



# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»**

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

# **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Выпуск III**

Материалы Третьей Всероссийской научной конференции

(Тамбов, 21–22 декабря 2021 г.)

*Научное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2022

УДК 658.26  
ББК 31.3  
Ц75

Председатель конференции – Т. И. Чернышова

Редакционная коллегия:

Т. И. Чернышова – *ответственный редактор*,  
С. П. Москвитин – *зам. ответственного редактора*,  
А. Н. Грибков, А. В. Кобелев, А. П. Пудовкин,  
Н. Г. Чернышов, С. В. Фролов, С. Н. Баршутин, М. А. Каменская

Ц75 **Цифровая трансформация** в энергетике. Вып. III [Электронный ресурс]: материалы Третьей Всероссийской научной конференции / отв. ред. Т. И. Чернышова; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования: ПК не ниже класса Pentium II; CD-ROM-диск: 00,0 Мб; RAM; Windows 95/98/XP; мышь. – Загл. с экрана.  
ISBN 978-5-8265-2448-0

Представлены тезисы докладов участников Третьей Всероссийской научной конференции «Цифровая трансформация в энергетике», в которых раскрываются вопросы эффективного использования энерго-ресурсов, построения эффективных систем переработки, передачи и хранения энергии, применения нетрадиционных источников энергии, разработки энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий, развития производственных отношений на основе цифровых подходов и средств, отражены правовые аспекты, регулирующие отношения в области энергетики.

Материалы сборника могут быть полезны студентам-исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

УДК 658.26  
ББК 31.3

*Материалы предоставлены в электронном варианте, организаторы конференции и редакция ответственности за содержание предоставленных авторами материалов не несут.*

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.  
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2448-0

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2022

## Секция 1

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

---

## МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛОВЫХ КАМЕРАХ

*Д. В. Корпусов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: awesome009@yandex.ru)*

В условиях увеличения сроков эксплуатации тепловых сетей и роста числа аварийных ситуаций особую актуальность приобретает разработка и освоение современных методов непрерывного контроля микроклимата в тепловых камерах.

Цель статьи – рассмотреть современные методики контроля микроклимата, провести анализ существующих технических устройств, оценить возможность их применения относительно тепловых камер сетей теплоснабжения.

Исследователем Казанского государственного энергетического университета О. В. Воркуновым предложена однопроводная цифровая информационно-измерительная система контроля микроклимата.

Разработанная информационно-измерительная система для контроля микроклимата отличается наличием модуля оценки тепловых потерь через стены сооружений и реализацией совместного использования компонентов сети MicroLAN и микроконтроллеров семейства Atmel.

Расчетно-экспериментальный метод позволяет производить оценку тепловых потерь, заключающаяся в непрерывном измерении температуры поверхностей с разных сторон стены и расчете теплового потока с учетом развития нестационарного процесса теплопроводности. Методика учитывает влияние геометрии, размера, расположения датчика температуры и сечения соединительных проводов на его метрологические характеристики при измерении температуры поверхности, через которую проходит тепловой поток.

Исследователем Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова С. Ю. Тырышкиным предложен метод контроля микроклимата на основе результатов совокупных измерений.

Разработанный метод описывает процесс измерения и контроля параметров климатической среды. Основная особенность разработанной модели определяется функциональной взаимосвязью контролируемых параметров и дина-

микой их измерения во времени. Для предложенного метода получены аналитические соотношения, позволяющие рассчитывать результирующие погрешности совокупных измерений по известным метрологическим характеристикам использованных в системе контроля первичных измерительных преобразователей.

Исследователем «Научно-Технического Предприятия ТКА» в Санкт-Петербурге Ю. А. Барбар предложен измерительный комплекс контроля параметров микроклимата.

Метод заключается в вычислении абсолютной влажности воздуха, температуры влажного термометра и психрометрической разности температур, оценке их точности. Методика характеризуется быстродействием измерения температур, основанным на кратковременном контроле температуры на начальном участке переходной характеристики, что позволяет проводить вычисления плотности теплового излучения в ограниченном спектральном диапазоне и устанавливать связи между радиационной и истинной температурами.

Среди существующих методик и устройств для контроля микроклимата тепловых камер стоит отметить появление современного GSM датчика влажности и температуры, предназначенного непосредственно для тепловых камер сетей теплоснабжения.

Датчик PROMODEM GSM 830.02 предназначен для контроля влажности и температуры в тепловой камере по GSM. Он позволяет производить контроль течей тепломагистрали, тем самым предупреждая ее прорыв. Облачный сервер информационной системы располагает дистанционным опросом и доступом к отчетам показаний температуры, влажности и аварийных событий.

Рассмотренные в данной статье методы контроля микроклимата могут быть применены относительно тепловых камер сетей теплоснабжения. Предложенная однопроводная информационно-измерительная система О. В. Воркуновым видится наиболее перспективной в данном направлении.

### **Библиографический список**

1. Воркунов, О. В. Информационно-измерительная система оценки потерь тепловой энергии / О. В. Воркунов, Р. Г. Тахавутдинов // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 86 – 91.

2. Измеркон. Производство и поставка контрольно-измерительных приборов. GSM датчик влажности и температуры для тепловых камер – PROMODEM GSM 830.02 [Электронный ресурс]. – URL : <https://izmerkonn.ru/catalog/vlazhnost/datchiki-vlazhnosti/promodem-gsm-83002.html> (дата обращения: 28.09.2021).

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ**

*А. С. Назаров, В. В. Рыжов, О. Н. Попов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: nazarovtema@list.ru)*

В современном мире развитие энергетики характеризуется стремительным ростом стоимости энергоносителей. Поэтому совершенствование технологий, направленных на энерго- и ресурсосбережение, является приоритетным направлением для исследований в области энергетики.

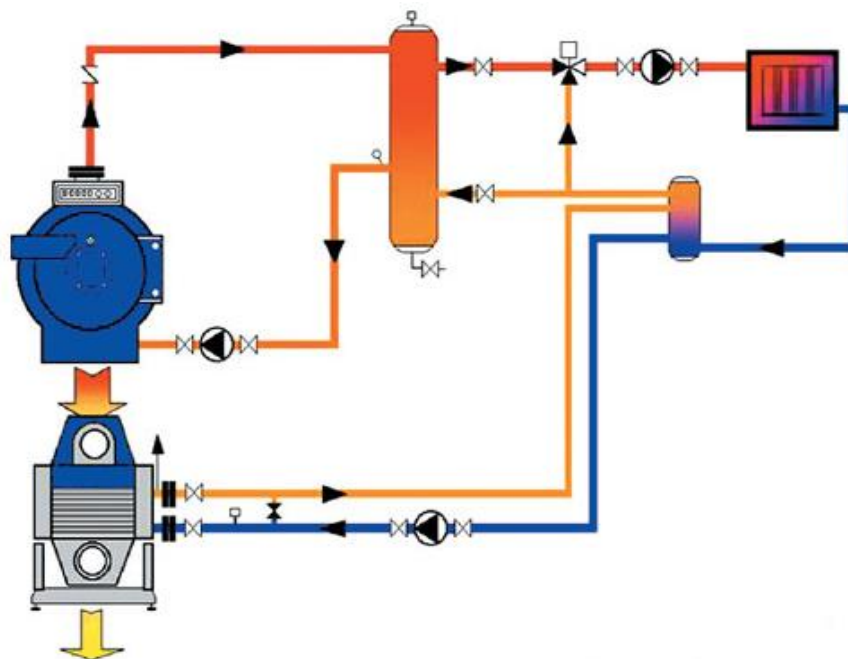
Основные мероприятия по энергосбережению в теплогенерирующих установках направлены на увеличение КПД теплогенерирующих установок, экономию топлива, снижение потерь теплоты и качественную подготовку воды для питания котлов [1].

В настоящее время одним из перспективных и активно внедряемым энергосберегающим мероприятием является использование систем глубокой утилизации теплоты уходящих газов. Так в ряде стран уже приняты законы, запрещающие применение теплогенерирующих установок без вторичной утилизации тепла. Данное мероприятие направлено на снижение температуры продуктов сгорания до температуры ниже точки росы, что позволяет использовать не только явную теплоту, но и часть скрытой теплоты конденсации водяных паров из продуктов сгорания.

Существует несколько подходов для реализации данного мероприятия. Наиболее распространен подход, заключающийся в изготовлении конденсационных котлов специальной конструкции со встроенным низкотемпературным теплообменным блоком (как правило, из нержавеющей стали или медных сплавов). Подключения конденсационного котла к системе отопления можно осуществить по одной из трех схем подключения: прямое подключение к котлу; развязка через гидравлический разделитель; разделение системы через теплообменник [2].

Другой подход заключается в использовании вспомогательного оборудования – выносных рекуператоров, которые также представляют собой теплообменники типа «дымовые газы – вода». Такие рекуператоры изготавливаются рядом производителей (Buderus, De Dietrich, Viessmann и др.) и могут устанавливаться по ходу движения продуктов сгорания практически для любых водогрейных котлов – как новых, так и уже эксплуатируемых.

Для эффективного использования подобных рекуператоров следует применять схемы подключения гидравлической системы, рекомендуемые производителем. На рисунке 1 представлена схема включения рекуператора в отопительный контур. Данная схема характеризуется наличием дополнительной гидравлической стрелки – малого разделителя. Он необходим для организации непрерывной циркуляции, через рекуператор теплоносителя с самой низкой температурой в контуре благодаря насосу.



**Рис. 1. Схема включения рекуператора в отопительный контур**

Результатом внедрения данного мероприятия является повышение эксплуатационного КПД котла до 95...96% по высшей теплоте сгорания; экономия топлива, которая по сравнению с традиционным отопительным котлом может достигать 35%; сокращение вредных выбросов, оцениваемое в среднем в 70%.

### **Библиографический список**

1. Жуков, Н. П. Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
2. Технические решения с конденсационными котлами ВАХІ. – UTL : <https://docplayer.ru/37065016-Tehnicheskie-resheniya-s-kondensacionnymi-kotlami-baxi.html>

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ТРЕХСЛОЙНОМ ТЕЛЕ

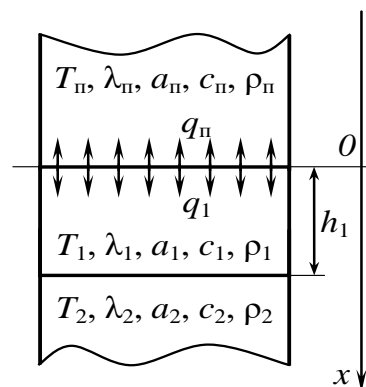
*А. В. Гришин, И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, О. А. Овсянников*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: qrishinag@gmail.com)*

Разработка и создание алгоритмического обеспечения измерительной системы (ИС) для повышения точности неразрушающего контроля толщины покрытий на изделиях различного назначения, актуальны, так как толщина слоя покрытия и равномерность его распределения на поверхности являются решающими факторами, влияющими на свойства изделия [1].

Математическая модель теплопереноса в объекте описывает температурное поле от плоского бесконечного нагревателя постоянной мощности и при регуляризации тепловых потоков может быть применена в процессе работы ИС с локальным нагревателем в виде диска. Тепловая схема [1], включающая в себя подложку измерительного зонда, нагреватель, покрытие толщиной  $h_1$  и изделие из металла, представлена на рис. 1.



**Рис. Тепловая схема**

В начальный момент времени на свободном конце ограниченного стержня (свободная поверхность покрытия) начинает действовать источник тепла  $q$ , который действует на протяжении всего процесса нагрева ( $q = q_1 + q_n$ ). Формулировка краевой задачи:

$$\partial T_1(x, \tau) / \partial \tau = a_1 \cdot \left[ \partial^2 T_1(x, \tau) / \partial x^2 \right], \quad \tau > 0, \quad 0 < x < h_1; \quad (1)$$

$$\partial T_2(x, \tau) / \partial \tau = a_2 \cdot \left[ \partial^2 T_2(x, \tau) / \partial x^2 \right], \quad \tau > 0, \quad h_1 < x < \infty; \quad (2)$$

$$\partial T_n(x, \tau) / \partial \tau = a_n \cdot \left[ \partial^2 T_n(x, \tau) / \partial x^2 \right], \quad \tau > 0, \quad -\infty < x < 0; \quad (3)$$

$$T_1(x, 0) = T_2(x, 0) = T_n(x, 0) = 0; \quad (4)$$

$$T_1(0, \tau) = T_n(0, \tau); \quad (5)$$

$$T_1(h_1, \tau) = T_2(h_1, \tau); \quad (6)$$

$$-\lambda_1 \cdot \left[ \partial T_1(h_1, \tau) / \partial x \right] = -\lambda_2 \cdot \left[ \partial T_2(h_1, \tau) / \partial x \right]; \quad (7)$$

$$q = -\lambda_1 \cdot [\partial T_1(0, \tau) / \partial x] + \lambda_n \cdot [\partial T_n(0, \tau) / \partial x] + C_n \cdot [\partial T_1(0, \tau) / \partial \tau]; \quad (8)$$

$$T_2(+\infty, \tau) = T_n(-\infty, \tau) = 0, \quad (9)$$

где  $T_i$  – избыточная температура;  $x$  – координата;  $\tau$  – время;  $q$  – плотность теплового потока;  $a_i$ ,  $c_i$ ,  $\lambda_i$ , – соответственно температуропроводность, удельная теплоемкость, теплопроводность  $i$ -ого тела;  $h_1$  – толщина тела 1;  $C_n$  – теплоемкость единицы площади нагревателя;  $\rho$  – плотность. Индексы: 1, 2 – материалы первого и второго тел;  $n$  – материал подложки зонда.

Получено решение задачи (1) – (9):

$$T_1(0, \tau) = (2q\sqrt{\tau}) / ((\varepsilon_2 + \varepsilon_n)\sqrt{\pi}) + \left[ (q \cdot h_1 \cdot (\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)) / \lambda_1 - q \cdot C_n \right] \cdot (\varepsilon_2 + \varepsilon_n)^{-2}.$$

В линейном виде:

$$T_1(0, \tau) = b_1\sqrt{\tau} + b_0. \quad (10)$$

где

$$b_1 = \frac{2q}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_n)\sqrt{\pi}}; \quad b_0 = \frac{(q \cdot h_1 \cdot (\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)) / \lambda_1 - q \cdot C_n}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_n)^2};$$

$$h_1 = \frac{\lambda_1 (b_0 \cdot (\varepsilon_2 + \varepsilon_n)^2 + q \cdot C_n)}{q(\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)}.$$

Погрешностей, вносимых в определение толщины покрытия неточностью значений  $\lambda_i$  и  $q$ , можно избежать. Для этого изготавливают эталонный образец, идентичный изделию с покрытием известной толщины  $h_{эт}$ . Нагревают поверхности эталона с помощью того же источника тепловой энергии, измеряют значения избыточной температуры ( $T_1$ ), определяют значения  $b_{0эт}$  и  $h_1$ :

$$h_1 = h_{эт} (b_0 / b_{0эт}).$$

где  $h_{эт}$  – толщина покрытия на эталонном образце;  $b_0$ ,  $b_{0эт}$  – значения коэффициентов математической модели (10) на рабочих участках термограмм (при реализации режима регуляризации тепловых потоков в локальной области изделия и эталонного образца, соответственно) [1].

### Библиографический список

1. Жуков, Н. П. Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6–11.

## **ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГТУ**

*Р. Ю. Чубаров, О. Н. Попов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: chubarov.rr@mail.ru)*

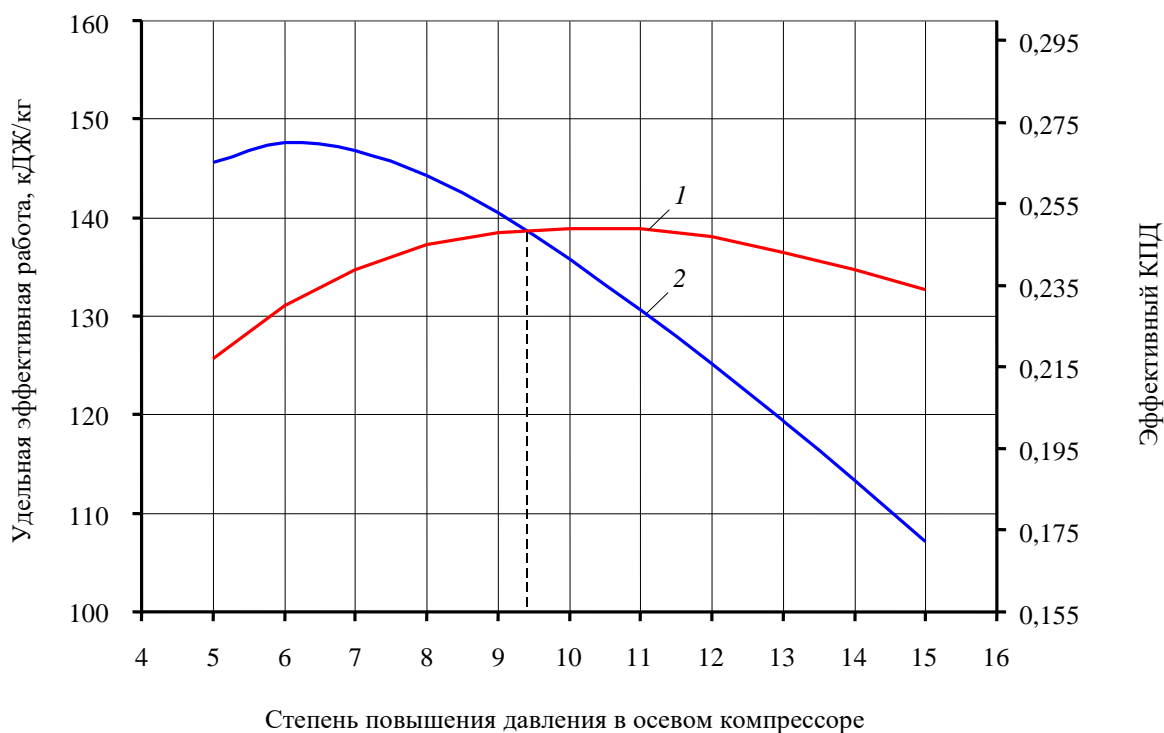
Развитие энергоэффективных технологий с высокими технико-экономическими показателями, с низким уровнем выбросов и с приемлемым уровнем удельных капитальных и эксплуатационных затрат является перспективным направлением развития современной энергетики.

