанции, камеры сборные одностороннего обслуживания, комплектные распределительные устройства, щиты собственных нужд электроустановок и низковольтные комплектные устройства предусмотрено внутренними организационно-распорядительными документами крупнейших электросетевых компаний России – ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети» и ПАО «Россети», о чем разослано заинтересованным предприятиям-изготовителям и проектным организациям информационное письмо № ГГ-573 от 24.01.2023. Датчики температуры и способ их размещения на токоведущих частях показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Беспроводные температурные датчики:  
а – датчик комплекса «Мелисса»; б – датчик типа BDM/T

Датчики предназначены для выявления недопустимого нагрева элементов распределительных устройств 0,4–35 кВ в диапазоне температур от 20 до 125 °С. Интересны датчики тем, что не имеют встроенных аккумуляторов, питание приборов осуществляется от устройств отбора мощности, построенных по принципу трансформаторов тока. Работа датчиков обеспечивается при протекании тока от 5–9 А через контролируемый объект. Оба устройства предназначены для повышения надежности электрооборудования путем своевременного выявления и предотвращения пере-

грева токоведущих частей, что способствует предотвращению аварийных ситуаций и продлению срока службы оборудования [5, 6].

С точки зрения корректной интерпретации результата измерений слабой стороной датчиков является то, что они учитывают температуру, измеренную на поверхности контролируемого объекта, при этом, как и в случае с термоиндикаторными наклейками, может регистрироваться повышенная температура токоведущей части даже при протекании малого тока из-за нагрева от окружающего воздуха и неэффективного охлаждения контролируемой токоведущей части.

На основе общих принципов термодинамики уравнение теплопроводности для модели контакта, представляющего основной интерес при мониторинге температуры распределительных устройств, выглядит следующим образом:

$$\theta = \frac{I^2 R_k}{2\lambda F \eta} \varepsilon^{-\eta x} + \frac{qF}{kS} + \theta_0, \quad (1)$$

где  $\theta_0$  – температура окружающей среды;  $k$  – коэффициент теплопередачи;  $q = I^2 \rho$  – количество теплоты, генерируемой в 1 см<sup>3</sup> проводника в единицу времени;  $\eta = \sqrt{(kS/\lambda F)}$  – коэффициент;  $F$  и  $S$  – площадь и боковая поверхность контакта соответственно [1].

Исходя из уравнения (1), можно сделать вывод о значимости параметра внешней температуры окружающей среды для корректной интерпретации результата измерений при мониторинге токоведущих частей распределительных устройств.

Температура окружающей среды оказывает прямое воздействие на показания датчиков, установленных на токоведущих частях. В жаркую погоду даже при нормальной нагрузке температура шины может быть выше расчетной, что может быть ошибочно интерпретировано как перегрев. Аналогично, в холодных условиях реальный нагрев может быть занижен, что затруднит своевременное определение аномального нагрева контролируемого контактного соединения, указывающего на дефект.

Таким образом, датчики должны учитывать фоновый нагрев, так как он влияет на корректность интерпретации результата измерения, а следовательно, на его эффективность. Также система (комплекс датчиков и программного обеспечения) должна анализировать не абсолютную температуру, а перегрев относительно окружающей среды.

Учет температуры окружающей среды возможен при реализации одного из двух вариантов.

Первый вариант заключается в разработке вспомогательного датчика температуры с радиатором из материала, аналогичного материалу контролируемого контакта, для теплообмена между радиатором и окружающим воздухом. Также в программном обеспечении, реализующем мониторинг, должна быть предусмотрена возможность внесения и изменения



корректирующего коэффициента, зависящего от габаритного размера и формы контролируемых токоведущих частей к установленному на датчике радиатору, это необходимо для корректного сопоставления температуры окружающего воздуха и контролируемой токоведущей части. Установка такого вспомогательного датчика выполняется в отсеке с контролируемыми токоведущими частями. Вариант размещения такого датчика показан на рисунке 2, а.

Второй вариант заключается в доработке конструкции существующих датчиков, в которую будет включен измерительный элемент с радиатором, размещенным, например, на внешней стенке датчика. При этом требуется предусмотреть наличие многоканального аналого-цифрового преобразователя для одновременного преобразования двух измеренных сигналов и отправкой их в программное обеспечение для последующего сопоставления полученных результатов. Размещение измерительного элемента и радиатора показано на рисунке 2, б.

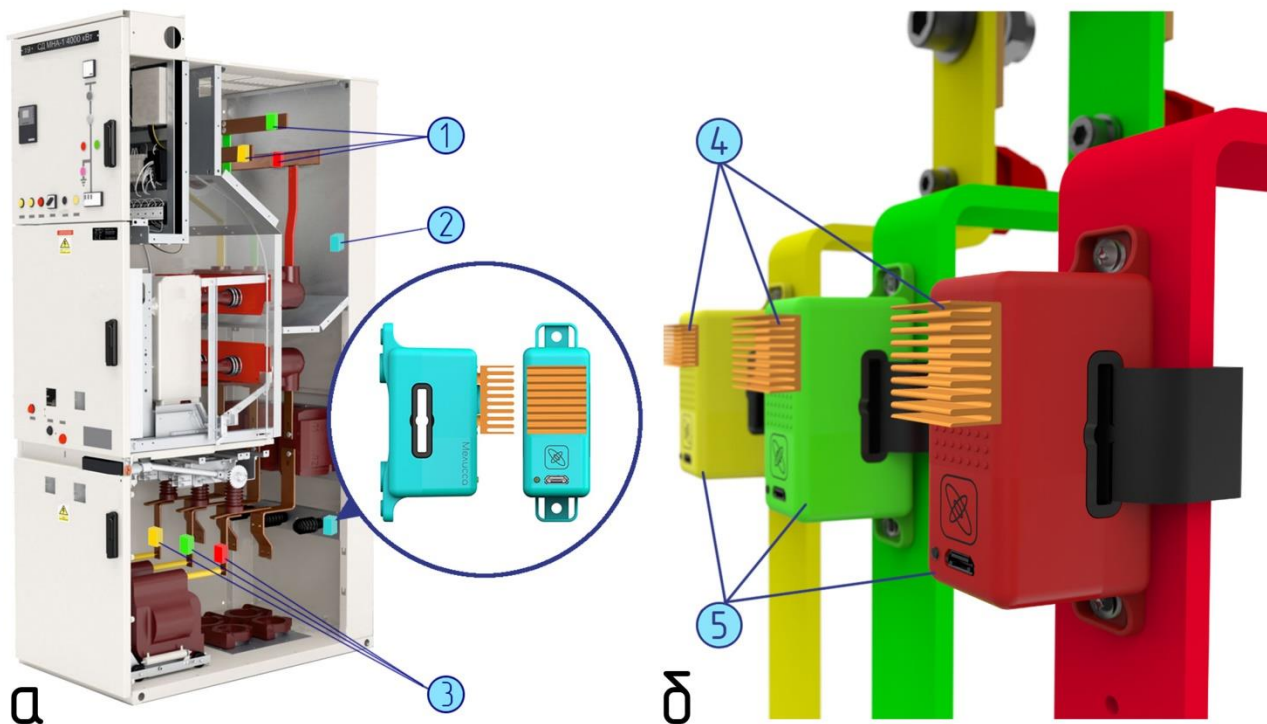


Рис. 2. Варианты учета температуры окружающего воздуха при использовании датчиков температуры: а – вариант размещения вспомогательного датчика; б – вариант модернизации датчика температуры; 1 – датчики температуры, размещенные на шинах отсека секции шин ячейки КРУ; 2 – вспомогательный датчик температуры окружающего воздуха в отсеке секции шин; 3 – датчики температуры, размещенные на шинах кабельного отсека ячейки КРУ; 4 – радиатор для измерения температуры окружающей среды; 5 – модернизированные датчики температуры

**Заключение.** Таким образом, рассмотрены современные методы контроля температуры токоведущих частей электроустановок и их ограничения. Особое внимание уделено использованию беспроводных датчи-



ков температуры как наиболее перспективному решению для своевременного выявления перегрева и предотвращения аварийных ситуаций.

Анализ показал, что важным фактором, влияющим на точность измерений, является температура окружающей среды, которая может искажать результаты мониторинга. Для устранения этой проблемы предложены два варианта учета фонового нагрева: использование вспомогательного датчика температуры либо модернизация существующих датчиков путем добавления измерительного элемента с радиатором.

Наиболее простым в реализации является первый вариант, так как он требует минимальных конструктивных изменений. Однако для его внедрения необходимы дополнительные исследования по определению корректирующих коэффициентов, обеспечивающих точную корреляцию между температурой окружающей среды и температурой контролируемых элементов.

Реализация предложенных решений позволит повысить точность контроля температуры токоведущих частей, снизить риск ложных срабатываний систем мониторинга и обеспечить более надежную эксплуатацию электрооборудования в условиях переменных климатических факторов.