В последние годы широкое применение в энергетике и различных отраслях промышленности получили газотурбинные установки (ГТУ). Они могут работать на различных видах топлива, что позволяет использовать их в стационарном и в транспортном назначении.

Перспективы использования ГТУ связана с автономностью, короткими сроками строительства, за счет возможности использования блочно-модульного исполнения, которое облегчает условия монтажа и обслуживания, повышением надежности снабжения потребителей, снижением инерционности теплового регулирования и потерь в тепловых сетях, большим моторесурсом.

Повышение температуры продуктов сгорания перед газовой турбиной (ГТ) является основным направлением повышения КПД ГТУ. Анализ данных по эффективности показывает, что ГТУ простого цикла вплотную приблизились к технически возможному максимуму по экономичности, поэтому дальнейшее интенсивное развитие в этом направлении ограничено труднопреодолимыми проблемами в области материаловедения. При дальнейшем повышении температуры сверх уже достигнутого уровня темп прироста КПД ГТУ снижается, технические проблемы реализации проектов существенно возрастают. Поэтому дальнейшее повышение эффективности цикла ГТУ может быть достигнуто за счет резервов, обусловленных карнотизацией газотурбинного цикла.

Существует оптимум степени повышения давления компрессора, соответствующий максимальной удельной работе для каждой температуры на входе в ГТ. Однако при той же самой температуре на входе в ГТ максимум КПД получен при более высокой степени повышения давления. Тем не менее, компромисс между увеличением КПД и снижением удельной работы может быть найден (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость  $H_e$  и  $\eta_e$  от  $\pi_k$**

Повышение верхнего давления в газотурбинном цикле за счет повышения давления воздуха в компрессоре (увеличения степени повышения давления) приводит к увеличению температуры воздуха в конце процесса сжатия и, соответственно, к увеличению затрачиваемой работы на сжатие воздуха. В результате происходит снижение полезной удельной работы ГТУ, и при некотором предельном значении  $\pi_k$  работа станет равной нулю [1].

С ростом степени повышения давления воздуха  $\pi_k$  доля полезной мощности, вырабатываемой ГТУ, снижается. Однако, повышение эффективности ГТУ без увеличения степени повышения давления возможно, по средствам применения перегрева продуктов сгорания в газовой турбине, промежуточного охлаждения в компрессоре, а также регенерации теплоты уходящих газов.

### Библиографический список

1. Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. С. Земцов, А. С. Осыка ; под ред. С. В. Цанева. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – 428 с.

# ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ

*Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: natashazalukaeva@yandex.ru)*

Топливные пеллеты приобретают все большую популярность во всем мире, поскольку относятся к экологически чистым и возобновляемым источникам энергии. Количество потребителей и производителей топливных пеллет постоянно увеличивается, в связи с чем возникает необходимость обеспечения бесперебойной поставки биотоплива от производителей к потребителям. Решение данной задачи возможно с использованием современных информационных технологий.

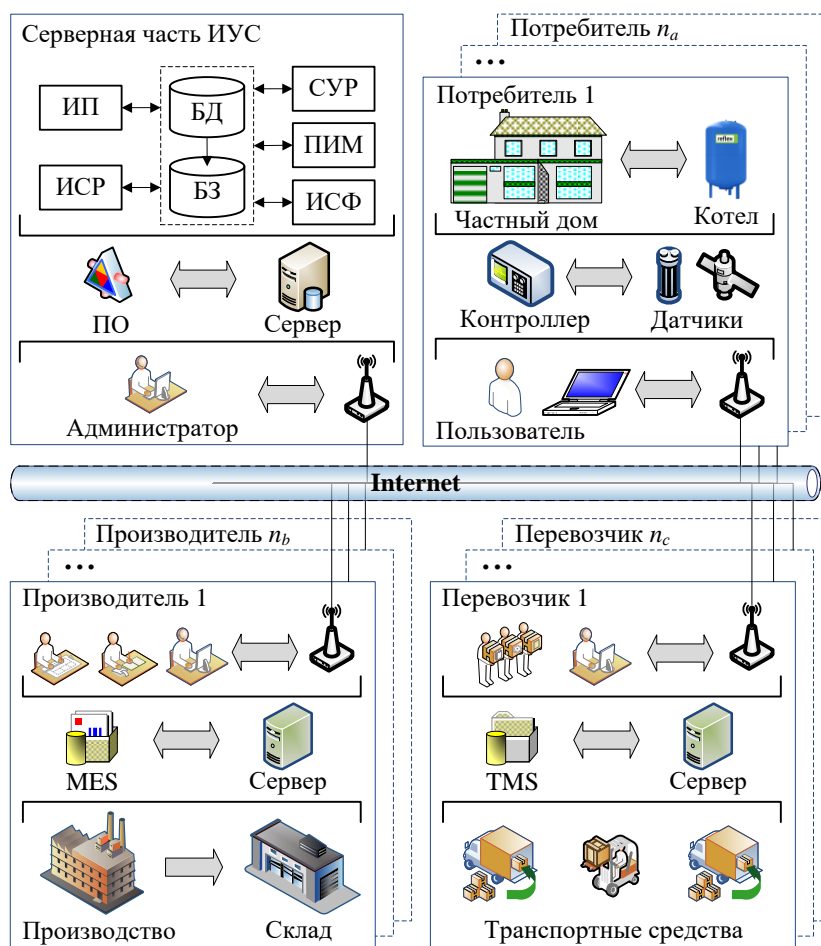
Рассмотрим программно-техническую реализацию информационно-управляющей системы (ИУС) процессом распределения топливных пеллет, показанную на рис. 1.

Программное обеспечение (ПО) ИУС имеет клиент-серверную архитектуру. В структуре программного обеспечения серверной части ИУС можно выделить следующие ключевые компоненты: [1]

- объектно-ориентированную базу знаний (БЗ);
- реляционную базу данных (БД);
- интегрированную среду разработки (ИСР);
- интерфейс пользователя (ИП);
- модуль идентификации состояний функционирования (ИСФ);
- модуль синтеза управляющих решений (СУР);
- модуль прогнозирования и имитационного моделирования (ПИМ).

Клиентские программы устанавливаются у всех участников процесса распределения (потребителей, производителей, перевозчиков), они обеспечивают программный интерфейс для доступа к функционалу серверных компонентов ИУС. Возможно также обеспечение взаимодействия со стандартными системами управления производством (MES) у производителей и транспортно-логистическими системами (TMS) у перевозчиков.

Техническое обеспечение ИУС реализовано на базе стандартных персональных компьютеров, ноутбуков и мобильных устройств.



**Рис. 1. Программно-техническая реализация ИУС**

Практическое использование ИУС процессом распределения топливных пеллет позволяет создать единую информационную среду для взаимосвязанной работы всех участников процесса распределения и обеспечивает оптимизацию временных и финансовых затрат потребителей на определение времени поставок топливных пеллет и поиск оптимальных поставщиков и перевозчиков.

*Исследование выполнено в ЦКП «Радиоэлектроника и связь» ТГТУ при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90056.*

### **Библиографический список**

1. Грибков, А. Н. Архитектура программного обеспечения информационно-управляющей системы бесперебойной поставки биотоплива / А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях : материалы XVI Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск : Изд-во Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, 2021. – С. 107–108.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ COMSOL MULTIPHYSICS

*Д. Н. Базелюк, И. В. Рогов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: dbazelyuk11@gmail.com)*

Система Comsol Multiphysics представляет собой новый этап в развитии многофункциональных САПР последнего поколения. Это мощная программа для моделирования и решения разнообразных научных и инженерных задач, позволяющая осуществлять моделирование связанных процессов различной физической природы, например, тепловых процессов, деформации, воздействие электронных пучков и т.д. [1]. COMSOL Multiphysics позволяет добавлять произвольные уравнения, характеризующие свойства материалов, вводить граничные условия и отдельные члены уравнений, описывающие источники и теплоотдачу, и даже системы уравнений в частных производных. На основе введенных уравнений могут создаваться и исследоваться новые физические объекты. С помощью встроенных физических интерфейсов (Physics Interfaces) и расширенной поддержки свойств материалов, можно создать модели, задавая соответствующие физические величины, такие как разнообразные характеристики материалов – плотность, упругость, нагрузки, граничные условия, источники тепла и тепловые потоки [2]. Можно использовать переменные, выражения или заданные константы для описания областей твердых и жидких тел.

Основным элементом измерительной системы, для исследования теплофизических свойств материалов, является измерительная ячейка (рис. 1). В нашем случае, она представляет собой емкость из теплоизоляционного материала 1 в нижней части которой находится нагреватель 2. В измерительную ячейку помещают исследуемый сыпучий материал (образец) 3. Для измерения температур, в основании емкости, предусмотрена установка термопар на нагревателе и на некотором расстоянии от него.

На рисунке 2 приведены температурные поля в измерительной ячейке в конце виртуального эксперимента. Теплофизические свойства для отдельных элементов принимались в соответствии с табл. 1.

Таким образом, задавая характеристики образцов и условий среды, мы можем исследовать температурные поля в измерительной ячейке с различными сыпучими материалами, не прибегая к эксперименту. Результаты такого

исследования могут быть использованы для обоснования размеров измерительной ячейки, назначения режимов нагрева и разработки алгоритмов обработки первичной измерительной информации.

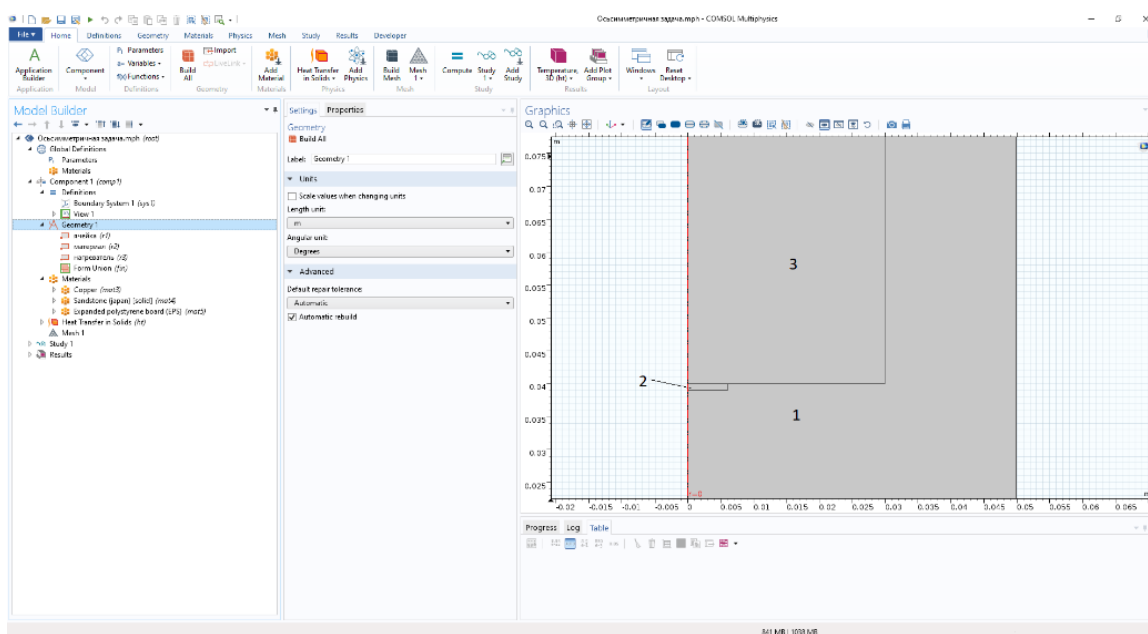


Рис. 1. Геометрическая модель измерительной ячейки:

1 – корпус из теплоизоляционного материала; 2 – нагреватель; 3 – образец

### 1. Теплофизические свойства материалов измерительной ячейки

Материал	$\rho$ , [кг/м <sup>3</sup> ]	$c_p$ , [Дж/(кг·К)]	$\lambda$ , [Вт/(м·К)]
Медь (нагреватель)	8900	380	395
Экструдированный полиполиуретан URSA (теплоизоляционный материал)	30	1340	0,033
Песок сухой речной (объект исследования)	1500	800	0,35

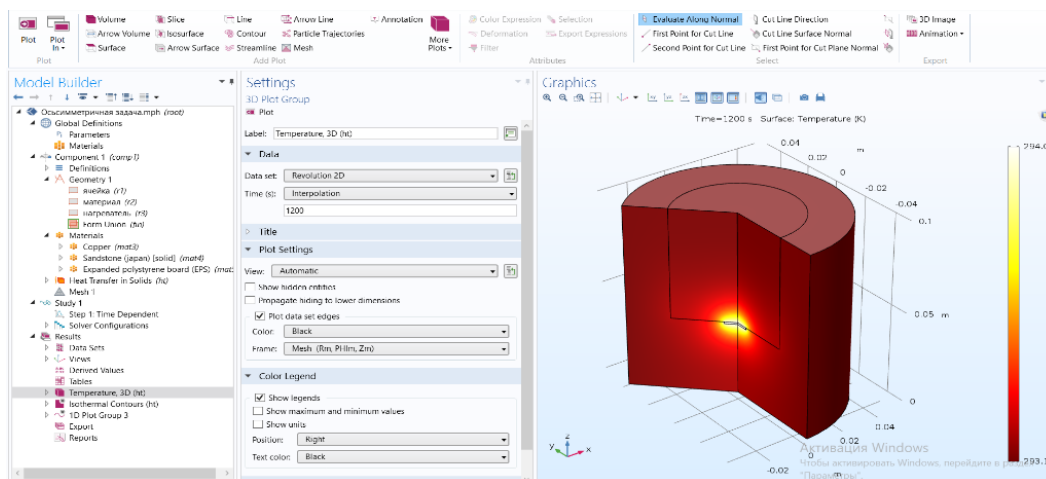


Рис. 2. Температурное поле в измерительной ячейке

## Библиографический список

1. Курушин, А. А. Решение мультифизических СВЧ задач с помощью САПР COMSOL / А. А. Курушин. – М., 2016. – 376 с.
2. COMSOL Multiphysics ПО для мультифизического моделирования [Электронный ресурс]. – 2019. – URL : [www.comsol.ru](http://www.comsol.ru)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

*С. С. Никулин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

В ряде технических процессов возникает необходимость определения температурного состояния материала, когда в нем происходят процессы изменения агрегатного или фазового состояния. Например, при кристаллизации параметры процесса сильно влияют на свойства получившегося материала.

Распространение тепла в твердом материале с учетом изменения агрегатного или фазового состояния материала с учетом теплоты фазового перехода описывается задачами Стефана. Использование численных методов для решения многомерных задач с учетом изменения фазового состояния, в большинстве случаев, требует составления математических моделей высокой сложности. Нелинейность параметров в этих задачах требует использовать большие вычислительные мощности.

В общем виде задачи стефановского типа не имеют аналитического решения. Однако для некоторых простых задач ранее были найдены аналитические решения. Для упрощения решения этих задач необходимо знать закон движения границы фазового перехода [1].

Применение одномерной тепловой схемы дает возможность использовать более простую математическую модель, описывающую тепловые процессы. Рассмотрим задачу распространения тепла от сферического нагревателя в материале с фазовым переходом.

Условия задачи. Начальную температуру материала во всех точках материала задаем одинаковой и равной нулю. В центре находится поверхностный сферической нагреватель радиусом  $R$ . С начального момента времени нагреватель со своей поверхности отдает тепловой поток мощностью  $q$ . При достижении материалом температуры фазового перехода  $T = T_{\text{п}}$  в материале происходит смена фазы, сопровождающаяся поглощением теплоты величиной  $Q_{\text{п}}$ . Принимаем, что свойства материала после фазового перехода изменяются незначительно.

Получено решение этой задачи в безразмерном виде:

$$\Theta(\zeta, Fo) = \frac{1}{\zeta} \left\{ \operatorname{erfc} \left( \frac{\zeta - 1}{2\sqrt{Fo}} \right) - \exp(\zeta - 1 + Fo) \operatorname{erfc} \left( \frac{\zeta - 1}{2\sqrt{Fo}} + \sqrt{Fo} \right) \right\}, \quad (1)$$

где  $\Theta = \frac{T}{T_{\max}}$ ;  $\zeta = \frac{r}{R}$ ;  $Fo = \frac{a\tau}{R^2}$ ;  $T_{\max} = \frac{qR}{\lambda}$ .

С уравнением (1) был проведен ряд преобразований и упрощений. В результате преобразований, с учетом нескольких условий, были получены следующие зависимости (2) – (4):

$$\zeta_{\Pi}(Fo) = \frac{(Fo \pi (1 - \Theta_{\Pi})^2 + m^{1/k})^k - (1 - \Theta_{\Pi})m}{\Theta_{\Pi} (Fo \pi (1 - \Theta_{\Pi})^2 + m^{1/k})^k}, \quad k > 0, m > 0; \quad (2)$$

$$\zeta_{\Pi}(Fo) = \frac{(Fo \pi (1 - \Theta_{\Pi})^2 + m^{1/k})^k}{\Theta_{\Pi} (Fo \pi (1 - \Theta_{\Pi})^2 + m^{1/k})^k + (1 - \Theta_{\Pi})m}, \quad k > 0, m > 0. \quad (3)$$

$$\zeta_{\Pi}(Fo) = \frac{Fo^k + m}{\Theta_{\Pi} Fo^k + m}, \quad k > 0, m > 0. \quad (4)$$

С помощью численного решения задачи производится подбор параметров  $k$  и  $m$  найденных зависимостей (2) – (4) [2]. Численное решение проводилось методом конечных элементов. Для этого была использована программа моделирования двумерных краевых задач ELCUT [3]. В результате моделирования получены графики движения границы фазового перехода. Получено хорошее совпадение теоретических результатов с численными расчетами.

Полученные зависимости (2) – (4) также использовались для обработки результатов экспериментальных измерений при неразрушающем определении законов движения границы твердофазных переходов в политетрафторэтилене и других полимерах.

### Библиографический список

1. Карташов, Э. М. Аналитические методы решения краевых задач нестационарной теплопроводности в областях с движущимися границами / Э. М. Карташов // Инженерно-физический журнал. – 2001. – Т. 74, № 2. – С. 171 – 195.
2. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

3. Моделирование теплопереноса в полимерном материале при фазовом переходе / Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, И. В. Рогов, С. С. Никулин, Д. Г. Бородавкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 490 – 494.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

*А. А. Дурнов, С. А. Воеводкин, А. А. Балашов*

*Тамбовский государственный технический университет*

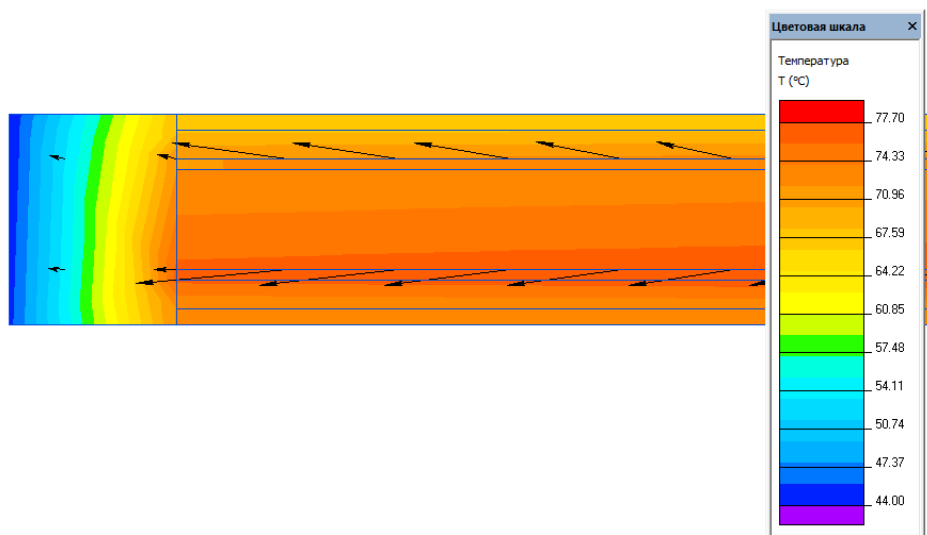
Для начала моделирования выстраиваем геометрию задачи, исходя из размеров установки в программе Elcut [1]. Следует отметить, что модель задается симметричной относительно вертикальной оси. Диаметр наружной трубы 39 мм, толщина стенок 3 мм, диаметр внутренней трубы 18 мм, толщина стенок внутренней трубы 2 мм. Длина труб 960 мм. Трубы изготовлены из меди. С двух сторон, для снижения влияния концевого эффекта установлены заглушки из текстолита, длиной по 30 мм, см. рис. 1.

Далее задаем параметры граничных условий на каждой метке ребра: внешние поверхности, внутренние поверхности, источник тепла, ось симметрии.



**Рис. 1. Построение геометрии задачи**

Создав модель и решив ее, программа Elcut выводит нам информацию о распределении температуры внутри модели (рис. 2).



**Рис. 2. Распределение температуры**

Таким образом, построение виртуальной модели дает наглядное представление о распределении тепловой энергии внутри установки, а также информацию о температуре в любой точке.

Задаваясь необходимой мощностью теплового потока, мы можем исследовать процессы происходящие с исследуемым твердым телом, что позволит, разработать комплекс мер по повышению точности измерения коэффициента теплопроводности твердого тела.

### **Библиографический список**

1. ELCUT Версия 6.5. Руководство пользователя. – URL : [https://elcut.ru/downloads/manual\\_r.pdf](https://elcut.ru/downloads/manual_r.pdf) (дата обращения: 03.10.2021).

## **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

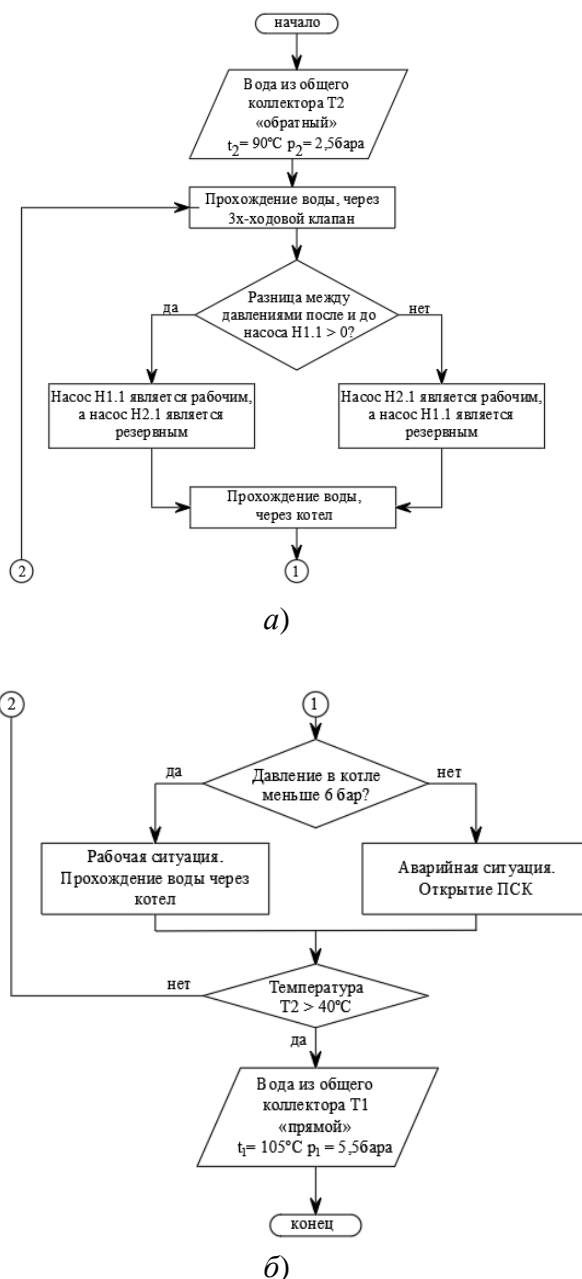
***Е. С. Романова***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: romanova.elona@mail.ru)*

Использование цифрового моделирования на начальных этапах проектирования теплоэнергетических объектов позволит создать дополнительную систему контроля для повышения безопасности строительства и дальнейшей эксплуатации объекта, что в свою очередь приведет к повышению экономической эффективности.

Системы моделирования процессов, основанные на применении сетей Петри, имеют ряд преимуществ: описание поведения системы на событийном уровне; высокий уровень описания статики и динамики функционирования системы; компактность формулировки (средствами векторной алгебры); понятный интерфейс [1].

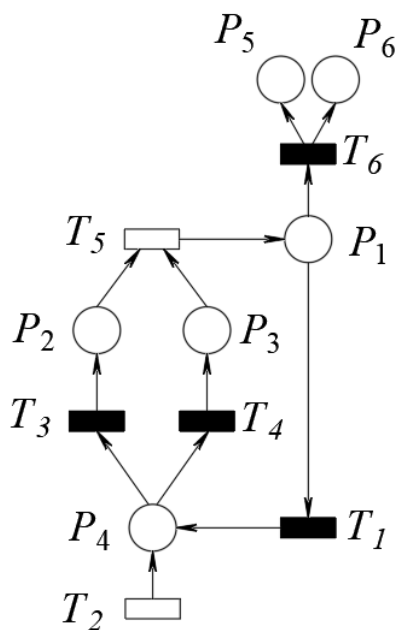
Для минимизации ошибок при выполнении моделирования производственного процесса в сетях Петри, необходимо определиться с алгоритмом основных действий, происходящих в системе, а также учесть особенности работы определенного типа оборудования. На рисунке 1 показана блок-схема алгоритма, описывающего процесс нагрева воды в котле.



**Рис. 1. Блок-схема процесса нагрева воды в котле:**

*а* – начало блок-схемы; *б* – окончание блок-схемы

Имитационная модель данного процесса на основе сетей Петри показана на рис. 2.



**Рис. 2. Блок-схема процесса нагрева воды в котле:**

$P_1$  – водогрейный котел;  $P_2$  и  $P_3$  – котловые насосы ( $P_2$  – рабочий,  $P_3$  – резервный);  
 $P_4$  – трехходовой клапан;  $P_5$  и  $P_6$  – предохранительно-сбросные клапана;  
 $T_1$  – переход после котла, определяющий направление потока горячей воды;  
 $T_2$  – общий коллектор холодной воды (обратки);  $T_3$  и  $T_4$  – переход до насоса, определяющий позицию насоса: рабочий или резервный;  $T_5$  – переход от насоса до котла;  $T_6$  – переход, определяющий «аварийную» ситуацию

Применение формализованной блок-схемы алгоритма работы теплоэнергетического объекта и его имитационной модели позволяет прогнозировать изменения параметров и режимов работы оборудования, определять факторы, повлиявшие на данные изменения и осуществлять корректировки в работе системы [2].

### Библиографический список

1. Колесникова, Е. С. Применение сетей Петри при моделировании производственных систем в энергетике / Е. С. Колесникова // Цифровая трансформация в энергетике : сб. тр. Второй Всерос. науч. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2021. – С. 89 – 92.

2. Колесникова, Е. С. Применение сетей Петри при моделировании теплоэнергетических процессов / Е. С. Колесникова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2020. – С. 143 – 144.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАМЕНИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВЫСОКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ

*В. В. Ерёмин, С. Н. Баршутин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: vaduha2010@mail.ru)*

Моделирование скорости движения электрона в условиях электрического поля высокой напряженности сталкивается с проблемой учета релятивистского характера движения электрона. В настоящее время такие скорости могут быть достигнуты во многих технических устройствах, таких как электронные микроскопы, ионизированные среды в условиях электрических полей и т.д. Таким образом, пренебрежение такого характера движения электрона приводит к существенным отклонениям моделируемой скорости от скорости полученной экспериментальным образом.

В литературе известно соотношение, которое учитывается релятивистское движение электрона [1]:

$$E_e = \frac{m_e \cdot v^2}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right), \quad (1)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме;  $m_e$  – масса электрона;  $v$  – скорость электрона.

С другой стороны, средняя энергия электрона определяется по соотношению:

$$E_e = \frac{3 \cdot k \cdot T}{2}, \quad (2)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – средняя температура электрона в ионизированном газе.

Объединяя уравнения (1) и (2), а также производя решение данного уравнения относительно скорости получаем следующее соотношение:

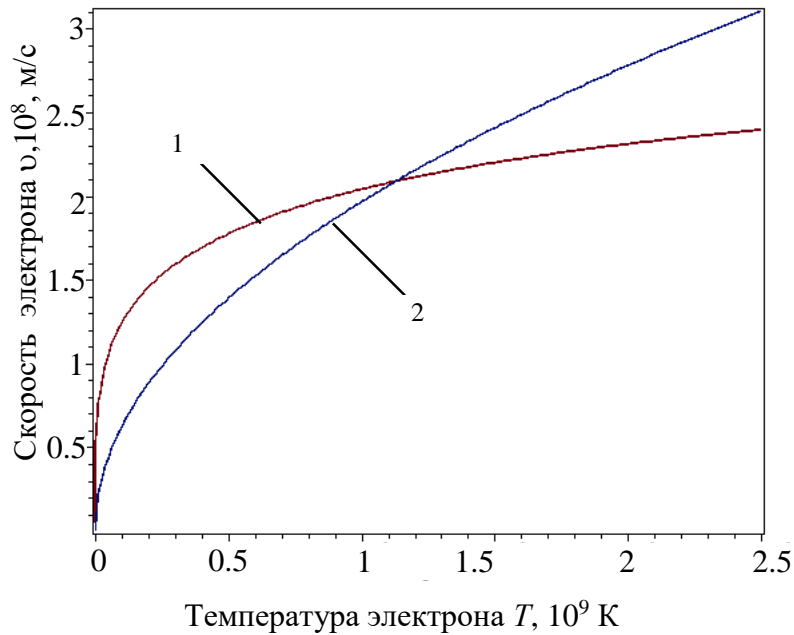
$$v = \frac{1}{6} \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \left( Y \left( 2 \cdot T^2 \cdot k - 9 \cdot T \cdot c^2 \cdot k \cdot m_e + 3 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot T \cdot k \cdot (32 \cdot c^4 \cdot m_e^2 + 13 \cdot T \cdot c^2 \cdot k \cdot m_e + 4 \cdot T^2 \cdot k^2)}{m_e}} \cdot m_e \right) \right)^{\frac{1}{3}}}{m_e} + \frac{12 \sqrt{2} \cdot k \cdot T \cdot (6 \cdot c^2 \cdot m_e + k \cdot T)}{m_e \cdot \left( k \cdot T \left( 2 \cdot T^2 \cdot k - 9 \cdot T \cdot c^2 \cdot k \cdot m_e + 3 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot T \cdot k \cdot (32 \cdot c^4 \cdot m_e^2 + 13 \cdot T \cdot c^2 \cdot k \cdot m_e + 4 \cdot T^2 \cdot k^2)}{m_e}} \cdot m_e \right) \right)}} - \frac{24 \cdot T \cdot k}{m_e}}$$

(3)

Моделирование скорости по соотношению (3) и по классической формуле:

$$E_e = \frac{m \cdot v^2}{2}, \quad (4)$$

позволяет выявить существенную разницу на различных интервалах температур, а соответственно энергий рис. 1.



**Рис. 1. График зависимости скорости электрона от температуры газовой среды для релятивистского случая (1) и классического случая (2)**

В результате моделирования скорости по классической формуле движения электрона при больших значениях энергий, а в нашем случае температур, скорость может превысить скорость света, что явно ограничивает область применения формулы (4). С другой стороны, применение соотношения (3), хотя и учитывает релятивистское движение электрона, но сравнение с экспериментальными данными проведенными Бертоцци [2] также дает большие расхождения. Анализ физических процессов дает предпосылки по включению зависимости массы электрона от скорости, а также энергии от массы.

### Библиографический список

1. Купер, Л. Физика для всех. Введение в сущность и структуру физики. Т.2. Современная физика / Л. Купер ; пер. с англ. под ред. Ю. А. Кравцова. – М. : Мир, 1974. – 384 с.
2. Bertozzi, W. Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons / W. Bertozzi, // American Journal of Physics. – 1964. – V. 32. – P. 551 – 555

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛЭП 10 кВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Р. П. Беликов, Т. В. Енина, М. А. Тарасов, М. А. Больших*

*Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина,  
Орел, Россия*

Надежность электроснабжения потребителей обеспечивается надежной работой электрических линий. От их состояния и качества эксплуатации зависит количество отключений. Анализ состояния и аварийности ЛЭП по Орловской области включает: анализ протяженности линий, технического состояния ЛЭП 10 кВ, показателей аварийности линий, рассмотрение основных причин аварийности линий. Эти показатели характеризуют динамику изменения состояния ЛЭП и позволяют производить прогноз аварийности в них [1 – 3].