### Список источников

1. Бойченко В.И., Дзекцер Н.Н. Контактные соединения токоведущих шин. Л.: Энергия, 1978. 144 с.
2. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. 177 с.
3. Гусарова Н. Термоиндикаторы – новый инструмент культуры безопасности на производстве // Электроэнергия. Передача и распределение. 2024. № 5. С. 18–19.
4. Сливко Д.П., Тищенко С.Е. Опыт применения необратимых термоиндикаторов для контроля состояния контактных соединений электроустановок // Электроэнергия. Передача и распределение. 2025. № 1. С. 126–128.
5. Мелисса. Защита от перегрева токоведущих частей. Руководство по эксплуатации: МТ.МЕЛИССА.РЭ.01.17 от 09.01.2024 // ООО «НПП Микропроцессорные технологии». URL: <https://i-mt.net/wp-content/uploads/2022/12/RE-Melissa.pdf> (дата обращения: 01.02.2025).
6. Комплекс мониторинга температуры (нагрева) контактных соединений энергетического оборудования 0,4–35 кВ // Электроэнергия. Передача и распределение. 2024. № 3. С. 120. URL: <https://eepir.ru/article/kompleks-monitoringa-temperaturey-nagreva-kontaktnyh-soedinenij-energeticheskogo-oborudovaniya-0-4-35-nbsp-kv/> (дата обращения: 23.02.2025).

## References

1. Boichenko V.I., Dzehtser N.N. Kontaktnye soedineniya tokovedushchikh shin. L.: Ehnergiya, 1978. 144 s.
2. RD 34.45-51.300-97. Ob"em i normy ispytaniy ehlektrooborudo-vaniya. 6-e izd. M.: Izd-vo NTS EHNAS, 2004. 177 s.
3. Gusarova N. Termoindikatory – novyi instrument kul'tury bezopasnosti na proizvodstve // Ehlektroehnergiya. Peredacha i raspredelenie. 2024. № 5. S. 18–19.
4. Slivko D.P., Tishchenko S.E. Opyt primeneniya neobratimyykh termoindikatorov dlya kontrolya sostoyaniya kontaktnyykh soedineniy ehlektroustanovok // Ehlektroehnergiya. Peredacha i raspredelenie. 2025. № 1. S. 126–128.
5. Melissa. Zashchita ot peregreva tokovedushchikh chastei. Rukovodstvo po ehkspluatatsii: MT.MELISSA.REH.01.17 ot 09.01.2024 // OOO «NPP Mikroprotsessornyye tekhnologii». URL: <https://i-mt.net/wp-content/uploads/2022/12/RE-Melissa.pdf> (data obrashcheniya: 01.02.2025).
6. Kompleks monitoringa temperatury (nagreva) kontaktnyykh soedineniy ehnergeticheskogo oborudovaniya 0,4–35 kV // Ehlektroehnergiya. Peredacha i raspredelenie. 2024. № 3. S. 120. URL: <https://eepir.ru/article/kompleks-monitoringa-temperatury-nagreva-kontaktnyykh-soedineniy-energeticheskogo-oborudovaniya-0-4-35-nbsp-kv/> (data obrashcheniya: 23.02.2025).

### Сведения об авторах:

**Роман Викторович Вензелев** – руководитель группы по ремонту оборудования подстанций Отдела эксплуатации и ремонта электрических сетей службы главного инженера

**Ольга Олеговна Вензелева** – магистр первого года обучения

### Information about the authors:

**Roman Viktorovich Venzel** – Head of the Substation Equipment Repair Group of the Electrical Network Maintenance and Repair Department of the Chief Engineer's Office

**Olga Olegovna Venzeleva** – first year Master's degree

Научная статья / Research Article  
УДК 656.135/656.137

А.К. Байгин<sup>1</sup>, М.П. Баранова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АНО «Твое ремесло», Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>kraft2488@mail.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Аннотация.** Установлена возможность улучшения характеристик дизельного топлива при эксплуатации тепловых двигателей с применением механо-химического воздействия на органическую часть этого топлива. Исследованы режимы обработки дизельного топлива в системе подачи его в камеру сгорания как механической и ультразвуковой кавитацией, так и комбинированной обработкой. Установлено, что кавитационная обработка приводит к повышению кислородонасыщения и, как следствие, к быстрым процессам окисления легких фракций в топливо-воздушной смеси, улучшению показателей кислотности топлива (рН) и возможности повышения его эксплуатационных показателей практически на 24–37 %.

**Ключевые слова.** дизельное топливо, кавитационная обработка, двигатель внутреннего сгорания, ультразвуковая кавитация

А.К. Baigin<sup>1</sup>, М.Р. Baranova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ANO "Your Craft," Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>kraft2488@mail.ru

## INCREASE OF ICE OPERATION EFFICIENCY

**Abstract.** The possibility of improving the characteristics of diesel fuel during the operation of thermal engines by using mechanical and chemical effects on the organic part of this fuel has been established. Modes of treatment of diesel fuel in the system of its supply to the combustion chamber by both mechanical and ultrasonic cavitation and combined treatment were investigated. It has been established that cavitation treatment leads to an increase in oxygen saturation and, as a result, to rapid processes of oxidation of light fractions in a fuel-air mixture, an improvement in fuel acidity (pH) and the possibility of increasing its operational indicators by almost 24–37 %.

**Keywords:** diesel fuel, cavitation treatment, internal combustion engine, ultrasonic cavitation

**Введение.** Вопросы ресурсосбережения, снижения углеродного следа на планете напрямую связаны с повышением энергоэффективности как на этапе генерации энергии, так и при ее потреблении энергетическими установками и устройствами.

Промышленное развитие агропромышленного комплекса предполагает увеличение количества машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), что, в свою очередь, приводит к увеличению потребления углеводородного топлива. Для улучшения работы ДВС основным было изменение конструкций силовых установок для снижения внутренних потерь энергии. На данный момент эти возможности практически исчерпаны. Перспективным направлением повышения эффективности тепловых двигателей являются малоэнергетические воздействия на топливо. Это магнитные, ультразвуковые, электрические и другие физические воздействия [1–3], что дает возможность повысить степень упорядоченности внутримолекулярных и надмолекулярных структур и приводит к химической активации топлива с выделением дополнительной тепловой энергии, увеличению энтальпии рабочих процессов.

Следует отметить, что неполное сгорание углеводородного топлива приводит к образованию сажи, которая вызывает износ поршневой группы и клапанной системы двигателя. Сажа скапливается в камере сгорания, оседает на торцах поршней, клапанах, в канавках поршневых колец и других элементах топливного цикла. КПД двигателя снижается. Сажа попадает в масляный картер, вызывая его загрязнение. Через запавшие поршневые кольца в картер попадает топливо, что еще больше загрязняет масло. Соли, сера и механические примеси являются основной причиной образования нагара на свечах зажигания, поршневых кольцах, клапанах и других частях. Свечи перестают полноценно работать, поскольку сажа с нагаром является проводником тока, происходит «подкорачивание» на керамическом изоляторе свечи. Напряжение на электродах свечи уменьшается и образование искры происходит с перебоями, проскакивание искры прекращается и свеча становится мокрой. Как следствие, двигатель работает неустойчиво, мощность падает, а расход топлива увеличивается.

Продукты неполного сгорания органического топлива выбрасываются в выхлопную трубу, отравляя окружающее пространство. Вопрос экологической безопасности и ресурсосбережения как никогда важен. Таким образом, при существующих конструкциях ДВС и качестве топлива оно не может сгорать полностью [4, 5].

**Цель исследования** – определение возможности повышения эффективности эксплуатации ДВС путем обработки топлива в системах его подачи на сжигание в ходе работы двигателя с использованием процессов кавитации.

**Объекты, методы и результаты исследования.** Все углеводородные виды топлива в той или иной мере содержат тяжелые фракции переработки нефти. Асфальтены, смолы, парафины представлены вязкими

жидкостями, имеющими более высокую температуру испарения, чем бензин и дизтопливо. Поэтому асфальтосмолопарафиновые отложения ухудшают процесс горения и являются причиной образования продуктов неполного сгорания. Использование процесса кавитации позволяет улучшить характеристики горения топлива в ДВС.

Предлагаемый подход и используемые теоретические и экспериментальные методы в силу их комплексности и учета синергетического эффекта при разработке обеспечения решения прикладных задач достаточно эффективны. Механохимическое воздействие, в т. ч. кавитация, позволяет управлять энтропией на молекулярном уровне без сложных внешних воздействий на систему. Используется модель кавитационного диспергирования.

Использование гидродинамических и теплофизических эффектов кавитации (кавитационной нанотехнологии) способствует механотермолизу структуры топлива на молекулярном уровне с появлением свободных водородных связей, диспергации и гомогенизации с образованием устойчивых систем, в конечном итоге имеющих перспективу для усовершенствования и интенсификации процесса улучшения топлива для сжигания в двигателе. Вследствие чрезвычайной сложности физических процессов, происходящих при механохимическом воздействии и кавитации, механизм действия последней трудно поддается теоретическому исследованию. Важную роль здесь играет эксперимент [6].

Для определения эффективности процесса обработки ориентировались на показатели международных стандартов. Содержание серы варьируется в разных подвидах дизельного топлива марки «Евро»: для топлива марки «Евро 1» содержание серы должно быть не более 0,1 %, для «Евро 2» – менее 0,02 %, для «Евро 3» и «Евро 4» серы не должно быть больше 0,003 % от объема. И только дизельное топливо «Евро 5» содержит в составе 0,001 % серы, что наиболее безопасно для окружающей среды. Следует отметить, что практически все виды дизельного топлива стандарта «Евро» имеют высокое цетановое число (порядка 51 %), обеспечивающее эффективный процесс сгорания, что снижает скорость износа двигателя и повышает его КПД.

В ходе проведения экспериментальных исследований использовали методы анализа в соответствии с ГОСТ 32513 (п. 8.2.); ГОСТ 19006; ГОСТ Р 52709-2019; ГОСТ 305-2013; ГОСТ Р 52368-2005 и ГОСТ 19006-73. Оптимальными параметрами для дизельного топлива приняты:

- коэффициент фильтруемости 2 (ЕВРО) – 3;
- рН – 3,5–4,2;
- содержание свободной воды – 0,002 %;
- примеси – менее 0,02 %;
- сера – 0,05–0,1 % (по ГОСТ РФ – 0,2–0,5 %).

В работе был использован способ кавитационной обработки – прямоточно-механической и ультразвуковой на низкочастотных вибрациях. Устройство по обработке топлива было встроено в систему топливоподачи теплового двигателя (рис.).





*Система топлива подачи двигателя со встроенным кавитатором*

В ходе исследований было использовано топливо дизельное межсезонное (ДТМ). В кодировке указан способ кавитации, поскольку применяли как механический кавитатор (МК)), так и ультразвуковой (УЗК) разной мощности. Определяли характеристики топлива после комбинирования систем обработки: последовательная обработка сначала УЗК, затем МК КБб, либо последовательно УЗК разной мощности, а также через 7 сут хранения, в последнем случае применялись все виды кавитационной обработки и характеристики топлива через 4 сут после обработки.

В таблице представлены характеристики топлива после механохимической активации (в частности кавитации).

### **Характеристики топлива после механохимической активации**

№ п/п	Кодировка пробы топлива	Коэффициент фильтруемости	pH	Содержание воды, %	Содержание механических примесей, %	Содержание серы, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Исходная	6,0560	3,10	0,024-0,03	0,050	0,050
2	МК КБ 6	9,9307	4,38	0,026-0,03	0,080	0,023
3	УЗК 28 кГц	10,3946	4,38	0,026-0,03	0,074	0,023
	УЗК 28 кГц (после хранения в течение 7 сут)	9,8103	4,36	0,026-0,03	0,076	0,021



Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
	УЗК 28 кГц + МК КБ 6	13,6540	4,42	0,026–0,03	0,790	0,019
4	УЗК 35 кГц	13,8212	4,31	0,026–0,03	0,800	0,022
	УЗК 35 кГц (после хранения в течение 7 сут)	14,4936	4,02	0,026–0,03	0,076	0,020
	УЗК 35 кГц + МК КБ 6	14,6930	4,50	0,026–0,03	0,082	0,190
5	УЗК 28+ УЗК 35 кГц	14,2076	4,50	0,026–0,03	0,071	0,020
	УЗК 28 + УЗК 35 кГц + МК КБ 6 (по истечении 4 сут по- сле обра- ботки)	14,9583	4,53	0,026–0,03	0,083	0,018

Анализ данных таблицы показал, что:

1. Данный тип кавитации в первой фазе вызывает повышение диспергата и переход в более стабильное состояние – например высвобождение высокоэмульгированной (связанной) воды, коагулирование мелких твердых примесей и их последующее осаждение, повышение кислородонасыщения и, как следствие, быстрые процессы окисления легких фракций в смеси.

2. Коэффициент корреляции фактических значений 0,84 (высокий) означает, что при поступательном изменении лимитирующего показателя (в данном случае частоты ультразвуковых колебаний) ответная величина имеет практически прогнозируемое отклонение.

3. При ультразвуковой кавитации pH меняется от выраженной кислотности (повышенное содержание водорастворимых кислот) до слабокислой среды с наращением OH-ионов (возможно из-за высвобожденной воды).

4. Увеличивающийся коэффициент фильтрации свидетельствует, с одной стороны, об ухудшении степени чистоты дизельного топлива, с другой – выраженные осаждаемые (выпавшие в осадок) твердые механические примеси позволяют сделать вывод, что при применении фильтрации после кавитационной обработки топлива есть возможность повысить его эксплуатационные свойства практически на 24–37 % и соответственно уменьшить износ двигателя.

5. Цетановое число остается без изменения на уровне 45.

Следует отметить, что для определения механизма интенсификации свойств дизельного топлива и подтверждения полученных результатов необходимо либо провести испытания повторно, либо на другом типе кавитационной установки (гидродинамической).

**Заключение.** Таким образом, в ходе исследования установлена возможность улучшения характеристик дизельного топлива при эксплуатации тепловых двигателей с применением механохимического воздействия на органическую часть этого топлива. Исследованы режимы обработки дизельного топлива в системе подачи его в камеру сгорания как механической и ультразвуковой кавитацией, так и комбинированной обработкой. Установлено, что кавитационная обработка приводит к повышению кислородонасыщения и, как следствие, к быстрым процессам окисления легких фракций в топливо-воздушной смеси, улучшению показателей кислотности топлива (рН) и возможности повышения его эксплуатационных показателей практически на 24–37 %.

### Список источников

1. Манаков Н.А., Щурин К.В., Цветкова Е.В. Улучшение эксплуатационных показателей автомобильных двигателей в результате магнитной активации топлива // Естественные и технические науки. 2012. № 2. С. 484–486.
2. Щурин К.В., Панин И.Г. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле // Информационно-технологический вестник. 2017. № 1. С. 103–114.
3. Помазкин В.А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы. Оренбург: ОГУ, 2001. 340 с.
4. Карнаухов В.Н., Карнаухов О.В. Определение эффективного удельного расхода топлива для разных типов двигателей с учетом плотности, давления и температуры воздуха // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 4 (20). С. 73–75.
5. Verification of the results of numerical modeling of the developed cavitation in a cramped flow by experimental data / A.Y. Radzyuk [и др.]// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 734 (2020) 012192. DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012192.
6. Баранова М.П. Переработка органической массы тонкодисперсных отходов углеобогащения // Наноструктуры в конденсированных средах: сб. науч. ст. / Беларус. республиканский фонд фундаментальных исследований. Минск, 2022 . С. 19–25.

## References

1. Manakov N.A., Shchurin K.V., Tsvetkova E.V. Uluchshenie ehkspluatatsi-onnykh pokazatelei avtomobil'nykh dvigatelei v rezul'tate magnitnoi aktivatsii topliva // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2012. № 2. S. 484–486.
2. Shchurin K.V., Panin I.G. Izmenenie svoystv nemagnitnykh zhidkosti v peremennom magnitnom pole // Informatsionno-tekhnologicheskii vestnik. 2017. № 1. S. 103–114.
3. Pomazkin V.A. Nespetsificheskie vozdеistviya fizicheskikh faktorov na ob"ekty biotekhnosfery. Orenburg: OGU, 2001. 340 s.
4. Karnaukhov V.N., Karnaukhov O.V. Opredelenie ehffektivnogo udel'nogo rashoda topliva dlya raznykh tipov dvigatelei s uchetom plotnosti, davleniya i temperatury vozdukha // Vestnik Kurganskoi GSKHA. 2016. № 4 (20). S. 73–75.
5. Verification of the results of numerical modeling of the developed cavitation in a cramped flow by experimental data / A.Y. Radzyuk [i dr.]// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 734 (2020) 012192. DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012192.
6. Baranova M.P. Pererabotka organicheskoi massy tonkodispersnykh otkhodov ugleobogashcheniya // Nanostruktury v kondensirovannykh sredakh: sb. nauch. st. / Belarus. respublikanskii fond fundamental'nykh issledovaniy. Minsk, 2022 . S. 19–25.

### Сведения об авторах:

**Александр Константинович Байгин** – директор АНО «Твое ремесло»

**Марина Петровна Баранова** – заведующая кафедрой, профессор кафедры системозенергетики

### Information about the authors:

**Alexander Konstantinovich Baigin** – Director of ANO "Your Craft"

**Marina Petrovna Baranova** – Head of the Department, Professor of the Department of System Power Engineering

Научная статья / Research Article  
УДК 621.311

**А.С. Дебрин<sup>1</sup>, А. В. Заплетина<sup>2</sup>, Т.А. Дебрина<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Ачинский филиал, Красноярский край, Ачинск, Россия

<sup>1</sup>debrin.as@yandex.ru

### **ЛОКАЛИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ 10–0,4 кВ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙСКОГО РЭС, Ф 51-05 п. СТРЕЛКА ЕНИСЕЙСКОГО РАЙОНА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены методы и способы локализации коммерческих потерь в сетях 10–0,4 кВ на примере Енисейского РЭС, Ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района. В ходе исследования решены следующие задачи: анализ существующей системы сбора показаний приборов учета и системы автоматизированного учета электроэнергии потребителей; анализ структуры потерь на линии электропередач 10 кВ фидера 51-05 п. Стрелка Енисейского района; проведена оценка внедрения АИИС КУЭ «Меркурий» для производственных и бытовых потребителей, подключенных к линии электропередач 10 кВ фидера 51-05

**Ключевые слова:** электроснабжение, АСКУЭ, АИИСКУЭ, система учета, электричество, технологии, «Меркурий», «энергомера», «Пума»

**Andrey Debrin<sup>1</sup>, Anna Zapletina<sup>1</sup>, Tina Debrina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Achinsk branch. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk Region, Achinsk, Russia

<sup>1</sup>debrin.as@yandex.ru

### **LOCALIZATION OF COMMERCIAL LOSSES IN 10-0.4 kV NETWORKS ON THE EXAMPLE OF THE YENISEYSKY DISTRIBUTION ZONE, F 51-05, STRELKA SETTLEMENT, YENISEYSKY DISTRICT**

**Annotation.** The paper considers methods and methods for localizing commercial losses in 10–0.4 kV networks using the example of the Yenisei distribution zone, F 51-05 p. The arrow of the Yenisei district. The work carried out and performed: analysis of the existing system for collecting meter readings and automated metering of consumers' electricity; analysis of the loss structure on the 10 kV power line of the 51-05 p feeder. Strelka of the Yenisei district; an assessment of the implementation of the Mercury AIS for industrial and household consumers connected to the 10 kV feeder 51-05 power line has been carried out.