ЛЭП 10 кВ в электрических сетях Орловской области на сегодняшний день выполнены в основной массе проводом марки АС – 35. Сечение данного провода на две ступени ниже рекомендованного в настоящее время для магистральных участков по условию обеспечения механической прочности. Уже это обстоятельство является одной из причин повышенной повреждаемости линий [4].

Другая причина связана с тем, что основная часть ЛЭП 10 кВ (60%) была построена в 70-х, срок их эксплуатации превышает нормативный. Линии, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, демонтируют, при этом ввод новых линий производится в недостаточном объеме, что приводит к сокращению общей протяженности электрических сетей. За приведенные 5 лет она уменьшилась на 570,1 км (на 4,13% от протяженности 2015 года), т.е. в среднем на 142,5 км в год (0,8%) В то же время протяженность отдельных ВЛ гораздо выше рекомендованной и во многих случаях составляет более 25 км, а иногда и более 50 км. Это так же влияет на количество отключений в линиях, поскольку снижает их надежность и качество эксплуатации. Обеспечить же требуемый уровень напряжения у потребителя при такой длине линии и сечении провода практически невозможно [5].

В процентном выражении протяженность линий менее 25 км составляет около 75%, от 25 км до 50 км – 21...22%, более 50 км – 2,4%.

Анализ количества отключений показывает, что этот показатель с каждым годом растет как за счет увеличения числа плановых, так и аварийных отключений.

За 5 лет число плановых отключений возросло на 284 отключения, а аварийных – на 492. И если в 2015 году аварийные отключения составляли 67,4% от числа плановых отключений, то в 2019 году – 81,1%. Плановые отключения связаны с проведением ремонтных работ (и количество ремонтов возросло, следовательно, есть в том необходимость). В то же время растет число

аварийных (не запланированных) отключений, значит, требуется определенное время для выяснения причины, отыскания и устранения повреждения (в том случае, если отключение не устранилось от АПВ или от руки), значит, увеличивается продолжительность перерывов в электроснабжении и растет недоотпуск электроэнергии потребителям [1, 6].

### **Библиографический список**

1. Сорокин, Н. С. Анализ причин аварийных отключений в электрических сетях 6 – 10 кВ филиала ПАО «МРСК Центра»–«Орелэнерго» / Н. С. Сорокин // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2018. – № 4(20). – С. 56 – 58.

2. Improvement of power supply reliability by means of remote control of the automatic repeated switching-on of sectionalizing circuit-breakers / I. Fomin, R. Belikov, V. Zelyukin, E. V. Mikhailova // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. – 2019. – С. 01042.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Т. И. Чернышова, П. А. Карелин*

*Тамбовский государственный технический университет*

*(e-mail: pavel.karelin.74@yandex.ru)*

В современных условиях в практике производственного эксперимента все больше распространение находят информационно-измерительные системы (ИИС), характеризующиеся сложностью и ответственностью выполняемых функций. Требования к корректности и точности проводимых с применением таких систем измерений неразрывно связано с требованием обеспечения их метрологической надежности (МН). Как известно, МН ИИС определяется характером и темпом изменения метрологических характеристик (как правило, погрешностей) блоков, входящих в структуру измерительного канала (ИК) ИИС.

МН ИИС закладывается при проектировании системы и составляющих ее блоков. Оперативная оценка МН ИИС и ее блоков позволяет уже на начальной стадии проектирования дать вероятностную оценку метрологического ресурса как основного показателя МН, а также при необходимости принять меры по повышению МН и определить мероприятия по метрологическому обслуживанию составляющих блоков и ИИС в целом в процессе предстоящей эксплуатации.

Решение таких задач эффективно может быть реализовано с применением информационных технологий на этапе проектирования как отдельных структурных составляющих, так и ИИС в целом.

Разработана информационная технология (ИТ) оценки и прогнозирования МН ИИС, использующая метод аналитико-вероятностного прогнозирования, основу которого составляет математическое моделирование.

ИТ последовательно проводит:

- математическое моделирование процесса функционирования проектируемого блока;
- математическое моделирование исследуемой метрологической характеристики;
- статистическое моделирование, заключающееся в последовательном расчете характеристик закона распределения значений параметров блоков и моделировании их в различных временных сечениях области предстоящей эксплуатации;
- выбор оптимального математического описания (математической модели) процессов изменения во времени метрологических характеристик (МХ) блоков с представлением соответствующих графических зависимостей, исходя из предполагаемого вида математических моделей изменения во времени МХ: экспоненциальных, логарифмических, авторегрессионных, рациональных.

Экстраполяция построенных ММ изменения во времени МХ на область будущих значений времени эксплуатации позволяет дать вероятностную оценку МН блоков ИК и ИИС в целом.

Кроме того, разработанная ИТ проводит расчет величины межповерочных интервалов и позволяет выработать рекомендации по метрологическому обслуживанию ИИС в процессе эксплуатации, определить регламент проведения измерений при метрологических поверках.

Проведенная экспериментальная проверка применения разработанной ИТ показала, что ее использование в практике проектирования ИИС позволяет сократить время решений по оценке МН более чем в 20 раз.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т. И. Математическое моделирование метрологических характеристик при оценке метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, М. А. Каменская // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 180 – 189.

## Секция 2

# ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

---

## МИНИМИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УБЫТКОВ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*В. А. Фролин, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: v.frolin@mail.ru)*

Недавние разработки в технологиях распределенной генерации (DG) начали менять форму традиционного производства и распределения электроэнергии. Генеральный директор подразделяется на возобновляемые источники энергии и источники энергии на основе ископаемого топлива. Возобновляемые источники энергии включают солнечные фотоэлектрические установки, ветряные турбины, производство биомассы и микрогидрогенераторы. За последнее десятилетие мощность генерального директора во всем мире значительно выросла. Глобальные инвестиции в технологии генерального директора увеличились с 30 до 150 миллиардов долларов.

Традиционное производство электроэнергии ограничено централизованной системой производства электроэнергии. Эти системы состоят из нескольких крупных энергоблоков, подключенных к передающим и распределительным сетям. Эти сети поставляют электроэнергию промышленным предприятиям, а также коммерческим и отечественным потребителям. В централизованной системе вырабатывается большое количество энергии, и поток энергии является однонаправленным. Однако для системы малые генерирующие установки напрямую подключены к распределительной сети. Эти блоки DG варьируются от нескольких мегаватт до малых киловатт; следовательно, достигается двунаправленный поток энергии.

Эти централизованные производства электроэнергии обычно основаны на ископаемом топливе. Производство электроэнергии является одним из основных источников парниковых газов. В этом секторе CO<sub>2</sub> считается основным источником парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу, в то время как метан и закись азота являются другими источниками выбросов. Эти газы вызывают изменение климата, удерживая тепло внутри нашей атмосферы. Это повышение глобальной температуры приводит к экстремальным погодным условиям, повышению уровня моря, засухам и увеличению лесных пожаров. Поскольку электричество является основой любой растущей экономики,

потребление и спрос на энергию будут быстро расти. Перед коммунальными предприятиями стоит задача обеспечить надежное и безопасное электроснабжение всех клиентов в своих сетях.

Было проведено несколько исследований для достижения оптимального расположения и размера PV-DG. Для этого процесса использовались разные методологии, и он основан на традиционных методах или метаэвристических алгоритмах. Обычные методы включают аналитический анализ, исчерпывающий анализ и вероятностные методы, тогда как метаэвристические алгоритмы включают оптимизацию колоний, генетический алгоритм (GA) и оптимизацию роя частиц.

Стабильность сети можно оценить по показателям стабильности сетевого напряжения. Шунтирующая проводимость для этих представлений игнорируется, поскольку все линии сети моделируются на длину 1 км. Следовательно, значением полной проводимости шунта можно пренебречь. Все линейные VSI выведены на основе характеристик коллапса напряжения. Основное различие между каждой линейной VSI – это ее чувствительность. Например, FVSI учитывает только передачу реактивной мощности, тогда как LQP учитывает передачу как активной, так и реактивной мощности.

### **Библиографический список**

1. Мусирин, И. Новый индекс стабильности быстрого напряжения (FVSI) для анализа стабильности напряжения в системе передачи энергии / И. Мусирин, Т. К. Абдул Рахман // Конф. Res. Dev. Glob. Res. Dev. Электр. Электрон. Англ. Очки за 2002. – 2002.
2. Садегиан, Х. Оптимизированная солнечная фотоэлектрическая генерация в реальной локальной распределительной сети / Х. Садегиан, М. Х. Атари, З. Ван // IEEE Power Energ. Soc. Иннов. Smart Grid Technol. Конф. ISGT. – 2017.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «SMART GRID» В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

***А. Ю. Кудинов, А. А. Терехова, Кочетков Н.С.***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: kudinov2.000@list.ru)*

Одним из глобальных направлений совершенствования в энергетике стало внедрение технологии «Smart Grid».

Основная идея технологии «Smart Grid» состоит в том, чтобы сделать генерацию, передачу и распределение энергии более «интеллектуальными», обеспечить сети усовершенствованными средствами диагностики, алгоритмами, современными электронными системами управления, новейшими ограничи-

телями токов короткого замыкания, сверхпроводящими линиями и другими новейшими средствами.

Объединив все признаки, можно сказать, что технология «Smart Grid» – это система передачи электроэнергии от производителя к потребителю, которая автономно контролирует и распределяет потоки электроэнергии для достижения максимальной энергоэффективности.

Под эффективностью подразумевается:

- децентрализация функции генерации и управления потоками электроэнергии и информации в энергосистеме;
- снижение затрат на генерацию, распределение и передачу электроэнергии;
- снижение аварийных ситуаций, а в случае их возникновения быстрое устранение неисправностей;
- повышение надежности энергосистемы;
- способность передавать электроэнергию и информацию в двух направлениях, что является важным условием для более интенсивного развития распределенной и возобновляемой энергетики.

В умных сетях применяются самые передовые информационные и коммуникационные технологии, состоящие из следующих элементов:

1. Smart Sensons and Devices – интеллектуальные датчики и устройства для распределительных и магистральных сетей;
2. IT Hardware and Software – IT-решения, которые используются в основном в распределительных и магистральных сетях;
3. Smart Grid Integrated Communications – интегрированные системы контроля и управления – совокупные решения в области автоматизации; некоторый аналог известных систем ERP в пределах предприятия;
4. Smart Metering Hardware and Software – интеллектуальные счетчики в форме ПАС.

Основные преимущества умных сетей перед традиционными сетями:

- активная двунаправленная коммуникационная схема обмена информацией в режиме реального времени между всеми элементами и участниками сети, от генераторов электроэнергии (как централизованных, так и автономных) до конечных устройств потребителей электроэнергии.
- обеспечение практически бесперебойного, контролируемого баланса между спросом и предложением электрической энергии. Для этого элементы энергосистемы должны постоянно обмениваться между собой информацией о параметрах электрической энергии, режимах потребления и генерации,

количестве потребленной и планируемой к потреблению энергии, а также коммерческой информацией, что сократит потери всех классов напряжения более чем на 30%, уменьшая потребность в новых мощностях;

– интеллектуальная сеть способна эффективно защищать и самовосстанавливаться после крупных сбоев, стихийных бедствий и внешних угроз.

– возможность снизить объем капиталовложений в развитие распределительных и магистральных сетей за счет увеличения их пропускной способности, снизить капиталовложения в строительство новых объектов, что с точки зрения экономики способствует появлению новых рынков и услуг;

– применение не только в зданиях или предприятиях, но даже и в электроприборах, в том числе и бытовых.

### **Библиографический список**

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

2. Применение цифровых технологий в электроэнергетике / Ж. А. Зарандия, А. Г. Ручьев, Р. А. Дадонов, А. О. Захаров // Цифровая трансформация в энергетике : Материалы Всероссийской научной конференции, Тамбов, 17–18 декабря 2019 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2020. – С. 85 – 88.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

*М. А. Каменская<sup>1</sup>, Т. И. Чернышова<sup>1</sup>, С. В. Артемова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет,*

*<sup>2</sup>Российский технологический университет МИРЭА*

Усложнение измерительной аппаратуры, повышенные требования к точности и все возрастающая роль измерительных средств (ИС), выдвигают на первый план задачу обеспечения метрологической надежности (МН), определяемую характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик (МХ) проектируемых и эксплуатационных ИС.

Существуют два основных подхода к проблеме оценки и прогнозирования МН ИС. Первый подход заключается в проведении длительных испытаний ИС на стабильность, причем срок проведения испытаний должен совпадать с длительностью эксплуатации данного ИС. Это обстоятельство приводит к тому, что стоимость испытаний возрастает и сроки, отводимые на проектирование ИС значительно меньше в сравнении с временем для проведения испытаний. В основе второго подхода лежит технология цифровых двойников, основанная на математическом моделировании нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик, исследуемых ИС с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования [1]. Применение такого подхода позволяет оценить и прогнозировать МН ИС как на этапе проектирования, так и эксплуатации без проведения длительных экспериментов по определению долговременной стабильности МХ ИС.

Для реализации технологии цифровых двойников создана информационно-аналитическая система (ИАС), в которой реализованы методы оценки и повышения метрологической надежности различных ИС с учетом различных условий эксплуатации.

Представленная ИАС проводит построение математической модели функционирования исследуемого блока с учетом внешних дестабилизирующих факторов.

Далее формируется математическая модель метрологической характеристики (МХ) АБ:

$$S = f(x, \vec{\xi}, T, F, P, E, t). \quad (1)$$

где  $S$  – МХ АБ;  $x$  – входной параметр;  $\vec{\xi}$  – вектор параметров комплектующих элементов;  $t$  – время эксплуатации.

Информационно-аналитическая система использует математическую модель вида (1) для проведения процедуры статистического моделирования, заключающейся в последовательном расчете характеристик закона распределения значений параметров аналоговых блоков и моделировании МХ ИС в различных временных сечениях.

Точность и достоверность результатов прогноза определяются адекватностью принятой математической модели МХ. Как правило, наиболее приемлемыми являются нелинейные математические модели процессов изменения во времени МХ: экспоненциальные, логарифмические, полиномиальные, рациональные, авторегрессионные. Полученные сведения о МН могут быть использованы при организации метрологического обеспечения ИС. Рассматриваемая ИАС позволяет обоснованно выбирать величину МПИ.

Таким образом, на основании технологии цифровых двойников проводится оценка метрологической надежности ИС, а также даются рекомендации по метрологическому обслуживанию ИС.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т. И. Методы и информационно- измерительные системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий : монография / Т. И. Чернышова, В. Н. Чернышов. – СПб. : Экспертные решения, 2016. – 384 с.

2. Оперативное планирование и управление сложными объектами / Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова, И. А. Канавалов, С. Н. А. Аль-Кнфер // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020 : сб. тр. III Междунар. науч.-техн. форума : в 10 т., Рязань, 04 – 06 марта 2020 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, изд-во «BookJet», 2020. – С. 162 – 166.

## **АНАЛИЗ ДАННЫХ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА**

***Ю. А. Козлова, А. А. Терехова, О. В. Тормасин***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: Lulik93@mail.ru)*

Энергия – это основа современного общества. Электромагнитный генератор был доминирующей технологией для получения коммерческой энергии с момента первого открытия явления электромагнитной индукции [1]. Электричество способствовало всемирному экономическому развитию и изменило мир. Однако крайне необходимо найти новые источники энергии в качестве альтернативы ископаемому топливу в связи с нехваткой энергии, увеличением загрязнения окружающей среды и истощением запасов ископаемого топлива. В последнее время трибоэлектрический наногенератор привлекает все больше внимания благодаря своему легкому весу, низкой стоимости и экологичности. В отличие от электромагнитного генератора, трибоэлектрический наногенератор основан на сочетании эффекта электризации контакта и электростатической индукции для преобразования окружающей механической энергии в электричество.

Более того, фундаментальная теория трибоэлектрического наногенератора исходит из уравнений Максвелла, которые входят в топ-10 наиболее важных уравнений для физики. Ток смещения представляет собой изменяющееся во времени электрическое поле (вакуум или среда), плюс вклад от небольшого движения заряда, связанного в атомах, диэлектрической поляризации в материалах, которая отличается от тока проводимости в зависимости от движущихся свободных зарядов [2].

В последнее время беспроводная передача энергии с помощью тока смещения Максвелла от трибоэлектрического наногенератора может открыть новые пути для разработки новых технологий, особенно для имплантируемых медицинских устройств и сенсорной сети, благодаря ее гибкости, адаптации, удобству и безопасности.

В данной статье исследуются характеристики распространения беспроводной передачи энергии, которые основаны на токе смещения от сферического высокочастотного электрического поля. Анализ дополнительной литературы показал, что сферические поверхности с одинаковым радиусом от центра имеют одинаковое значение напряженности электрического поля. Когда приемник имеет большую площадь или рабочую нагрузку, выход имеет более высокое значение, которое зависит от напряженности электрического поля. Однако ток практически не меняется при последовательном увеличении выходной мощности ниже 15 КОм сопротивления нагрузки, что может иметь потенциальное применение для датчиков. Кроме того, схема приемника беспроводной энергии соответствует традиционной регулярности последовательной и параллельной схем. Основываясь на этом, можно предполагать, что источником электрического поля является резервуар, а поток воды аналогичен току [3]. Это предположение подходит для изучения характеристик распространения. Это новое открытие может также предложить новое направление исследований беспроводной передачи энергии, основанное на электрическом поле смещения Максвелла.