**Keywords:** power supply, ASKUE, AIISKUE, metering system, electricity, technologies, Mercury, energomera, Puma

**Введение.** В современном мире технологии играют ключевую роль в развитии различных отраслей экономики. Одной из таких технологий является автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ). Она представляет собой комплекс технических средств, программного обеспечения и организационных мероприятий, направленных на повышение точности и достоверности учета электроэнергии.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью внедрения систем АИИСКУЭ в условиях растущего потребления электроэнергии и повышения требований к ее учету. Внедрение таких систем позволяет не только обеспечить точный учет электроэнергии, но и оптимизировать ее потребление, снизить потери и повысить эффективность работы энергосистемы.

**Цель исследования** – проанализировать методы и способы локализации коммерческих потерь в сетях 10–0,4 кВ на примере Енисейского РЭС, Ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района.

**Результаты и их обсуждение.** Основные компоненты АИИСКУЭ включают в себя основные компоненты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

### Перечень необходимого оборудования для создания АИИСКУЭ

Оборудование	Изображение оборудования	Характеристика оборудования [4, 5]
1	2	3
Счетчик электроэнергии		Счетчики «Меркурий» 230 ART-00 C(R)N предназначены для однонаправленного многотарифного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности, а также измерения параметров электрической сети в трехфазных трех- или четырехпроводных сетях переменного тока с последующим хранением накопленной информации, формированием событий и передачей информации в центры сбора данных систем АСКУЭ
Устройство сбора и передачи данных		УСПД предназначено для сбора и хранения информации, поступающей от счетчиков электроэнергии, с последующей передачей ее по цифровым линиям связи (RS485, RS232, USB, GSM, GPRS) в систему верхнего уровня, например АИИСКУЭ



Окончание табл. 1

Коммуникационный шлюз		<p>GSM-шлюз «Меркурий» 228 предназначен для организации удаленного доступа к устройству или группе устройств, оснащенных последовательными интерфейсами RS-485. Шлюз включается в сеть RS-485 и обеспечивает дистанционный доступ к каждому прибору данной сети по каналу GSM. При этом устройства могут различаться по типам, протоколам и параметрам связи</p>
Программное обеспечение (коммуникационный сервер)		<p>«Меркурий-Энергоучет» (SCADA; En Logic) применяется для создания проектов автоматизированного учета энергоресурсов. Программный комплекс оптимизирован для построения систем с большим числом точек учета (десятки и сотни тысяч). Содержит большое число специализированных форм отображения и анализа собранной информации в графическом и табличном виде</p>

Внедрение АИИСКУЭ рассмотрим на примере п. Стрелка на Фидере 51-05 (рис. 1, 2). Стрелка – городской поселок в Красноярском крае России. Входит в городской округ город Лесосибирск. В 2020 г. на заседании Совета по развитию местного самоуправления был одобрен комплексный проект развития Лесосибирска, в частности поселка Стрелка. Основной целью станет проект модернизации и расширения Енисейской сплавной конторы – крупнейшего предприятия на территории поселка. Результатом проекта станет создание 80 новых рабочих мест и увеличение объема сплавной продукции на 45 %. Для улучшения местной инфраструктуры будут проведены капитальный ремонт объездной дороги и строительство нового дома культуры на 200 мест.

#### **Характеристика ВЛ ф. 51-05 п. Стрелка**

- Диспетчерское наименование: ВЛ 6кВ ф. 51-05 п. Стрелка.
- Год постройки: 1989.
- Дата ввода в эксплуатацию: 01.01.1989.
- Индекс технического состояния: 87.

#### **Основные данные ЛЭП**

- Длина линии по трассе: 7,667 км.
- Всего опор: 127 шт.
- В т. ч.:
  - промежуточные – 105 шт.;



– угловые – 1 шт.;

– анкерная 21 шт.

Количество цепей: 1.

Количество проводов в фазе: 1.

Марка проводов: А 70, АП 70, А 50, АП 50, АС 50/8,0, СИП-3 1x70, СИП-3 1x50;

Длина провода: А 70 – 10089 м, АП 70 – 21 м, А 50 – 9684 м, АП 50 – 276 м, АС 50/8,0 – 1842 м, СИП-3 1x70 – 1695 м, СИП-3 1x50 – 45 м.

Район климатических условий – II / II.

Внедрение АИИСКУЭ на фидер 51-05 может быть обосновано повышением эффективности энергопотребления. Система позволяет отслеживать и анализировать потребление электроэнергии в реальном времени, что помогает выявить неэффективные процессы и оптимизировать энергопотребление. Это может привести к снижению затрат на электроэнергию и повышению энергоэффективности предприятия.