Как правило, известно, что металлические провода являются основной средой передачи энергии. Однако с развитием и совершенствованием технологии в последние годы технология беспроводной передачи энергии вызывает все большее беспокойство из-за ее преимуществ высокой гибкости, адаптации, удобства и безопасности для зарядки портативной электроники и устройств для Интернета вещей.

В настоящее время беспроводная передача в основном включает электромагнитную индукцию, магнитный резонанс и радиоволну, которая в основном зависит от электромагнитного генератора, основанной на потоке

свободных электронов в металлической катушке, управляемом силой Лоренца. Как новый сборщик энергии окружающей среды, трибоэлектрический наногенератор, основанный на токе смещения Максвелла, также был разработан для беспроводной доставки энергии. Эти исследования показывают применение беспроводной передачи энергии трибоэлектрического наногенератора в областях портативной и носимой электроники.

Проанализировав все данные есть надежда, что это исследование может быть полезно для смежных исследований в этой области.

### **Библиографический список**

1. Ларионов, Д. В. Беспроводная передача энергии / Д. В. Ларионов // Молодой ученый. – 2018. – № 44(230). С. 39 – 41.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика Т. 8: Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1992. – 664 с.
3. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 393 с.

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ И УСТАНОВКАХ**

*И. А. Сапрыкин, Ю. Д. Гусева*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: rebellesanima@yandex.ru)*

В настоящее время в электроэнергетической отрасли стоит вопрос автоматизации различных технологических процессов с целью повышения эффективности и исключения человеческого фактора. ПИД-регуляторы применяются в качестве одного из элементов автоматизации и решают эту проблему.

ПИД-регулятор – устройство, с обратной связью, применяемое в автоматических системах управления для поддержания заданного значения параметра.

Пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы обладают достоинствами всех простейших законов автоматического регулирования, а именно:

- высокое быстродействие, которое достигается благодаря пропорциональной составляющей;
- высокую точность обеспечивает интегральная составляющая;

– малого времени переходного процесса помогает добиться дифференциальная составляющая.

Управляющий сигнал ПИД-регулятора получается в результате сложения трех составляющих: первая пропорциональна величине сигнала рассогласования, вторая – интегралу сигнала рассогласования, третья – его производной.

ПИД-регулятор является готовым устройством, которое позволит реализовать программный алгоритм управления тем или иным оборудованием автоматизированной системы.

ПИД-регулятор осуществляет непрерывную точную регулировку выходных параметров, а входными параметрами являются данные, получаемые от различных датчиков (давления, температуры, освещенности). Его цель – достигнуть установленной пользователем величины влажности.

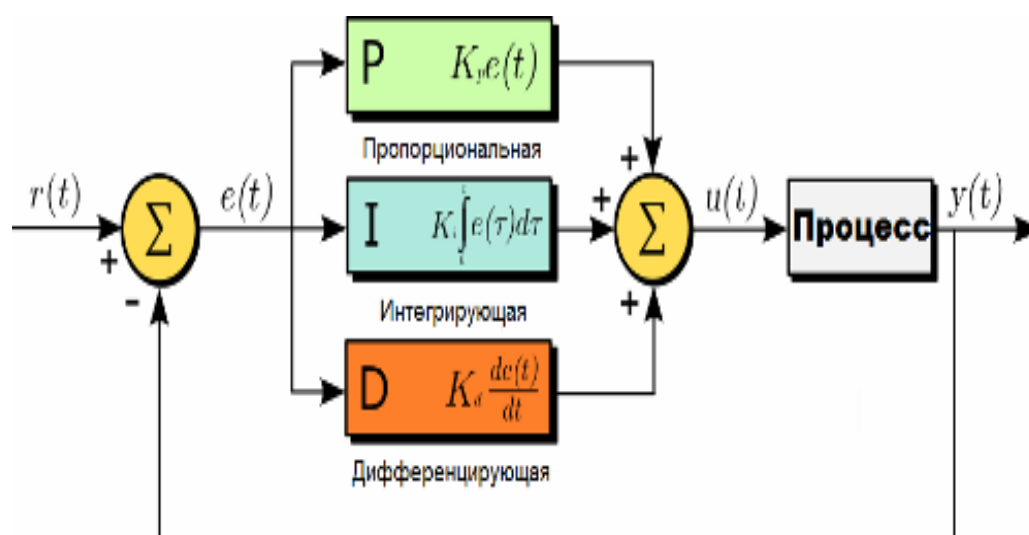


Рис. 1. Схема устройства ПИД-регулятора

ПИД-регулятор применяется везде, где нужно в автоматическом режиме поддерживать какой-либо параметр на заданном уровне. Регулятор может осуществлять поддержание различных физических величин: температура, давление, влажность, освещенность, уровень и т.д.). ПИД-регулятор может быть использован для контроля установленных оборотов электродвигателя, поддержания заданного уровня освещенности рабочего пространства предприятия, поддержания требуемого уровня температуры для нормальной работы электроустановки, поддержание требуемых параметров на складах для хранения электроэнергетического оборудования, таких как влажность и температура.

Повсеместное применение ПИД-регуляторов позволит сделать огромную часть электроэнергетической отрасли автоматической, исключить человеческий фактор в различных процессах и упростить мониторинг их протекания.

## Библиографический список

1. Оневский, П. М. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / П. М. Оневский, В. А. Погонин, С. А. Сворцов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 216 с.
2. Оперативное планирование и управление сложными объектами / Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова, И. А. Канавалов, С. Н. А. Аль-Кнфер // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020 : сб. тр. III Междунар. науч.-техн. форума: в 10 т., Рязань, 04 – 06 марта 2020 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, изд-во «BookJet», 2020. – С. 162 – 166.

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ДЛЯ ЛИНИИ С НЕСКОЛЬКИМИ ОТВЕТВЛЕНИЯМИ**

*Е. А. Семьянинова, И. Э. Родионова, С. Ю. Попов, М. А. Каменская*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: setyaninova2000@mail.ru)*

Дистанционная защита традиционно используется на линиях электропередачи (ЛЭП) 110...220 кВ с двухсторонним питанием в качестве резервной. Установка такой защиты часто затрудняет обеспечение дальнего резервирования, главным образом при коротких замыканиях на стороне низшего напряжения (НН) резервируемых трансформаторов ответвлений и смежных подстанций. В виду этого существует необходимость повышения эффективности дистанционной защиты дальнего резервирования для ЛЭП с несколькими ответвлениями.

Дальнее резервирование довольно широко используется в энергетической области, где необходимо быстрое отключение поврежденных объектов на линии.

На каждой ветви линии установлены и используются трансформаторы разной мощности. Однако нормальная работа дальнего резервирования не может быть установлена из-за недостаточной чувствительности защиты от межфазных коротких замыканий (КЗ), возникающих на стороне НН ответвительных подстанций, работающих с трансформаторами малой мощности. Именно малая мощность трансформаторов не позволяет справляться с нагрузкой линии.

Дальнее резервирование на линиях с ответвлениями разной мощности следует разработать и обеспечить дистанционной резервной защитой.

Для срабатывания и успешной работы дистанционной защиты ЛЭП 110...220 кВ с двумя ответвлениями следует использовать некоторые типы измерительных органов сопротивления (ИОС).

Сопротивления будут измеряться для двух симметричных режимов КЗ: трехфазного КЗ и режима нагрузки. На вычисления ИОС влияют переходное сопротивление в месте КЗ и трансформаторов и нагрузка эквивалентного ответвления. Напротив, соотношения углов и мощностей ЭДС систем питания, а также соотношения сопротивлений участков линий и систем не позволяют различить режимы КЗ и без него в полной мере и влияют только на сам режим КЗ.

Распознавание режимов КЗ и без КЗ зависит от двух критериев: различие между областями режимов по углу и по величине сопротивления.

Упрощения применения защиты можно также добиться путем моделирования участков энергосистемы, что помогает выявлять нарушения в работе, отслеживая токи и напряжения в ответвлениях.

Если учесть все вышеперечисленное, то защита будет распознавать нарушения в работе линии и, вследствие этого, функционировать наиболее эффективно.

### **Библиографический список**

1. Колесов, Л. М. Реализация дистанционной защиты дальнего резервирования, использующей токи питающих сторон, для линии с несколькими ответвлениями / Л. М. Колесов, В. В. Можжухина // Вестник ИГЭУ. – 2019. – № 6. – С. 49 – 59.

2. Пустовалов, Д. В. Повышение энергоэффективности работы трансформаторов / Д. В. Пустовалов, А. А. Похунков, А. В. Кобелев // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : тез. докл. 3 Междунар. конф. с элементами научной школы, Тамбов, 25 – 27 апреля 2016 года. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. – С. 255 – 256.

### **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЕ СЕТИ» В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ**

*Е. А. Семьянинова, И. Э. Родионова, Н. Г. Семенов, М. А. Каменская*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [setyaninova2000@mail.ru](mailto:setyaninova2000@mail.ru))*

Умный город – сложная система информационно-коммуникационных технологий, которые должны обеспечить энергоэффективность городских объектов.

Энергетическая инфраструктура выделяется как один из ключевых компонентов умного города, играя главную роль в улучшении целей устойчивого развития города и обеспечении более чистой окружающей среды для его жителей.

Обслуживание умного города требует надежного энергоснабжения и интеграции с компонентами умных сетей, которые эксплуатируются коммунальными предприятиями, чтобы осуществить устойчивую трансформацию в городской среде.

Основные элементы – интеграция распределенной генерации, систем хранения энергии, электромобилей и систем интеллектуального освещения. Сквозной характер интеллектуальных сетей и компонентов умных городов будет участвовать в формировании будущего городской жизни.

Применение «умных сетей» способствует повышению уровня качества и бесперебойности электроэнергии, оптимизации эксплуатационных расходов и улучшению финансовых показателей обслуживающей организации. Благодаря такой концепции потребители смогут пользоваться качественной электроэнергией, а организации – повысить удобство в своей работе.

Можно выявить три актуальных направления в реализации «умных сетей»:

- измерительные приборы и устройства (например, «умные» счетчики и «умные» датчики);
- интегрированная среда разработки и методы поддержки принятия решений, контролирование спроса на электроэнергию, распределенные автоматические системы мониторинга текущего контроля за производством и новые методы планирования и проектирования как развития, так и функционирования энергосистемы и ее элементов;
- интегрированные средства коммуникации.

Более того, можно выделить ключевые цели развития концепции «умные сети» для энергокомпаний:

- понижение потерь энергоресурсов;
- возможность уравнивания электрической нагрузки в разное время суток;
- увеличение производительности управления активами энергокомпаний;
- улучшение качества введения объектов возобновляемой и распределенной генерации в энергосистему;
- повышение надежности функционирования энергосистемы в случае возникновения аварийных ситуаций.

### **Библиографический список**

1. Терехова, А. А. Повышение эффективности работы электроэнергетических систем за счет внедрения цифровых технологий / А. А. Терехова, И. А. Дьяков, А. И. Дьяков // Энергосбережение и эффективность в технических системах :

материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Тамбов, 03 – 05 июня 2019 года. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2019. – С. 268–269.

2. Интеллектуализация синтеза решения задач управления энергоемкими объектами / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская и др. // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 07 – 09 июня 2016 года. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2016. – С. 153 – 157.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB SIMULINK**

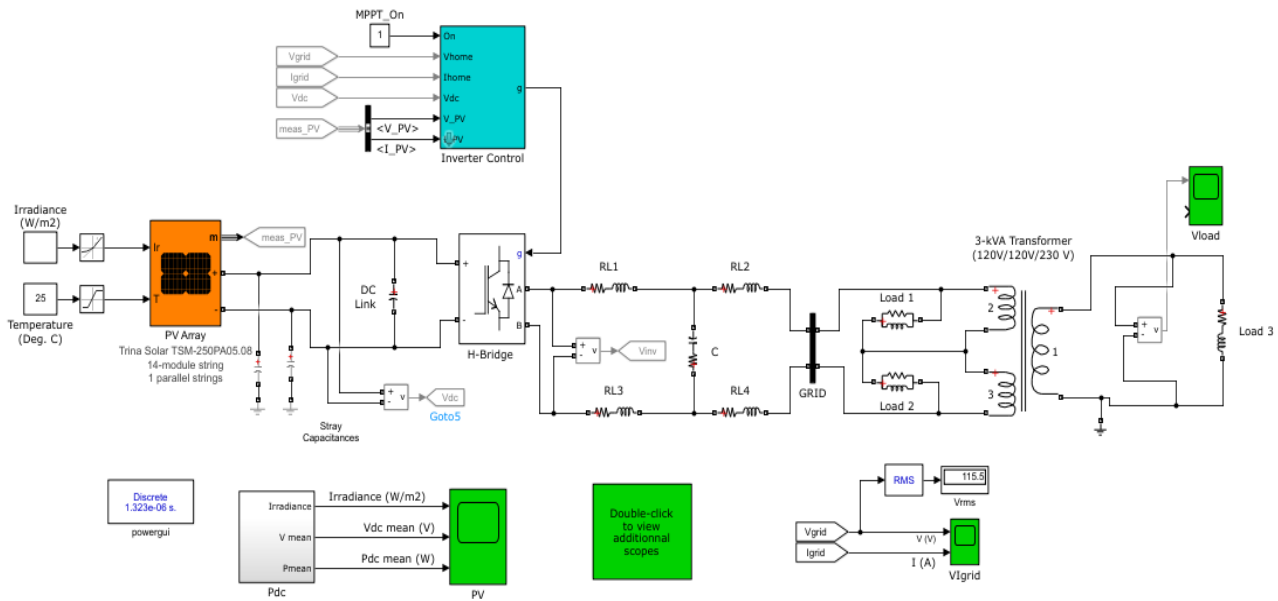
*В. Т. Сидорова, А. Н. Павлов, Р. П. Шариков*

*Марийский государственный университет,  
Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия  
(e-mail: veranig@yandex.ru)*

В настоящее время в России идет ускоренное распространение транспорта на электрической тяге. Этому способствует постоянное удорожание бензина, и выпуск автопроизводителями обновленных электромобилей с улучшенными показателями по стоимости, емкости батарей, скорости их заряда и др. Тормозящим фактором в распространении электромобилей является невозможность их зарядки (или быстрой зарядки) от электрической сети 220 В. Особенно это касается жителей многоквартирных домов, у которых нет никаких условий для зарядки. Одним из решений являются зарядные станции для электромобилей на специальных парковках. Автомобилист сможет оставить свой автомобиль недалеко от работы на такой станции и зарядить его. Например, станции зарядки есть в Санкт-Петербурге. По карте можно легко найти удобную для зарядки станцию. При установке таких станций повсеместно может возникнуть проблема с перегрузкой некоторых линий и в целом сети во время зарядки нескольких электромобилей [1, 2]. Поэтому в данной работе моделируется работа фотоэлектрической системы для зарядки электромобилей, с возможностью ее интеграции в сеть.

Для моделирования такой системы была выбрана программа MATLAB с пакетом Simulink. При моделировании солнечных панелей использовался готовый блок PV Array. Были использованы технические характеристики

поликристаллической солнечной панели Trina Solar TSM-250PA05.08 250 Вт 24 В [3, 4]. Модель фотоэлектрической системы включает следующие основные элементы: солнечная батарея, инвертор с MPPT контроллером и трансформатор с RL нагрузкой. Исследуемая модель системы представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Модель фотоэлектрической системы в среде MATLAB Simulink**

Солнечная батарея состоит из 14 фотоэлектрических модулей с номинальной мощностью 250 Вт и номинальным напряжением 25 В. При 25 °С и при солнечной освещенности 1000 Вт/м<sup>2</sup> модули могут производить 3500 Вт. Полученные осциллограммы напряжений и токов согласуются с известными из литературы результатами.

Таким образом, исследована модель фотоэлектрической системы в среде MATLAB Simulink. Далее планируется подключение к системе аккумуляторной батареи с контроллером заряда-разряда и разработки программы управления системой для эффективной работы.

### Библиографический список

1. Volkov, S. RES-powered charging stations for electric vehicles / Volkov S., Sidorova V., Orlov A., Ostashenkov A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1047(1), 012182.
2. Sidorova, V. T. Determining Mains Connection Points Charging Stations on RES for Electric Vehicles// 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2021, pp. 85-89, doi: 10.1109/ICIEAM51226.2021.9446376.

## ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

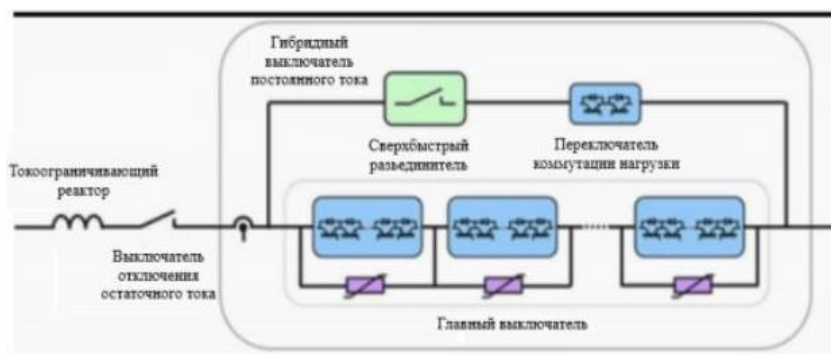
*А. Е. Кудрявцев, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: tembich@mail.ru)*

На данный момент времени все больший интерес вызывают системы постоянного тока, несмотря на используемое в быту переменное напряжение. Высоковольтная линия электропередачи постоянного тока достаточно перспективная тема для исследований за счет наличия преимуществ по сравнению с так называемой HVAC линией. Одно из основных преимуществ – это малые потери электрической энергии, которые могут возникнуть при ее транспортировке [1].

С появлением уникального гибридного выключателя HVDC благодаря компании ABB появилась возможность улучшить показатели надежности существующих сетей. Рассматриваемый выключатель состоит из механических компонентов высокой скорости с силовой электроникой. Данное оборудование позволяет отключать мощные энергетические потоки за время до пяти миллисекунд. HVDC значительно облегчает задачу передачи на дальние дистанции электрической энергии, получаемой от ГЭС, а также предоставляет возможность интеграции с ветровыми установками, расположенными в открытом море. Однако, низкое значение импеданса в сетях постоянного тока является проблематичным вопросом, когда происходит явление короткого замыкания, которое наносит в данном случае более губительное воздействие, обладая большей скоростью и глубиной повреждений. Решить данный вопрос помогает высоковольтный выключатель постоянного тока HVDC, являющийся достаточно надежным для того, чтобы предотвращать серьезные неисправности. Выключатель имеет дополнительную ветвь байпаса, который состоит из переключателя коммутации нагрузки с имеющейся основой на полупроводниковых элементах и достаточно быстродействующим разъединителем, реализованным последовательно.

Рассматриваемая технология подразумевает наличие нескольких секций, которые включают индивидуальные банки-разрядники, позволяющие выдерживать полную величину напряжения и отключать ток. Устранив неисправность, гибридное устройство HVDC начинает процесс устранения величины остаточного тока и изоляции неисправной линии. Данная процедура позволяет защитить выключатель от тепловой нагрузки (рис. 1).



**Рис. 1. Схема построения сети на основе гибридного высоковольтного выключателя**

В нормальном режиме определенная величина электрического тока будет протекать исключительно через байпас, значение тока в главном выключателе будет равняться нулю. Разъединитель срабатывает очень быстро после того, как возникла ошибка HVDC и коммутатор нагрузки произвел соответствующую коммутацию с главным высоковольтным выключателем постоянного тока [2].

Таким образом, гибридный высоковольтный выключатель постоянного тока способен довольно надежно и быстро отключать высокие значения токов, при этом рассматриваемое устройство позволяет избегать крупных потерь электрической энергии, возникаемых при транспортировке до потребляемой нагрузки.

### **Библиографический список**

1. Алексеева, С. Ф. Оценка экономической целесообразности перехода от традиционной HVAC к HVDC / С. Ф. Алексеева, К. Ю. Кутюмова // Инновационная наука. – 2017. – С. 144 – 146.
2. Умаров, В. О. Повышение надежности электрической сети с помощью гибридного выключателя HVDC / В. О. Умаров, В. И. Зацепина // Энергосбережение и эффективность в технических системах. – 2021. – С. 216 – 218.

## **КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ТЕРМИНАЛОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

*К. В. Седых, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

Для подробного рассмотрения кибербезопасности современных устройств релейной защиты и автоматики обратимся к интеллектуальному электронному устройству (ИЭУ), отвечающему всем современным требованиям к защитам,

а именно – REX640 производства ABB. REX640 – это функциональное универсальное устройство защиты и управления, предназначенное для применения в новейших системах распределения и генерации электроэнергии. Уникальная гибкость устройства обеспечена на протяжении всего срока эксплуатации устройства. Модульная структура аппаратных и программных компонентов позволяет проще адаптировать устройство к любым требованиям защиты, которые могут возникнуть на протяжении всего срока эксплуатации устройства и подстанции [1].

ИЭУ REX640 объединяет в себе функции управления такими объектами как выключатели, разъединители, заземлители, регуляторы напряжения трансформатора под нагрузкой (РПН), компенсаторы нейтрали (катушки Петерсена) при помощи локального ИЧМ (интерфейс человеко-машинный) либо средствами дистанционного управления. В состав устройства входят три блока управления выключателем. Кроме того, имеется 14 функциональных блоков управления разъединителем, предназначенных для управления моторизованными тележками разъединителей или выключателей, а также три функциональных блока управления моторизованным заземлителем [2].

Чтобы гарантировать безопасную работу функций защиты и управления, в устройстве реализованы меры по обеспечению информационной безопасности. Устройство обеспечивает эти меры за счет усиления защиты конфигурации, использования шифрования связи, регистрации событий системы защиты и контроля доступа пользователей.

Устройство поддерживает ролевую аутентификацию пользователей и авторизацию с использованием индивидуальных учетных записей пользователей, как определено в стандарте IEC 62351-8. Все действия пользователя регистрируются в журнале как события системы безопасности и сохраняются в энергонезависимой памяти, а также отсылаются в виде сообщений на сервер сетевых системных журналов (SysLog server). Для работы энергонезависимой памяти не требуется резервное питание от аккумулятора или регулярная замена компонентов. Шифрование связи при передаче файлов и использовании веб-ИЧМ защищают передаваемые данные. Кроме того, криптографическую защиту имеет канал связи между ИЭУ и программным инструментом конфигурирования устройства защиты и управления РСМ600.

РСМ600 – это программный инструмент конфигурирования интеллектуальных устройств защиты и управления. Благодаря тому, что РСМ600 соответствует всем требованиям стандарта МЭК 61850, а также благодаря многоуровневой модели представления данных, данный инструмент дает возможность осуществлять эффективный просмотр и обновление информации об энергосистеме.

Вернемся к безопасности работы функций защиты и управления рассматриваемого ИЭУ. Все его порты связи, расположенные на задней панели, могут активироваться в зависимости от требуемой настройки системы. Управление учетными записями пользователей может осуществляться системой РСМ600 либо централизованно. Централизованное управление учетными записями представляет собой инфраструктуру аутентификации, которая обеспечивает безопасное управление устройствами и другими системами на подстанции. Эта инфраструктура включает в себя управление учетными записями пользователей, роли и сертификаты и их распределение, и является полностью прозрачной для пользователя. Сервером для централизованной работы с учетными записями пользователей может быть, например, менеджер системных данных SDM600 или сервер Active Directory (AD), такой как Windows AD. Устройство полностью поддерживает инфраструктуру открытых ключей, как определено стандартом IEC 62351-9. С учетом этого пользователь может быть уверен, что сертификаты, используемые в шифрованной связи, получены от одобренного пользователем оператора и не являются самостоятельно сгенерированными сертификатами устройств.

Применение протокола IEC 61850 обеспечивает поддержку всех функций мониторинга и управления. Кроме того, по протоколу IEC 61850 есть возможность доступа к заданию уставок, записям аварийных осциллограмм и событий. Файлы осциллограмм в формате COMTRADE доступны любому Ethernet-приложению. Реле поддерживает рассылку событий одновременно пяти клиентам по станционной (системной) шине [3].

По проведенному анализу видно, что современные интеллектуальные устройства релейной защиты и автоматики имеют не только очень гибкую структура построения предусмотренных защит объектов, но и высокоорганизованную взаимосвязь протоколов передач данных, систем сбора и анализа данных, расширенных возможностей аутентификации пользователей. И эта взаимосвязь защищается современными стандартами шифрования, что обеспечивает высокий уровень кибербезопасности.

### **Библиографический список**

1. Шпиганович, А. Н. Проблемы и перспективы развития распределенной генерации / А. Н. Шпиганович, Э. А. Качура, Е. П. Зацепин // Вести высших учебных заведений Черноземья. – Липецк, 2011. – № 1(23). – С. 38 – 41.
2. Релейная защита в распределительных сетях 110/35/10 кВ в условиях цифровой трансформации электроэнергетических систем / А. В. Булычев, Д. С. Васильев, В. Н. Козлов, Д. Н. Силанов // Релейная защита и автоматизация. – 2019. – № 1. – С. 70 – 76.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*С. Р. Чекулдаева, В. И. Зацепина*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

*(e-mail: chekuldaeva\_sofia@mail.ru)*

С развитием промышленности неизбежно меняются и электроэнергетические системы предприятий, их структура постепенно становится все сложнее. Практически одинаковых систем электроснабжения (СЭС) не существует, даже при одинаковом технологическом процессе и однотипности предприятий наблюдаются расхождения. На это влияет множество факторов, таких как: температура, влажность, агрессивность и вредность среды, тип основных приемников электрической энергии и другие факторы [1]. Следует отметить, что абсолютно надежных систем не существует, даже самые современные СЭС, построенные с применением цифровых технологий, не обладают абсолютной надежностью, из этого следует необходимость в определении уровня надежности рассматриваемых систем.

Как было ранее отмечено, системы электроснабжения различны, различны и основные параметры, учитываемые при анализе их надежности. Основной проблемой при проведении анализа является нечеткая информация, неточности и неполнота исходных данных, что является отличительной особенностью реальных систем от математических. Для того чтобы приблизить неточности реального мира к точности классической математики, применима теория нечетких множеств [2]. Она была предложена американским математиком Лютфи Заде для исследования сложных систем в том случае, когда малоэффективным оказывался точный количественный анализ. Применение теории нечетких множеств позволяет значительно упростить решение задач с позиции принятия решения и получить более четкий и достоверный ответ на комплекс неопределенных параметров рассматриваемой системы [3].

Необходимо также выделить основные достоинства применения теории нечетких множеств в анализе сложных СЭС, такие как:

- возможность использования и управления нечеткими исходными данными, параметров СЭС, изменяющихся во времени;
- применение результатов экспертных оценок и опросов;

- получение более точных, качественных и достоверных оценок исходных данных и полученных результатов;
- возможность моделирования крупных сложных динамических систем и элементов, а также их анализ с целью сравнения параметров.

Но главным достоинством теории нечетких множеств является их применимость не только при анализе надежности, но и в решении большинства прикладных конкретных задач. Эта теория может использоваться при управлении режимами работы СЭС, для отслеживания состояния основного технологического оборудования, в системах обработки и защиты информации [2]. Также нечеткие множества широко применяются в релейной защите и автоматике, программировании электрических систем и аппаратов. При этом существуют методики анализа надежности, позволяющие применять данную теорию при реконструкции понижающей подстанции для оценки показателей надежности с помощью треугольных нечетких чисел в условиях неточности, неполноты входных данных [4]. Не менее важным является и возможность определения остаточного ресурса подстанции с применением теории нечетких множеств для обработки нечетких данных, полученных в результате полного обследования рассматриваемой подстанции [2].

### **Библиографический список**

1. Зацепин, Е. П. Основы оценки безотказности систем электроснабжения промышленных предприятий / Е. П. Зацепин, А. Н. Шпиганович, В. И. Зацепина. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2018. – 176 с.
2. Осокин, В. Л. Оценка надежности объектов электроэнергетики на основе теории нечетких множеств / В. Л. Осокин, Б. В. Папков // Актуальные проблемы электроэнергетики: сборник научно-технических статей, Нижний Новгород, 22 декабря 2017 года. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. – С. 154 – 159.

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Р. А. Стаценко, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: prod.god666@gmail.com)*

Важный критерий энергоэффективности – уровень потерь электроэнергии в сетях при передаче к потребителю. За последнее время произошло большое количество изменений в виденье энергоэффективного использования ресурсов, заставившее неоднократно пересматривать требования к объектам энергосетевого комплекса в целом. Процесс переработки ресурсов в электроэнергию является динамичным и подвергается различным воздействиям внешней среды [1]. Важные факторы, как равенство генерируемой и требуемой нагрузки; возникающие аварийные ситуации локального или глобального характера; сравнительно высокая скорость электромеханических переходных процессов, обуславливают постоянное усовершенствование средств автоматического управления на всех этапах развития. В современных реалиях на фоне стремительного развития технологий становится все более реальным создание автоматического комплекса управления производством, передачей и распределения электроэнергии.

За несколько лет количество упоминаний о необходимости правок в подходе к энергосбережению увеличилось в разы. Ярким примером является Постановление Правительства РФ от 31 марта 2021 г. № 501 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие энергетики"» [2]. Помимо дополнения позиций, касающихся задач подпрограммы, расширяет позиции, касающиеся целевых индикаторов и показателей подпрограммы. Одним из добавленных индикаторов является «уровень потерь электрической энергии в электрических сетях». Так же в экономических ожиданиях относительно снижения уровня потерь электрической энергии в электрических сетях по итогам 2024 года было обозначено значение в 9,8 процента, что меньше на 0,5 процента чем ожидаемое значение 2021 года. Исходя из данных правок можно судить, что Правительство РФ всерьез задумывается о модернизации энергосетевого комплекса для повышения экономии электроэнергии за счет сокращений потерь на разных уровнях напряжения.

Ранее в распоряжении Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.» [3]. Содержится информация об основных направлениях деятельности связанной с улучшения энергоэффективности энергосетевой отрасли, а также отражено состояние и планы развития энергетики Российской Федерации. В данном документе

отражены пункты, реализуя которые, возможно усовершенствовать системы усовершенствования программ развития электроэнергетики, а также способы усовершенствования механик определения спроса на электроэнергию используя данные о реализации инвестиционных проектов субъектами Российской Федерации; Улучшение рационального использования электрической энергии, а также системы оперативно-технологического управления в организациях, расположенных в субъектах Российской Федерации

Главенствующий показателем успешного решения задач, связанных с повышением эффективности комплекса в целом на основании двух рассмотренных документов отмечен уровень потерь энергии в сетях низкого и высокого уровня напряжения, который к 2035 году должен снизиться до 9,8%.

В результате анализа документов можно прийти к мнению, что тенденции развития энергоэффективности электросетевого комплекса Российской Федерации имеют правильные ориентиры и необходимо ответственно подойти к вопросу реализации всех предложений для получения требуемого результата.

### **Библиографический список**

1. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Актуальные вопросы ресурсосбережения // Экологические системы и приборы. 2016. № 9. С. 17 – 243.
2. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2021 г. № 501 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие энергетики» [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400443948/> (дата обращения: 18.10.2021).
3. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.» [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (дата обращения: 18.10.2021).

## **АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

***А. А. Терехова<sup>1</sup>, В. А. Кобелева<sup>2</sup>, Ю. Е. Жарков<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,*

*<sup>2</sup>Московский авиационный институт, Москва, Россия*

*(e-mail: [terehova.aa@mail.tstu.ru](mailto:terehova.aa@mail.tstu.ru))*

Функционирование технических систем, в том числе и систем электро-снабжения, сопровождается рисками возникновения и последующего развития нештатных ситуаций.

В системах электроснабжения особо опасными считаются случаи возникновения коротких замыканий различных типов. Возникновения предельных значений токов короткого замыканий путем термического воздействия может привести к выходу из строя оборудования и к, как следствие, необратимых последствий. Для обеспечения безопасного режима работы системы электроснабжения требуется оперативное выявление повреждения на участке цепи и его мгновенное отключение от неповрежденной цепи. Следует отметить, что процессы, протекающие в рамках электросети настолько быстротечны, что управление ими невозможно возложить на человека. В этих целях используются специализированные системы автоматизированного управления.

Различают четыре вида коротких замыканий в сетях, работающих с заземленной нейтралью: однофазное; двухфазное; двухфазное на землю; трехфазное.

Однофазное короткое замыкание, представленное на рис. 1, 2, может иметь место только в сетях с заземленной нейтралью, которые характерны для сетей напряжением 110 кВ и выше. Оно сопровождается снижением до нуля только одного фазного напряжения, что представляет наименьшую угрозу для электроэнергетической сети.

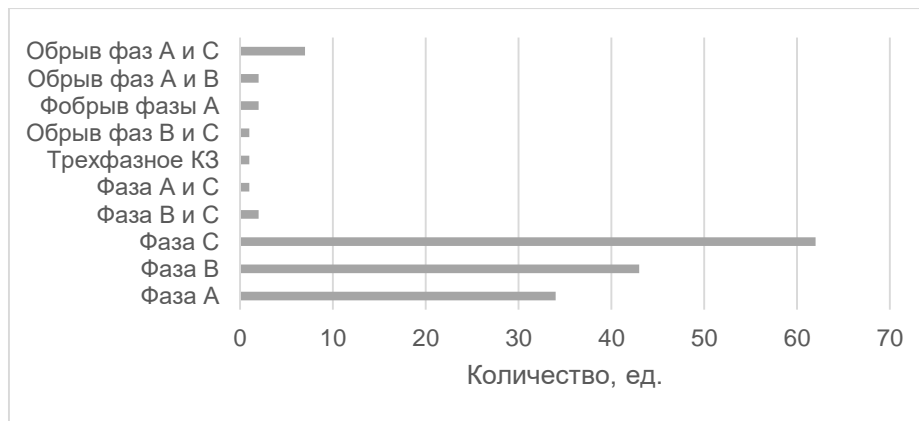
При двухфазном коротком замыкании токи и напряжения различных фаз не одинаковы. Межфазное напряжение в месте повреждения при этом равно нулю, а в неповрежденной фазе отсутствует ток.

Двухфазное короткое замыкание на землю более опасно, чем двухфазное короткое замыкание. Это объясняется более значительным снижением межфазных напряжений в месте короткого замыкания, так как одно межфазное напряжение уменьшается до нуля, а два других – до значения фазного напряжения неповрежденной фазы

Трехфазное короткое замыкание, схематично показанное на рис. 1, а, характеризуется равенством токов и напряжений во всех фазах. Такой вид повреждения представляет наибольшую опасность для работы энергосистемы с точки зрения устойчивости параллельной работы электростанций и узлов нагрузки.

На рисунке 1 приведена диаграмма классификации видов короткого замыкания и их соотношение со статистическими данными их возникновения в году на подстанциях 500 кВ.

Проведя анализ работы электроэнергетических сетей можно сделать вывод, что наиболее часто возникает однофазное КЗ, вероятность которого возрастает с увеличением напряжения сети. Данный факт связан с ростом расстояния между фазами. Вероятность возникновения КЗ определяется его видом, а также классом напряжения сети, в которой оно происходит. Кроме того, статистика показывает, что короткие замыкания происходят каждые 56 часов.



**Рис. 1. Классификация видов коротких замыканий**

Для своевременного предотвращения возникновения нежелательных последствий воздействия токов короткого замыкания на электрооборудование в электроэнергетических системах применяются специализированные устройства релейной защиты и автоматики. Они позволяют своевременно отключать поврежденный участок электрической цепи, локализовать место аварии и, тем самым, минимизировать технико-экономический ущерб.

### **Библиографический список**

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд.– Введ. 2011-07-01. – М. : НЦ ЭНАС, 2011.– 552 с.
2. Расчет токов коротких замыканий в энергосистемах : учебное пособие / С. А. Ерошенко, А. О. Егоров, М. Д. Сенюк и др. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 104 с.

## **АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОБЩЕЙ ДИНАМИКЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

***А. В. Кобелев<sup>1</sup>, В. А. Кобелева<sup>2</sup>, А. В. Остроухов<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,*

<sup>2</sup>*Московский авиационный институт, Москва, Россия*

*(e-mail: kobelev.av@mail.tstu.ru)*

Энергоэффективное освещение имеет многогранные современные проблемы, решение которых представляет широкий спектр их реализации. Множество фирм и организаций, занимаются энергоэффективным освещением в области светотехники, решая тем самым вопросы, связанные с энергосбережением.

И это направление актуально, поскольку дефицит энергии становится проблемой все большего числа российских городов.

В стране с 2006 г. (рис. 1) сохраняется тенденция в увеличении динамики потребления электроэнергии. Планы по введению новых генерирующих мощностей были пересмотрены, и было принято решение о введении новых энергетических мощностей. Как видно (рис. 2) потребление электроэнергии возрастает в те месяцы, когда дневная световая активность уменьшается. Возникает весьма актуальный вопрос: где найти золотую середину – наращивая генерирующие мощности или снижать потребления электроэнергии без ухудшения качества освещения.

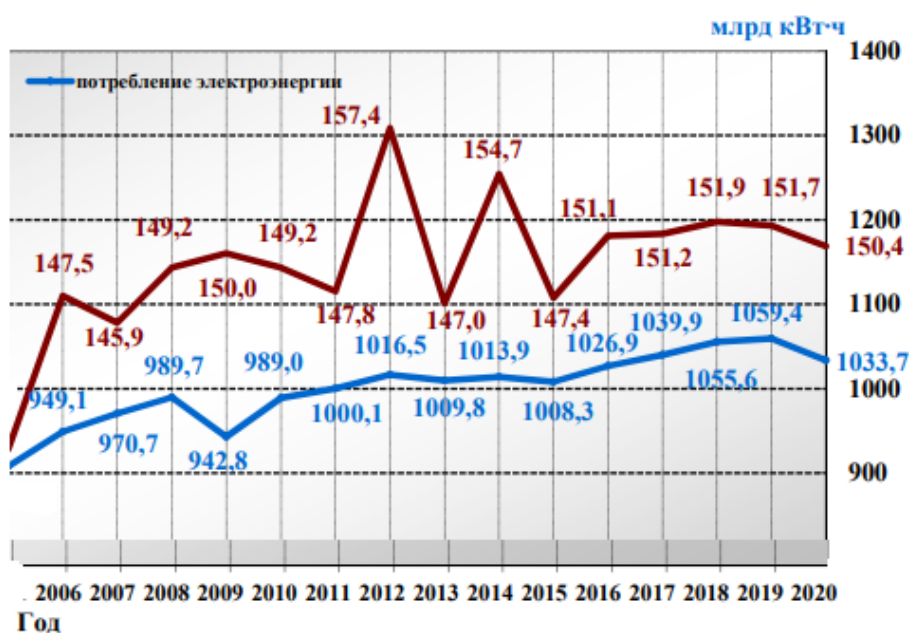


Рис. 1. Динамика изменения потребления электроэнергии в России

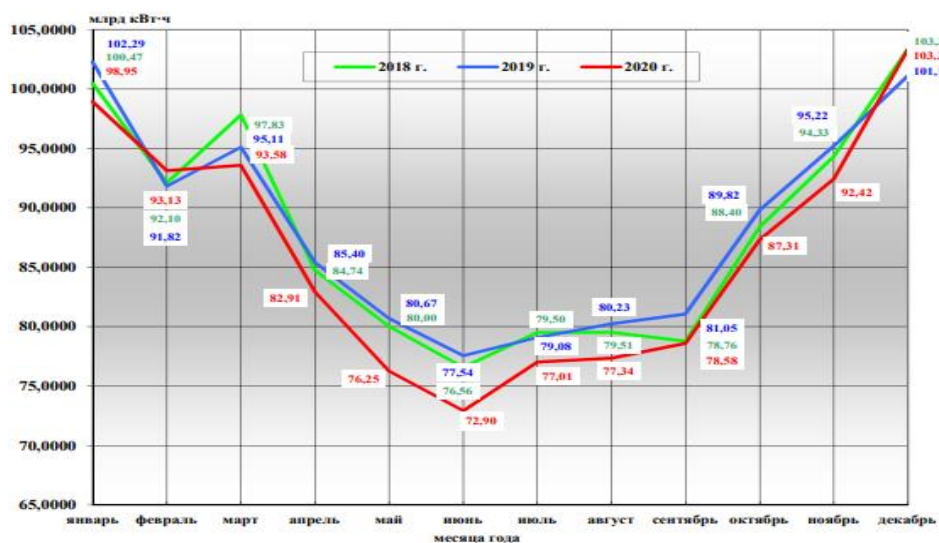


Рис. 2. Динамика потребления электроэнергии по месяцам

В настоящее время в России около 12% всей электроэнергии расходуется на освещение, среднемировой показатель расхода на освещение около 19% ~ 21%.

Если применять современную технологию производства осветительного оборудования и инновационное оборудование с регулированием светового потока ламп и использовать датчики естественной освещенности, то можно сэкономить в первом случае 58%, в другом – 71%. Если применить полный арсенал энергосберегающих мероприятий, включая датчики движения, то при использовании энергосберегающих ламп можно получить экономию электроэнергии 82%.

### **Библиографический список**

1. Энергосберегающие технологии в жилых помещениях для климатических условий Тамбовской области / Н. А. Савилов, Н. И. Ряшенцев, А. С. Филиппов, Ж. А. Зарандия // Энергетика. Проблемы и перспективы развития : материалы IV Всерос. молодежной науч. конф. Тамбов, 19–20 декабря 2018 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 138 – 140.

2. Артемова, С. В. Методы машинного обучения при энергосберегающем управлении энергоемкими объектами / С. В. Артемова, М. А. Каменская, В. Ч. Чиен // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х т., Тамбов, 21 – 23 октября 2020 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 39 – 42.

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

*А. Ю. Кудинов, А. А. Терехова, Д. А. Долгов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: kudinov2.000@list.ru)*

За последнее десятилетие цифровизация обрела значительный рост, принося в мир большое количество новых технологий, такие как широкополосная и мобильная связь, доступ к Интернету миллиардам людей по всему миру, а также и Интернету вещей (IoT), открывшему доступ к огромному количеству данных об окружающем нас мире. И уже сегодня мы можем заметить настоящее становление новой мощной технологии: Искусственный Интеллект (ИИ).

По мере того, как искусственный интеллект проникает практически во все аспекты современной жизни, он становится необходимой способностью, дающей возможность решать широкий спектр задач.

Проблема с поиском определения искусственного интеллекта заключается в том, что нет четкой уверенности чем на самом деле является настоящий человеческий интеллект. ИИ можно назвать такой комплекс технологических и программных технологий, которые могут привести к результату, сопоставимым с результатом интеллектуальной деятельности человека или превосходящему его. Все это стало возможным благодаря взрывному росту производительности компьютеров и оцифрованному опыту человека.

Само собой разумеется, что технологическое развитие ИИ не обошло стороной и энергетическую отрасль. Наиболее перспективными группами задач, где ИИ может приносить эффект, является:

- задачи прогнозирования (метеорологической информации, состояния работы оборудования, изменения потребления и пр.);
- задачи оптимизации (режимов функционирования компонентов энергосистем, потребления, конфигурации сетей и пр.);
- задачи управления (искусственным освещением, возобновляемыми источниками энергии и аккумуляторами, эффективностью активов и пр.);
- задачи коммуникации (энергетических компаний с потребителями);
- задачи развития услуг и сервисов (в части удовлетворенности потребителей спектром оказываемых компаниями услуг, участия предприятий в работе энергетических рынков, решения вопросов обеспечения качества).

В заключение следует отметить, что расширение применения инструментов искусственного интеллекта в энергетической сфере неизбежно будет происходить наряду с такими разворачивающимися процессами, как:

- энергетическая трансформация, обусловленная расширением использования локальных возобновляемых энергетических источников, а также интеллектуализацией производства, передачи и потребления энергии (технологии Smart);
- цифровая трансформация, обусловленная возрастающими потребностями мониторинга и анализа данных (Big Data) и внедрением новых технологий (например, Blockchain, «цифровая подстанция», беспилотные устройства для наблюдения за объектами и др.);
- объединением и взаимным влиянием различных секторов энергетической и транспортной сфер (к примеру, технологии Power-to-x).

В свете вышесказанного нет сомнений, что позиции энергетики как одной из наиболее интересных сфер применения методов искусственного интеллекта будут укрепляться. Искусственный интеллект, вероятно, является определяющей технологией не только последнего десятилетия, но, возможно, и следующего.

### **Библиографический список**

1. Джапарова, Д. А. Исследование нейросетевых алгоритмов при решении задач прогнозирования электрической нагрузки / Д. А. Джапарова, А. Н. Кагдин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Тамбов, 10 – 12 июля 2017 года ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 286 – 288.

2. Технологии блокчейн и качество электрической энергии / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Е. Н. Крючкова, Р. А. А. Ахмед // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Всерос. науч. конф., Тамбов, 17–18 декабря 2019 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 101 – 104.

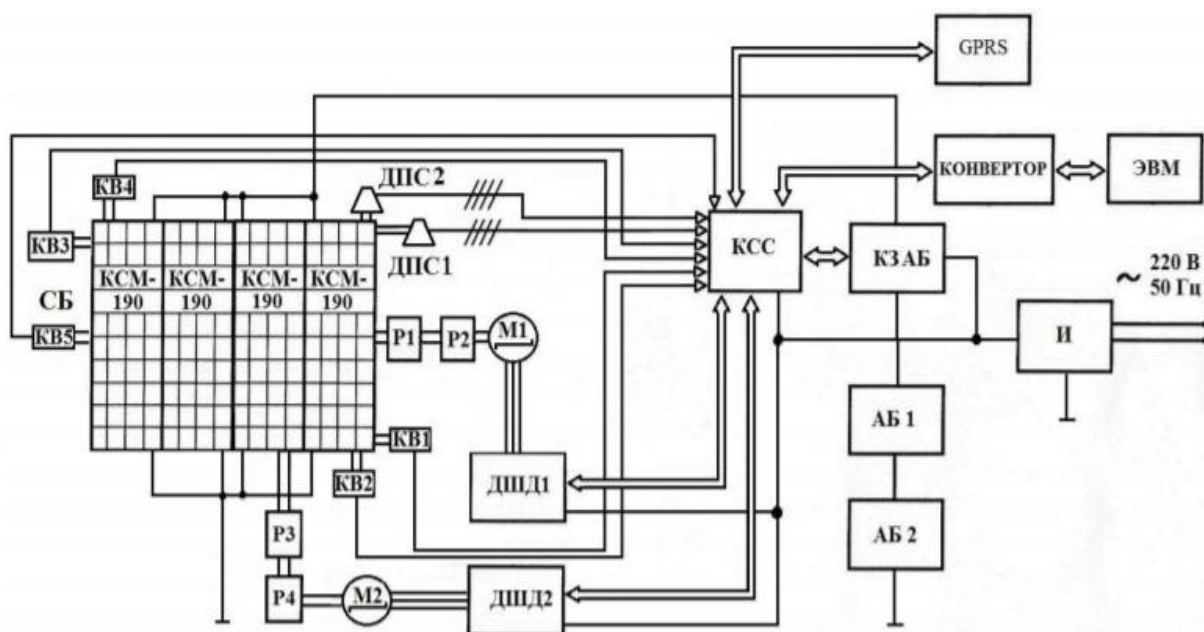
### **СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР**

*С. С. Баранов, В. А. Кобелева, Н. С. Юдаев*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: aistov.vn@mail.ru)*

Солнечный трекер – это устройство, которое осуществляет слежение за перемещением солнца по небосводу и поворачивает солнечные батареи таким образом, чтобы солнечные лучи падали на них под прямым углом. В этом случае панели поглощают максимальное количество солнечной энергии и их КПД возрастает на 40...45% по сравнению с панелями без солнечного трекера. Функциональная схема солнечного трекера показана на рис. 1.

Для создания энергетически эффективной системы производства электроэнергии необходимо разработать структурную и функциональную схемы системы слежения с двухкоординатным электромеханическим исполнительным механизмом с ШД и с двухкоординатным датчиком положения Солнца.



**Рис. 1. Функциональная схема солнечного трекера:**

СБ – солнечная батарея; КСС – контроллер слежения за Солнцем;  
 ДШД1, ДШД2 – драйверы управления шаговыми двигателями;  
 ДПС1, ДПС2 – датчики положения Солнца; KB1–KB5 – конечные выключатели;  
 M1, M2 – шаговые двигатели; P1–P4 – редукторы; КЗАБ – контроллер заряда  
 аккумуляторной батареи; И – инвертор; АБ1, АБ2 – аккумуляторные батареи,  
 конвертор (тип I-7561) – устройство связи компьютера с контроллером по каналу RS 485;  
 GPRS – блок связи с каналом GPRS.

Солнечный трекер должен обеспечивать исправную работу при различных режимах, возможность самостоятельной диагностики, а также контакт с внешним оператором и возможность дистанционного управления при возникновении аварийных режимов. При этом солнечный трекер должен поддерживать необходимую точность при слежении за солнцем с учетом минимизации затрат электрической энергии на работу шаговых двигателей. Для создания структурной и функциональной схемы солнечного трекера необходимы: современные солнечные батареи (СБ) с высокими технико-экономическими показателями; специальный контроллер, обеспечивающий работу механизма слежения с необходимой точностью, реализующий несимметричный режим позиционирования и управление периферийными устройствами с диагностикой всей системы; контроллер заряда аккумуляторных батарей с реализацией режима отбора максимальной мощности с СБ; двухкоординатный фотоэлектрический датчик положения Солнца, обладающий высокой чувствительностью, для обеспечения высокой точности слежения; шаговый двигатель для обеспечения заданного перемещения по обеим координатам.

## Библиографический список

1. О возможностях использования альтернативных источников энергии / В. Ф. Калинин, К. А. Набатов, А. М. Шувалов, А. В. Кобелев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9, № 3. – С. 450 – 456.
2. Кагдин, А. Н. Солнечная энергетика в многоквартирных жилых домах / А. Н. Кагдин, К. И. Тулупов // Энергетика будущего – цифровая трансформация : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф., Липецк, 26 февраля 2020 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2020. – С. 15 – 19.