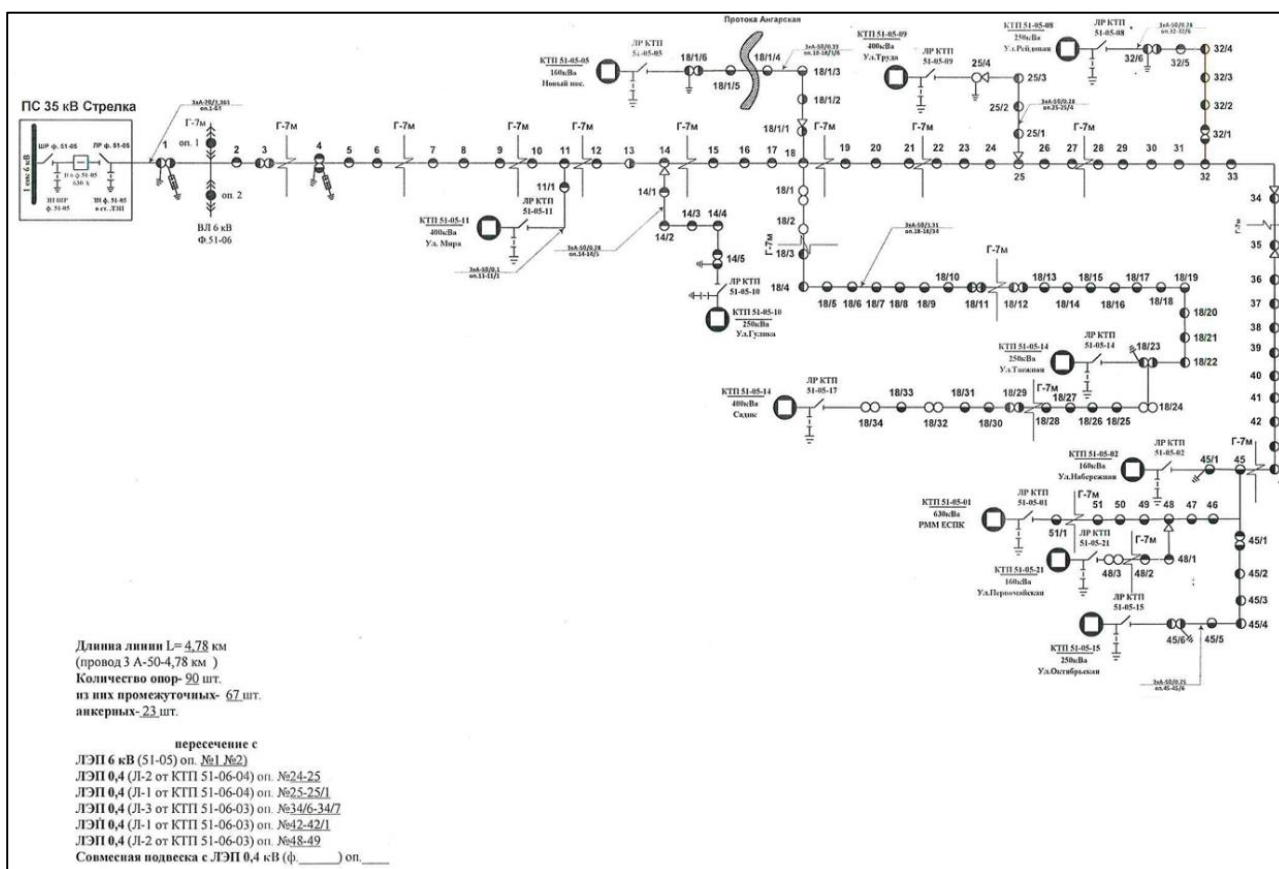


Рис. 1. Поопорная схема ВЛ 10 кВ Ф 51-05

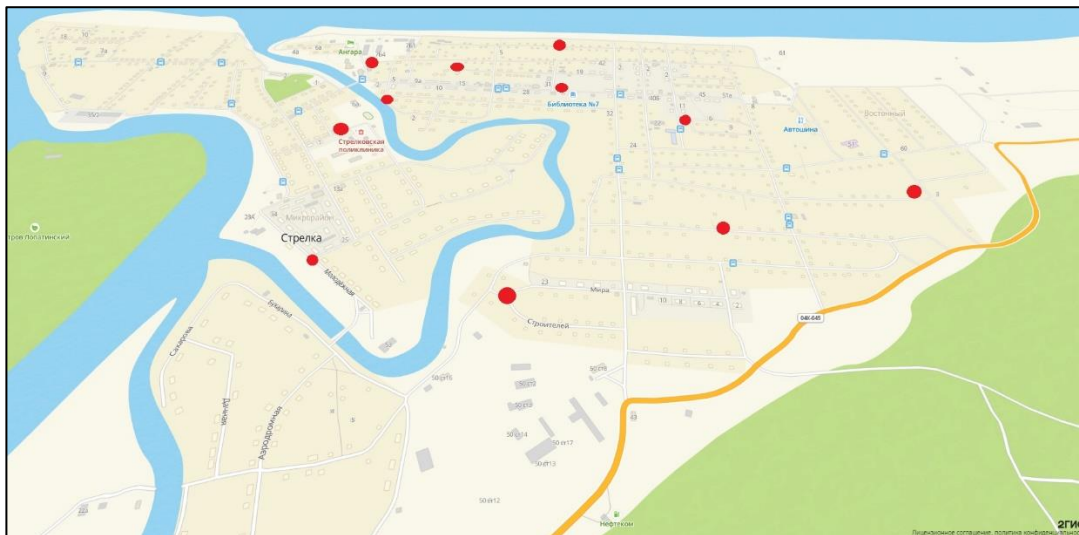


Рис. 2. Расположение КТП Ф 51-05

Для проведения расчетов определим активные и реактивные сопротивления, поперечные емкостные проводимости и зарядные мощности всех участков линий, входящих в рассматриваемую сеть. Активные  $R$  и реактивные  $X$  сопротивления линий вычисляем по формулам [6]

$$R_{k-j} = \frac{r_0 l_{k-j}}{n}, \text{ Ом}; \quad (1)$$

$$X_{k-j} = \frac{X_0 l_{k-j}}{n}, \text{ Ом}, \quad (2)$$

где  $l_{k-j}$  – длина линии, км;  
 $r_0$  – удельное активное сопротивление Ом/км;  
 $n$  – количество линий, шт.;

$$\Delta P_{л} = \frac{s^2}{u^2} R_{л}, \quad (3)$$

где  $\Delta P_{л}$  – потери мощности в линии, кВт.

Для трехфазной цепи расчетные значения мощностей определяются по следующим выражениям:

$$S_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \text{ или } S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (4)$$

$$S_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \cdot \cos\varphi_p; \quad (5)$$

$$Q_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \cdot \sin\varphi_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi_p \text{ или } Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}. \quad (6)$$

Средняя активная мощность группы электроприемников определяется по формуле

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{t}, \quad (7)$$

где  $W$  – расход электроэнергии за рассматриваемый отрезок времени  $t$ .

Чаще всего необходимо знать среднюю мощность за смену  $P_{\text{ср.см}}$  и за год  $P_{\text{ср.г}}$ .

$$P_{\text{ср.см}} = \frac{W_{\text{см}}}{t_{\text{см}}}; \quad (8)$$

$$P_{\text{ср.г}} = \frac{W_{\text{г}}}{t_{\text{г}}} = \frac{W_{\text{г}}}{8760}. \quad (9)$$

Если максимум нагрузки на графике длится менее получаса, то находится эквивалентная мощность по формуле

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (10)$$

где  $P_1, P_2, P_n$  – наибольшие нагрузки;

$t_1, t_2, t_n$  – продолжительность действия нагрузок.

В оболочке MS Excel создали таблицу для внесения и расчета параметров АИИСКУЭ (расчетные данные представлены на рисунке 3).

РЭС	Подстанция	Поступление в фидер	ПО всего с учетом актов, кор.	ПО ЮЛ с учетом актов, кор.	ПО ФЛ с учетом актов, кор.	Потери общ. с учетом актов, кор.	Потери общ. % с учетом актов, кор.	Аиискуз ТУ	КолвоАкТехПров	КолвоПоказаняРСК	КолвоАбонтВсего
5	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	6 918 660,0000	6 215 838,0000	2 305 802,0000	3 910 036,0000	702 822,0000	10,16		0	0	1 342
3	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	6 918 660,0000	94 586,0000	0,0000	94 586,0000	6 283 146,0000	90,81		0	0	1 342
4	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	248 374,0000	50 038,0000	198 336,0000	-248 374,0000	-100,00		0	0	43
5	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	298 520,0000	21 965,0000	276 555,0000	-298 520,0000	-100,00		0	0	89
6	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	369 162,0000	5 701,0000	363 461,0000	-369 162,0000	-100,00		0	0	72
7	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	605 545,0000	129 232,0000	476 313,0000	-605 545,0000	-100,00		0	0	231
8	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	1 107 816,0000	589 579,0000	518 237,0000	-1 107 816,0000	-100,00		0	0	179
9	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	981 230,0000	287 114,0000	694 116,0000	-981 230,0000	-100,00		0	0	234
0	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	580 113,0000	222 718,0000	357 395,0000	-580 113,0000	-100,00		0	0	155
1	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	692 567,0000	439 930,0000	252 637,0000	-692 567,0000	-100,00		0	0	127
2	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	442 119,0000	442 119,0000	402 502,0000	39 617,0000	0,0000	0,00		0	0	35
3	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	459 619,0000	55 311,0000	404 308,0000	-459 619,0000	-100,00		0	0	107
4	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	98 809,0000	98 809,0000	98 809,0000	0,0000	0,0000	0,00		0	0	1
5	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	237 378,0000	2 903,0000	234 475,0000	-237 378,0000	-100,00		0	0	43
6	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	540 928,0000	6 121 252,0000	2 305 802,0000	3 815 450,0000	-5 580 324,0000	-1 031,62		0	0	1 342
7	Енисейский РЭС ПС 35 кВ Стрелка	540 928,0000	6 121 252,0000	2 305 802,0000	3 815 450,0000	-5 580 324,0000	-1 031,62		0	0	1 342

Рис. 3. Результаты обработки данных по фидеру 51-05

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
Колво Абонт Всего	Колво Юр	Колво Физ	Колво Аскуэ Всего	Обязка ИСУэ %	КолАскуэЮр	КолАскуэФиз	Установка	ТехМ Подстае	ТехМ ТП	ТехМ Линии	Потери тех.	Потери тех. %	
135	1 342	160	1 182	1 051	78,32	110	941	PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	2,18	
343	1 342	160	1 182	1 051		110	941	102055953	PS035-000476	VS006-0000761	83 996,2669	1,21	
344	43	4	39	38		3	35	102054479	PS035-000476	TP006-0001584	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
345	89	5	84	79		5	74	102054484	PS035-000476	TP006-0001586	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
346	72	2	70	70		1	69	102054492	PS035-000476	TP006-0001589	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
347	231	14	217	106		11	95	102054501	PS035-000476	TP006-0001592	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
348	179	25	154	125		17	108	102054504	PS035-000476	TP006-0001593	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
349	234	24	210	199		18	181	102054507	PS035-000476	TP006-0001594	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
350	155	33	122	124		14	110	102054509	PS035-000476	TP006-0001595	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
351	127	36	91	113		33	80	102054513	PS035-000476	TP006-0001597	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
352	35	13	22	25		4	21		PS035-000476	TP006-0001599	VS006-0000761	0,0000	0,00
353	107	2	105	103		2	101	102054519	PS035-000476	TP006-0001600	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
354	1	1	0	1		1	0		PS035-000476	TP006-0007136	VS006-0000761	7 686,0000	7,78
355	43	1	42	43		1	42	102155368	PS035-000476	TP006-0009049	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
356	1 342	160	1 182	1 051		110	941		PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	27,92
357	1 342	160	1 182	1 051		110	941		PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	27,92
317													
318													
319													
320													
321													

Окончание рис. 3

**Заключение.** Проведен анализ технического и коммерческого потребления электроэнергии на ф. 51-05, изучена методика расчетов потребления электроэнергии, а также проведена обработка данных потребления по фидеру, которая показала, что при внедрении системы АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет» на фидере 51-05 обеспечен системой 1 051 потребитель из 1 342. Среднее значение годового потребления электроэнергии для всех потребителей составляло 6 215 838 кВт·ч, после внедрения АСКУЭ это значение составило 4 867 993 кВт·ч, что позволило сократить потери на 21,68 %.

### Список источников

1. О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности): постановление Правительства РФ от 12.07.1996 № 793 // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 30.
2. Об электроэнергетике: федер. закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2003. № 13.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон РФ № 261-ФЗ от 23.11.2009 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 48.
4. АСКУЭ современного предприятия // ЭНЕРГОУЧЕТ: сайт предприятия по созданию АСКУЭ. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (дата обращения: 22.03.2024).
5. Создание АИИС КУЭ // ИК «Энергоаудитконтроль». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Хохолкова О.Г. Обзор АИИСКУЭ для разных типов потребителей // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2024. № 20. С. 147–149. EDN DNGSBT.

## References

1. About the Federal (All-Russian) wholesale electric energy (capacity) market: Decree of the Government of the Russian Federation dated 12.07.1996 No. 793 // Collection of Legislation of the Russian Federation. 1996. № 30.
2. About the electric power industry: feder. the law of 26.03.2003 No. 35-FZ // Collection of legislation of the Russian Federation. 2003. № 13.
3. On Energy conservation and Energy Efficiency Improvement and on amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: feder. The law of the Russian Federation No. 261-FZ dated 11/23/2009 // Collection of legislation of the Russian Federation. 2009. No. 48.
4. ASCUE of a modern enterprise // ENERGY ACCOUNTING: website of the enterprise for the creation of ASCUE. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (date of reference: 03/22/2024).
6. Creation of the AIS KUE // IC "Energoauditcontrol". URL: <http://www.ackye.ru/activities/aiskue> (date of reference: 03/22/2024).
7. Khokholkova O.G. Review of AIISKUE for different types of consumers // Scientific and educational potential of youth in solving urgent problems of the XXI century. 2024. №

### Сведения об авторах:

**Александр Сергеевич Дебрин** – доцент кафедры электроснабжения, кандидат технических наук

**Анна Владимировна Заплетина** – доцент кафедры системознергетики, заместитель директора Института инженерных систем и энергетика, кандидат технических наук, доцент

**Тина Анатольевна Дебрина** – магистр

### Information about the authors:

**Alexander Sergeevich Debrin** – Associate Professor of the Department of Power Supply, Candidate of Technical Sciences

**Anna Vladimirovna Zapletina** – Associate Professor of the Department of System Power Engineering, Deputy Director of the Institute of Engineering Systems and Energy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Tina Anatolyevna Debrina** – Master's degree



Научная статья / Research Article

УДК 621.311.1:658.012.12

**А.С. Дебрин<sup>1</sup>, А. В. Заплетина<sup>2</sup>, Т.А. Дебрина<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Ачинский филиал  
Россия, Красноярский край, Ачинск

<sup>1</sup>debrin.as@yandex.ru

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АИИСКУЭ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙСКОГО РЭС, Ф 51-05 п. СТРЕЛКА ЕНИСЕЙСКОГО РАЙОНА**

**Аннотация.** В статье рассмотрено технико-экономическое обоснование применения АИИСКУЭ на примере Енисейского РЭС, ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района, которое показало, что капиталовложения в АСКУЭ «Меркурий» составляют 11 563 154,6 руб., «Энергомера» – 14 037 261,1 руб., «Пума» – 11 761 373,15 руб. При этом экономия электроэнергии после внедрения АСКУЭ составила 1 347 845,64 кВт·ч, что составляет 5 741 822,45 руб. Из-за различия в стоимости системных комплексов стоимость их обслуживания, а также затраты на эксплуатацию, сроки окупаемости всех рассмотренных вариантов различаются. Для АСКУЭ «Меркурий» это значение равно 2,07; «Энергомера» – 3,9; «Пума» – 3,01. Исходя из этого можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным вариантом АИИСКУЭ будет считаться система «Меркурий».

**Ключевые слова:** электроснабжение, АСКУЭ, АИИСКУЭ, система учета, электричество, технологии, «Меркурий», «Энергомера», «Пума»

**Andrey Debrin<sup>1</sup>, Anna Zapletina<sup>2</sup>, Tina Debrina<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup>Achinsk branch. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk Region, Achinsk, Russia

<sup>1</sup>debrin.as@yandex.ru

## **FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF AIISKUE ON THE EXAMPLE OF THE YENISEI DISTRIBUTION ZONE, F 51-05, STRELKA SETTLEMENT OF THE YENISEI DISTRICT**

**Annotation.** The paper considers the feasibility study of the use of AIISKUE on the example of the Yenisei distribution zone, f 51-05 p. Strelka of the Yenisei district, which showed that investments in the Mercury ASCUE amount to 11563154.6 rubles, in Energomer 14037261.1 rubles, in Puma 11761373.15 rubles. At the same



*time, the energy savings after the introduction of the ASCUE amounted to 1347,845.64 kWh, which is 5741822.45 rubles. Due to the difference in the cost of system complexes, the cost of their maintenance, as well as the cost of operation, the payback periods of all considered options vary. For Mercury, this value is 2.07, for Energomer 3.9, and for Puma 3.01. Based on this, it can be concluded that the Mercury system will be considered the most economically advantageous option for AIISCE.*

**Keywords:** *power supply, askue, aiiskue, metering system, electricity, technologies, mercury, energomera, puma*

Широкое внедрение АСКУЭ в жилом и производственном секторе наиболее целесообразно при строительстве новых жилых домов. Проектная документация жилых и промышленных помещений создается на основе нормативных требований [1–3]. Рынок насыщен разнообразной продукцией только более десятка Российских заводов-изготовителей электронных счетчиков электрической энергии и другого оборудования, необходимого для построения АСКУЭ [4, 5]. Диапазон выпускаемой продукции этими заводами настолько велик, что в настоящее время потребителю трудно определиться не только с заводом-изготовителем АСКУЭ, но с вариантом построения структуры АСКУЭ. Только качественное технико-экономическое сравнение нескольких вариантов может помочь найти оптимальное соотношение между ценой и качеством.

Капиталовложения в АСКУЭ,  $K_{\text{АСКУЭ}}$ , руб., включают в себя стоимость АСКУЭ, стоимость монтажа оборудования и прочие затраты.

Стоимость комплекта оборудования автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии,  $K_{\text{об}}$ , руб., определяется номенклатурой изделий, необходимых для комплектования АСКУЭ, зависящей от фирмы-производителя [6].

Общие единовременные затраты на создание АСКУЭ,  $K_{\text{АСКУЭ}}$ , руб., определяются по формуле

$$K_{\text{АСКУЭ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{м}} + K_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{об}}$  – затраты на оборудование, руб.;

$K_{\text{м}}$  – затраты на монтаж АСКУЭ, руб.;

$K_{\text{пр}}$  – прочие затраты, связанные с созданием АСКУЭ, руб.

Стоимость монтажа определяется по локальной смете. Для упрощения расчетов стоимость монтажа принимается равной 10 % от стоимости  $K_{\text{АСКУЭ}}$ .

Прочие затраты принимается равной 5 % от стоимости  $K_{\text{АСКУЭ}}$ .

Годовые затраты на эксплуатацию АСКУЭ,  $I_{\text{экс}}$ , руб./год, определяют по формуле

$$I_{\text{экс}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{тр}} + I_{\text{от}} + I_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где  $I_{ам}$  – амортизационные отчисления, руб/год;

$I_{тр}$  – отчисления на текущий ремонт, руб/год;

$I_{от}$  – издержки на оплату труда, руб/год;

$I_{пр}$  – прочие отчисления (принимают 10 % от вышеперечисленных), руб/год.

Амортизационные отчисления,  $I_{ам}$ , руб/год, учитывают возмещение основных производственных фондов в процессе износа оборудования и определяют по формуле

$$I_{ам} = K_{АСКУЭ} \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – норма амортизационных отчислений, для АСКУЭ  $\alpha = 3,3$  (4) % (зависит от срока службы оборудования).

Отчисления на текущий ремонт и обслуживание,  $I_{тр}$ , руб./год определяют по формуле

$$I_{тр} = K \cdot \alpha_{тр}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{тр}$  – норма отчислений на текущий ремонт, для АСКУЭ  $\alpha_{тр} = 10$  %.

Данная статья затрат включает затраты на контроль и поверку счетчиков.

Издержки на оплату труда,  $I_{от}$ , руб/год, определяются по формуле

$$I_{от} = TC \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (5)$$

где  $TC$  – тарифная ставка электромонтера, обслуживающего АСКУЭ, руб/ч;

$t$  – фонд рабочего времени, необходимого для обслуживания АСКУЭ, ч/год;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда,  $k_1 = 1,4$ ;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды,  $k_2 = 1,26$ ;

$k_3$  – районный коэффициент,  $k_3 = 1,3$ .

Прочие отчисления,  $I_{пр}$ , руб/год, определяются выражением

$$I_{пр} = (I_{ам} + I_{тр} + I_{от}) \cdot 0,1. \quad (6)$$

Годовое потребление энергии абонентами жилых домов,  $\mathcal{E}_{год}$ , кВт·ч, составит

$$\mathcal{E}_{год} = W_{кв} \cdot n, \quad (7)$$

где  $W_{кв}$  – среднегодовое потребление электроэнергии одним объектом, кВт·ч;

$n$  – количество квартир, обслуживаемых АСКУЭ, шт.

Возможное снижение потерь энергии в электрической сети 0,38 кВ  $\mathcal{E}_{\text{сети}}$ , кВт·ч, составит

$$\mathcal{E}_{\text{сети}} = K_{\text{пот}} \cdot \mathcal{E}_{\text{год}}, \quad (8)$$

где  $K_{\text{пот}}$  – коэффициент возможного снижения потерь электрической энергии в сети 0,38 кВ.

Затраты на покрытие расходов за потребленную электроэнергию за год  $I_{\text{год}}$ , руб./год составят

$$I_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} \cdot T, \quad (9)$$

где  $T$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;

Ожидаемый дополнительный доход за счет совершенствования учета и контроля за расходом электроэнергии,  $I_{\text{ЭК}}$ , руб./год, составит

$$I_{\text{ЭК}} = \mathcal{E}_{\text{сети}} \cdot T. \quad (10)$$

Экономическая эффективность АСКУЭ,  $\mathcal{E}$ , руб./год, определяется на основе критерия срока окупаемости и складывается из экономии трудозатрат на контролируемые функции и снижения потерь и хищений электроэнергии:

$$\mathcal{E} = I_{\text{ЗП}} + I_{\text{ЭК}}, \quad (11)$$

где  $I_{\text{ЗП}}$  – заработная плата контролера сбытовой организации, руб./год.  
Срок окупаемости,  $T_{\text{ок}}$ , год, АСКУЭ определится выражением

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{АСКУЭ}} / (\mathcal{E} - I_{\text{ЭК}}) \leq T_{\text{инв}}, \quad (12)$$

где  $T_{\text{инв}}$  – срок окупаемости, устанавливаемый инвестором, лет.

Срок окупаемости, устанавливаемый 5 лет, считается рентабельным.

Для оценки целесообразности использования АСКУЭ по описанной выше методике выполним расчет в электронной таблице Microsoft Excel. Проведем расчеты экономической эффективности АСКУЭ «Меркурий», «Энергомера» и «Пума». Результаты расчетов представлены в таблице.

### Технико-экономическое обоснование внедрения АСКУЭ

Показатель	«Меркурий»	«Энергомера»	«Пума»
1	2	3	4
Стоимость АСКУЭ, $K_u$ , руб.	9567 (ед) 10054917	11614 (ед) 12206314	9731 (ед) 10227281
Стоимость монтажа, $K_m$ , руб.	1005491,7	1220631,4	1022728,1
Прочие затраты, $K_{пр}$ , руб.	502745,9	610315,7	511364,05
Капиталовложения в АСКУЭ, $K_{\text{АСКУЭ}}$ , руб.	11563154,6	14037261,1	11761373,15

Окончание табл.

1	2	3	4
Амортизационные отчисления, $I_{ам}$ , руб/год	402196,7	488252,6	409091,3
Отчисления на текущий ремонт, $I_{тр}$ , руб/год	1005491,7	1220631,4	1022728,1
Издержки на оплату труда, $I_{от}$ , руб/год	241730		
Прочие отчисления, $I_{пр}$ , руб/год	164941,84	195061,4	167354,94
Годовые затраты на эксплуатацию АСКУЭ, $I_{экс}$ , руб/год	181360,24	2145675,4	1840904,34
Годовое потребление электроэнергии, кВт·ч	6215838 (среднее для всех потребителей)		
Годовое потребление электроэнергии при условии установки АСКУЭ, кВт·ч	4867993 (среднее для потребителей с АСКУЭ)		
Экономия электроэнергии от внедрения АСКУЭ, кВт·ч	1347845,64		
Стоимость одного кВт·ч, руб.	4,26		
Экономия по оплате за электроэнергию $I_{эк}$ , руб/год	5741822,45		
Заработная плата контролера сбытовой организации, приходящаяся на потребителей, обслуживаемых АСКУЭ, $I_{зп}$ , руб/год	241730		
Экономический эффект, Э, руб/год	5741822,45		
Срок окупаемости, $T_{ок}$ , год	2,07	3,9	3,01

*Примечание.* Тариф на электроэнергию для населения, проживающего в сельских населенных пунктах: в пределах социальной нормы – 2,47 руб.; сверх социальной нормы – 3,98 руб.; для юридических лиц – 6,06 руб.; для расчета принимаем среднее значение 4,26 руб.

**Заключение.** Техничко-экономическое обоснование показало, что капиталовложения в АСКУЭ «Меркурий» составляют 11 563 154,6 руб., «Энергомера» – 14 037 261,1 руб., «Пума» – 11 761 373,15 руб. При этом экономия электроэнергии после внедрения АСКУЭ составила 1 347 845,64 кВт·ч, что составляет 5 741 822,45 руб.

Из-за различия в стоимости системных комплексов стоимость их обслуживания, а также затраты на эксплуатацию, сроки окупаемости всех рассмотренных вариантов различаются. Для «Меркурий» это значение

равно 2,07; «Энергомера» – 3,9; «Пума» – 3,01. Исходя из этого, можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным вариантом АИИСКУЭ будет считаться система «Меркурий».

### Список источников

1. О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности): постановление Правительства РФ от 12.07.1996 № 793 // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 30.
2. Об электроэнергетике: федер. закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2003. № 13.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 48.
4. АСКУЭ современного предприятия // Энергоучет. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (дата обращения: 23.05.2024).
5. Создание АИИС КУЭ // ИК «Энергоаудитконтроль». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (дата обращения: 23.05.2024).
6. Хохолкова О.Г. Обзор АИИСКУЭ для разных типов потребителей // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2024. № 20. С. 147–149. EDN DNGSBT.

### References

1. O federal'nom (obshcherossiiskom) optovom rynke ehlektricheskoi ehnergii (moshchnosti): postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.07.1996 № 793 // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 1996. № 30.
2. Ob ehlektroehnergetike: feder. zakon ot 26.03.2003 № 35-FZ // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 2003. № 13.
3. Ob ehnergoberezhnii i o povyshenii ehnergeticheskoi ehffektivnosti i o vnesenii izmenenii v ot del'nye zakonodatel'nye akty Ros-siiskoi Federatsii: feder. zakon RF ot 23.11.2009 № 261-FZ // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 2009. № 48.
4. ASKUEH sovremennogo predpriyatiya // Ehnergouchet. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
5. Sozdanie AIIS KUEH // IK «Ehnergoauditkontrol'». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
6. Khokholkova O.G. Obzor AIISKUEH dlya raznykh tipov potrebitelei // Nauchno-obrazovatel'nyi potentsial molodezhi v reshenii aktual'nykh problem XXI veka. 2024. № 20. S. 147–149. EDN DNGSBT.



**Сведения об авторах:**

**Александр Сергеевич Дебрин** – доцент кафедры электроснабжения, кандидат технических наук

**Анна Владимировна Заплетина** – доцент кафедры системозаэнергетики, заместитель директора Института инженерных систем и энергетики, кандидат технических наук, доцент

**Тина Анатольевна Дебрина** – магистр

**Information about the authors:**

**Alexander Sergeevich Debrin** – Associate Professor of the Department of Power Supply, Candidate of Technical Sciences

**Anna Vladimirovna Zapletina** – Associate Professor of the Department of System Power Engineering, Deputy Director of the Institute of Engineering Systems and Energy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Tina Anatolyevna Debrina** – Master's degree

Научная статья / Research Article

УДК 373.60

**И.И. Гришина**Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск  
pkpel@yandex.ru**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ  
ТРУДА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** Рассмотрены возможности повышения квалификационных позиций работников агропромышленного комплекса и улучшения эффективности сельского производства, в связи с тем, что в Красноярском крае на данный момент наблюдается несоответствие инновационных потребностей производства имеющемуся качественному и структурному составу кадров. Основное направление повышения эффективности квалификационных уровней технических специалистов в сельской местности – это нормативное и дидактическое совершенствование системы образования. Причем необходимо создавать систему от первоначального обучения до овладения профессиональным мастерством. Все это в комплексе позволит значительно повысить эффективность производства сельскохозяйственной продукции агропромышленного комплекса края.

**Ключевые слова:** повышение квалификации, обучение, кадровое обеспечение, агропромышленный комплекс

**I.I. Grishina**Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia  
pkpel@yandex.ru**IMPACT OF THE LEVEL OF QUALIFICATION OF AGRO-INDUSTRIAL  
WORKERS ON LABOR PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY  
OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

**Abstract.** The possibilities of increasing the qualification positions of workers in the agro-industrial complex and improving the efficiency of rural production were considered because in the Krasnoyarsk Territory, at the moment, there is a discrepancy between the innovative needs of production and the existing high-quality and structural composition of personnel. The main direction of improving the efficiency of qualification levels of technical specialists in rural areas is the

*normative and didactic improvement of the education system. Moreover, it is necessary to create a system from initial training to mastering professional skills. All this in the complex will significantly increase the efficiency of agricultural production of the agro-industrial complex of the region.*

**Keywords:** *advanced training, training, staffing, agro-industrial complex*

**Введение.** Современные образовательные технологии, целью которых является формирование высококвалифицированных кадров для аграрного сектора экономики страны, опираются на базовые или фундаментальные теоретические основы. Одним из таких аспектов является предмет и основные категории дидактики [1].

Дидактика как теория образования и обучения решает задачи научного обоснования и совершенствования процесса образования в категориях потребности общества и общественно-экономического положения. Обучение и образование – это раздел педагогики, как самостоятельная наука выделяется дидактика. Основой образовательного процесса является обучение. Обучение – это такая деятельность, которая заключается во взаимодействии педагога и студента, результатом чего является адаптация студента к общественной реальности, трудовой деятельности.

Процесс обучения сам по себе достаточно сложен, подразумевает совместную деятельность его субъектов и содержит известные компоненты: мотивационный, учебно-познавательной деятельности и управление этой деятельностью.

Мотивационный компонент понимается как деятельность, в результате которой определяется процесс работы, что имеет для будущего работника достаточно большое значение, вызывает устойчивый интерес к этой работе и превращает заданные себе цели во внутренние потребности личности. Пожалуй самым основным в рассматриваемых аспектах является мотивация будущего работника, а в процессе обучения – студента. Обеспечение этого компонента процесса обучения происходит под воздействием ряда условий, таких как осознание обучающегося цели обучения и значения полученных знаний, определение норм и критериев значимости для будущей работы; самостоятельного процесса обучения; свободного выбора уровня заданий и их количества, стимулирование стремления к выполнению усложненных задач и многого другого [2].

Второй компонент процесса обучения – функциональный, или учебно-познавательной деятельности обучающихся.

И в этом направлении хотелось бы отметить, что достаточно эффективно здесь работает метод моделирования, который представляет собой исследование каких-то явлений, объектов, процессов путем создания моделей. Использование системного подхода в этом случае более чем оправдано. Этот подход реализуется через общие принципы, такие как целесообразность, целостность, упорядоченность и иерархичность. Все это дает

возможность сформировать и обосновать цель работы, объяснить применение тех или иных методов для достижения цели.

Цель образовательного процесса заключается в процессе специальной подготовки, определенной социальным заказом государства и социального общества. При целевой поддержке предприятий на федеральном и региональном уровнях осуществляется техническое обеспечение технологий современными системами энергоснабжения, сельскохозяйственными машинами и комплексами, которые имеют в своем конструкте большую часть автоматизированных процессов и устройств, в т. ч. микропроцессорную технику, разнообразные навигационные системы и автоматизированное управление, что позволяет говорить о соответствии третьему технологическому укладу.

Однако на дискуссионных площадках общественных организаций, образовательных учреждений, законодательной и исполнительной власти отмечается, что в Красноярском крае на данный момент наблюдается явное несоответствие инновационных потребностей производства имеющемуся качественному и структурному составу кадров. Принимаемые меры по повышению технико-технологической оснащенности производства демонстрируют недостаточную эффективность вследствие профессионального несоответствия механизаторов, обеспечивающих реализацию современных технологий совершенными машинами. Проблема кадрового обеспечения отраслей сельского хозяйства, по мнению значительной части экономистов, подкреплена неблагоприятной демографической, инфраструктурной и ресурсной ситуацией на селе [3].

Перспективным решением проблемы является повышение результативности взаимодействия элементов системы «агрообразование – агронаука – агропроизводство».

**Объекты и методы.** Поскольку конечной целью специальной подготовки технических специалистов на селе является повышение производительности труда в сельскохозяйственном производстве края важно определить и обосновать стратегии непрерывного профессионального образования механизаторских и технических кадров.

В этом случае методики исследования базируются на использовании методов экономической оценки, математической статистики и методе экспертных оценок.

Метод экономической оценки позволит провести анализ по обеспеченности кадрами предприятий сельского хозяйства Красноярского края.

Методы математической статистики обеспечат сбор и регистрацию статистических данных для формирования выводов о вкладе состава кадров в производительность труда.

Метод экспертных оценок является значимым при оценке факторов, действующих на систему кадрового обеспечения отрасли.

Методы инженерной психологии, психологии труда, профессиональной педагогики необходимы для разработки дидактического обеспечения

перспективной системы непрерывного образования механизаторских кадров.

На сегодняшний день вызывает состояние области повышения квалификации профессиональных технических специалистов вызывает обеспокоенность как государственных органов, так и общественности. На сегодняшний день система существует в виде отдельных, недостаточно увязанных между собой элементов, таких как курсы переподготовки и техникума, реализуемые коммерческими предприятиями в индивидуальном или групповом порядке, и дополнительная подготовка операторов машинно-тракторных агрегатов, осуществляемая представителями дилеров сельскохозяйственной техники и оборудования ведущих мировых производителей.

На эффективность работы агропромышленного комплекса влияют следующие факторы:

1. Одним из значимых факторов, которые влияют на экологическое и экономическое развитие процессов автоматизации в Красноярском крае, является мастерство работников, обеспечивающих механизацию технологических процессов.

2. Необходимо повышать уровень профессиональных стандартов технических специалистов, утвержденных Министерством труда и социальной защиты РФ, с учетом увеличения уровня автоматизации и цифровых технологий в аграрных технологиях.

3. Снижение требований к специалистам, выпускающимся из специализированных аграрных учебных заведений, нежелание повышать свой квалификационный уровень, особенно в секторе технических специалистов приводит к тому, что происходит:

- нерациональное использование технических установок;
- потери производительности труда;
- нарушение агротехнических технологий получения конечных продуктов;
- превышение стоимости технологических процессов;
- снижение качества продуктов;
- снижение срока службы техники и оборудования и многое другое.

4. Процесс совершенствования трудового потенциала технических работников требует новых теоретических, методологических и практических подходов с учетом сложившейся многоукладности аграрной экономики, уровня производства и рынка труда.

Для того чтобы получить современного технического специалиста для работы на высокотехнологическом оборудовании в сельском хозяйстве, необходимо разработать нормативное и дидактическое обеспечение адаптивной системы непрерывного профессионального образования технических кадров, что в конечном итоге позволит повысить производительность труда в агропромышленном комплексе края.

Чтобы обозначить конкретные задачи для достижения поставленной цели, необходимо:



- 1) провести исследование возможностей профессионального развития механизаторов и энергетиков непосредственно на рабочем месте;
- 2) установить взаимозависимость стимулирования механизаторских кадров с повышением производительности труда;
- 3) оценить возможности улучшения процесса подготовки в системе кадрового обеспечения отрасли;
- 4) разработать методологическое и дидактическое обеспечение системы непрерывного образования технических специалистов с учетом экономической и технико-технологической оснащенности агропромышленного комплекса края.

**Заключение.** Основное направление повышения эффективности квалификационных уровней технических специалистов в сельской местности – это нормативное и дидактическое совершенствование системы образования. Причем необходимо создавать систему от первоначального обучения до овладения профессиональным мастерством. Все это в комплексе позволит значительно повысить эффективность производства сельскохозяйственной продукции агропромышленного комплекса края.

### Список источников

1. Гебос А.И. Психологические условия формирования положительной мотивации к учению // Вопросы психологии. 2003. № 4. С. 11–17.
2. Карасева Т.М. Комплексное практическое занятие – деловая игра // Среднее профессиональное образование. 2002. № 7. С. 29–30.
3. Гуляева Т.Ф., Тихомиров С.Н. Мотивация учебно-познавательной деятельности как одно из условий успешной адаптации студентов в вузе // Вестник Московского университета МВД России. 2012. № 8. С. 183–186.

### References

1. Gebos A.I. Psikhologicheskie usloviya formirovaniya polozhitel'-noĭ motivatsii k ucheniyu // Voprosy psikhologii. 2003. № 4. S. 11–17.
2. Karaseva T.M. Kompleksnoe prakticheskoe zanyatie – delovaya igra // Srednee professional'noe obrazovanie. 2002. № 7. S. 29–30.
3. Gulyaeva T.F., Tikhomirov S.N. Motivatsiya uchebno-poznavatel'noi deyatel'nosti kak odno iz uslovii uspeshnoi adaptatsii studentov v vuze // Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. 2012. № 8. S. 183–186.

#### Сведения об авторах:

**Ирина Ивановна Гришина** – доцент кафедры теоретической экономики, кандидат филологических наук

#### Information about the authors:

**Irina Ivanovna Grishina** – Associate Professor of the Department of Theoretical Economics, Candidate of Philological Sciences

## СОДЕРЖАНИЕ

**Баранова М.П.**

Применение автоматизированных систем на сетях 0,4–10 кВ 3

**Вензелев Р.В., Вензелева О.О.**

О необходимости учета температуры окружающего воздуха при мониторинге нагрева токоведущих частей 10

**Байгин А.К., Баранова М.П.**

Повышение эффективности работы теплового двигателя 17

**Дебрин А.С., Заплетина А.В., Дебрина Т.А.**

Локализации коммерческих потерь в сетях 10–0,4 кВ на примере Енисейского РЭС, ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района 24

**Дебрин А.С., Заплетина А.В., Дебрина Т.А.**

Технико-экономическое обоснование применения АИИСКУЭ на примере Енисейского РЭС, Ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района 32

**Гришина И.И.**

Влияние уровня квалификации работников агропромышленного комплекса на производительность труда и эффективность сельскохозяйственного производства 39

Сетевой электронный научный журнал

# Инженерные системы и энергетика

Выпуск 1 (1)

Issue 1 (1)

Engineering systems  
and energy

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»  
The founder - Federal public budgetary educational institution  
Of higher education “Krasnoyarsk state agrarian university”

Главный редактор *М.П. Баранова*

Editor-in-chief *M.P. Baranova*

Редактор *О.Ю. Кухарева*

Editor *O.Ju. Kuhareva*

Редактор английского перевода: *И.И. Гришина*

English Translation Editor: *I.I. Grishina*

Компьютерная верстка *А.А. Грудинин*

Computer imposition *A.A. Grudinin*

Выход в свет 28.03.2025.  
Формат 60 × 84/8. Усл. п.л. 20,0. Заказ № 180

Адрес издателя: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90; тел.: 8-(3912)-27-05-34; E-mail: info@kgau.ru  
Адрес редакции: 660130, г. Красноярск, ул. Елены Стасовой, 44Д, пом. 207