## РАЗРАБОТКА СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*М. Л. Гогорян, Ю. А. Козлова, П. Н. Лазарев*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: terehova.aa@tstu.mail.ru)*

На современном этапе развития промышленных технологий и электроэнергетики важное значение приобретает технология, связанная с накоплением электрической энергии. Нашедшее широкое распространение свинцовые аккумуляторы и литий-ионные батареи являются эффективными средствами накопления электрической энергии. В то же время для них свойственен ряд недостатков. В первую очередь, это недостатки, связанные с необходимостью их последующей утилизации, что требует дополнительных затрат денежных средств и серьезное влияние негативное на окружающую среду. Особенно это касается свинцовых аккумуляторов, так как свинец оказывает вредное воздействие на биологические объекты различного типа.

Стоит также отметить, что литий-ионные аккумуляторы еще и являются пожаро- и взрывоопасными. Это связано с тем, что в их структуре имеется такой материал, как кобальтат лития и, попадая в соприкосновение с окружающим воздухом, с парами воздуха, он может воспламениться и возгорать. В этом отношении стоит рассмотреть такие технологии накопления, которые реализуются на эффекте двойного электрического слоя.

Для реализации эффекта двойного электрического слоя необходимо использовать электроды, которые в своем составе имеют пористый углерод. Пористый углерод открывает важную веху в развитии накопителей энергии. Технологии, основанные на нем, являются безопасными, легко утилизируются, могут подвергаться вторичной переработке, также использоваться в новых

суперконденсаторах, которые получают на перерабатываемом сырье. То есть жизненный цикл таких материалов, как пористый углерод в углеродной нанотрубке, является достаточно длительным и не требует специализированной утилизации и не оказывает воздействий на окружающую среду. Разработанная технология основана на принципах, связанных с формированием углеродных матриц, с использованием сепараторов на основе целлюлозы, и вся эта технология сводится к компоновке и получению суперконденсатора с хорошими энергетическими характеристиками. Основная идея предложенного решения состоит в том, что электроды прессуются и формируются по матричному типу из пористого углерода.

Стоит также отметить, что была проведена экономическая оценка данной реализации проекта, которая показала высокую эффективность и рентабельность предлагаемого решения.

### **Библиографический список**

1. Синтез и исследование катодных материалов на основе углеродных нанотрубок для литий-ионных аккумуляторов / А. В. Щегольков, Ф. Ф. Комаров, М. С. Липкин и др. // Перспективные материалы. – 2021. – № 2. – С. 66 – 76.

2. Технологии блокчейн и качество электрической энергии / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Е. Н. Крючкова, Р. А. А. Ахмед // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Всерос. науч. конф., Тамбов, 17–18 декабря 2019 года. – Тамбов : Издательский центр «ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 101 – 104.

3. Пат. № 2673037 С2 Российская Федерация, МПК F24H 7/02, B82Y 99/00. Теплоаккумулирующее устройство / А. Г. Ткачев, А. В. Щегольков, А. В. Щегольков. – № 2017117111 ; заявл. 16.05.2017 ; опубл. 21.11.2018 ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «НаноТехЦентр».

## **СИСТЕМА «ПРО» В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

***Р. В. Горшков, А. А. Терехова, А. М. Данов***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: jonesloker@yandex.ru)*

Ключевой момент в жизненном цикле объекта электроэнергетики играет синергия проектировщика, дистрибьютора, производителя и потребителя. Причем результат совместной работы участников такой системы экспоненциально возрастает, при работе в едином отраслевом информационном

пространстве. Этим пространством и является сервис «iPRO», поддерживаемый компанией «ЭТМ».

Проблема – это такая задача, которую невозможно решить, не привлекая сторонние ресурсы (техника, специалисты). Если задача повторяется, то проблема остается, потому что при первом инциденте не удалось найти истинную причину.

Проблемы, возникающие при взаимодействии партнерских информационных систем, в первую очередь появляются по единой причине – эти системы не учитывали множество внешних новых факторов, проявляющихся при развитии предприятий, действующих ранее каждое в отдельности.

Потребности рынка непрерывно меняются в зависимости от развития технологий и неуклонного роста производительности труда, и это тоже может стать причиной возникновения проблем. Отраслевой информационный сервис «iPRO» сформировался в ответ на эти потребности, реагируя на многие требования современности:

1. Бесплатное единое информационное пространство с простым интерфейсом доступно для всех участников.

2. Интеграция с другими системами проектов САПР, логистическими системами регламентированного учета и сметными ПО.

3. Доступность продукции в любом месте, в любое время реализовано с помощью мобильного приложения и интернет сайта в режиме 24/7.

4. Согласование документов и действий в едином информационном пространстве и электронный документооборот позволяют участникам рынка взаимодействовать между собой безбумажным способом.

5. Крупнейший каталог продукции ведущих поставщиков, развитая логистика и гарантированные сроки поставки позволяют приобрести и получить все необходимое в одном месте.

6. Автоматическое формирование проектной документации по ЕСКД и ГОСТ гарантируют работу в стандартах.

7. Встроенная техническая библиотека дает возможность обучения.

8. Поставщики и дистрибьюторы являются участниками ассоциации «Честная позиция».

Функции «iPRO» дополняются другими интегрированными с сервисом системами. Комплекс интегрированных информационных систем iPRO + nanoCAD «Электро» может классифицироваться как CIM – интегрированная система управления производством.

В комплексе систем iPRO + nanoCAD выполняются следующие этапы жизненного цикла продукции электроэнергетики и электротехники:

1. Маркетинговые исследования, вывод продукции на рынок
2. Проектирование
3. Планирование и разработка процесса производства
4. Закупка комплектующих
5. Продажа и распространение, поставка
6. Техническая поддержка и обслуживание
7. Эксплуатация по назначению в части энергоэффективной замены
8. Послепродажная деятельность в части энергоэффективной замены, подбор аналогов взамен устаревшей и вышедшей из строя продукции

Кроме вышеописанных этапов в интегрированной системе iPRO + nanoCAD нет необходимости управлять такими этапами, как производство и обслуживание, проверка (тестирование), упаковка и хранение, монтаж и наладка, утилизация и переработка (выполняется по внутреннему регламенту предприятия). Таким образом, принципиально конкурируя с отраслевыми аналогами, iPRO позволит управлять 8 из 13 классических этапов жизненного цикла объекта электроэнергетики и электротехники.

### **Библиографический список**

1. Мялковский И. К. Взаимодействие информационных систем в жизненном цикле объекта электроэнергетики и электротехники. Элементы цифровой экономики : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – 142 с.

2. Кобелев, А. В. Устройство мониторинга и экономии электрической энергии / А. В. Кобелев, А. Н. Кагдин, К. И. Терехов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тез. докл. 2 Междунар. конф. с элементами научной школы, Тамбов, 22–24 апреля 2015 года. – Тамбов: Издательство Першина Р. В., 2015. – С. 250 – 252.

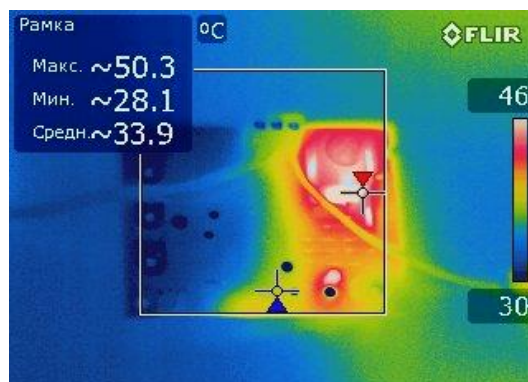
# ОЦЕНКА ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ СВЕТОДИОДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*О. А. Пустовая<sup>1</sup>, Е. А. Пустовой<sup>1</sup>, Е. С. Вошина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Благовещенск, Россия,*

*<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

Одним из факторов, ограничивающих использование светодиодных источников излучения служит высокая температура кристалла-излучателя. Современные светодиодные светильники представляют собой сложную в конструктивном плане установку содержащую корпус, монтажную плату с размещенным на ней светодиодом и соответственно в идеале радиатором охлаждения. Однако в такой конструкции отток тепла существенно затруднен в результате использования закрытого корпуса. Тепло выделяемое источниками оптического излучения является одним из ключевых при проектировании систем микроклимата в помещениях. Современные стандарты предусматривают учет тепла от источников освещения установленных в помещении при расчете систем поддержания микроклимата, но возникает ряд нюансов. Так при оценке по номинальным характеристикам это одна цифра, а при использовании значений, полученных в результате измерения – это другие значения, не всегда различие в меньшую сторону, поэтому количество тепла при расчете может быть занижено или завышено, особенно это важно для производственных процессов требующих высокую освещенность. Кроме этого повышенный поток тепла приводит к повреждению. Самой платы размещенной в конструкции лампы (рис. 1), и при неправильном расчете и расположении радиатора, а тем более при его отсутствии это приводит к отслоению дорожек и выходу устройства из работы.



**Рис. 1. Инфракрасный снимок платы управления**

Для оценки эффективности расходования электроэнергии нами выбраны были лампы мощностью 7 Вт, которые согласно статистических исследований, проведенных в базе магазина строительных материалов, пользовались наибольшим спросом, к таким лампам были отнесены источники мощностью 7 Вт. Наибольшим покупательским спросом пользуются лампы In Home мощностью 7 Вт, продажи которых составили за год 972 штуки и Artsun 7 Вт 351 штука. Проведенные исследования с использованием светодиодных источников излучения (Feron (а), In Home(б), Эра (в), Artsun (г) мощность всех ламп 7 Вт (рис. 2) показали, что температура нагрева колеблется в зависимости от конструктивных особенностей от 54 до 73 °С (рис. 1).

Причиной нагрева лампы служит высокое сопротивление полупроводникового кристалла, в котором на излучение в оптическом диапазоне расходуется 30-40% мощности, остальное расходуется на нагрев. Таким образом количество тепла которое выделяется в рассматриваемых источниках оптического излучения находится в пределе от 7000 до 14 000 кал (табл. 1).

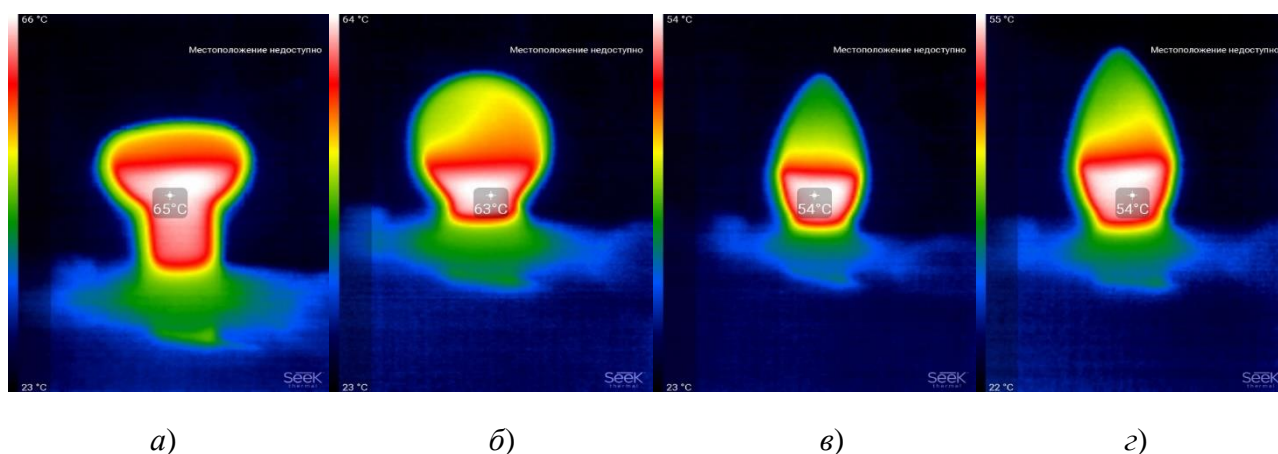


Рис. 2. Изображение светодиодных источников излучения в ИК спектре

### 1. Электротехнические показатели светодиодных ламп

Наименование	$I$ , А	$U$ , В	$Q$ , вар	$P$ , Вт	$R$ , Ом	$t$ , с	$Q$ , кал	$L$ , клк	$\eta_T/\eta_\Phi$
Feron	0,44	236	38	7	45	900	7840	2,5	80/77
In Home	0,39	237	38	9	36	900	4928	2,8	78/75
Эра	0,51	235	38	9	61	900	14279	2,5	80/78
Artsun	0,44	236	38	11	45	900	7840	1,6	85/85

Поведенный анализ показал, что наибольшее количество тепла выделяется лампами Эра, практически на 100% больше чем остальными источниками. Если рассматривать световой поток от данных источников исходя из заявленных производителем показателей, то наименьшим потоком обладает лампа Artsun 1,6 клк, максимальным In Home 2,8 клк.

Теоретическое КПД светоотдачи для всех ламп колеблется в пределах 80%, за исключением ламп Artsun, для нее же фактический КПД равен заявленному, для остальных он ниже заявленного.

### **Библиографический список**

1. Миллс, Э. Потенциальные возможности всемирного энергосбережения в освещении / Э. Миллс // Светотехника. – 2002. № 6.

### **АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В БЫТОВОЙ СРЕДЕ**

***В. С. Ячменников, В. Р. Мамонтова, А. Н. Кагдин***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: yachmennikov.wow@gmail.com)*

Системы автоматизации работы различного рода приборов, применяемые в бытовой сфере, базируются на концепции *интернет вещей*, которая предусматривает передачу данных между объектами, в качестве которых выступают приборы, оснащенные встроенными устройствами связи, и внешней средой на основе проводной или беспроводной связи.

Подобный способ контроля домашней техникой позволяет дистанционно включать ее, контролировать потребление электроэнергии и режимы работы приборов, или вовсе позволяет системе устройств выполнять, заложенные в них функции без участия человека.

Автоматизация работы устройств способствует как более экономному потреблению электроэнергии, благодаря, например, использованию датчиков движения, которые будут освещать контролируемую зону только при наличии в ней человека, и уменьшению количества рутинных процессов включения техники, так и комфорта жилища с помощью отслеживанием изменения температуры датчиками и поддержанию ее на заданном уровне, также эти системы могут использоваться и в охранных целях.

Подобная система обладает гибкостью, так как приборы, связь между ними и их функции, а также способ удаленного контроля, который может осуществляться с мобильных устройств с помощью Wi-Fi соединения или специальных концентраторов, работающих автономно, выбираются пользователем индивидуально.

Устройства, в комплексе составляющие систему автоматизации, делятся на три типа:

- контроллер (хаб) – устройство, соединяющее элементы системы друг с другом и внешней сетью;
- датчик (сенсор) – устройство, получающее информации об определенных внешних условиях и реагирующее на них посредством воздействия на исполнительное устройство;
- актуатор (исполнительное устройство) – данный тип устройств является самым многочисленным в системе автоматизации, так как с помощью них и осуществляется непосредственный контроль над техникой.

Таким образом, рассмотрев систему домашней автоматизации как целиком, так и каждый из составляющих ее компонентов по отдельности, можно с уверенностью заявить, что эти системы могут значительно увеличить экономичность, упростить управление и контроль над техникой, а также сделать данный процесс более комфортным и безопасным для пользователя. Что совместно с развитием технологий обязательно приведет к их массовому использованию.

## **УМНЫЙ СТОЛ**

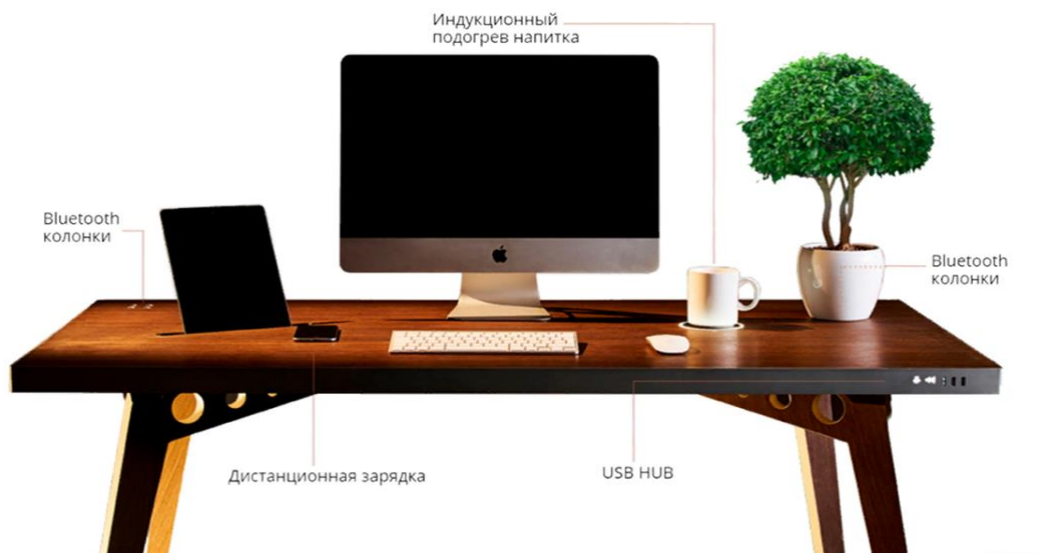
*Д. С. Лыиков, А. А. Гордеев, А. В. Кобелев*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lisikowdima@gmail.com)*

«Smart Table» создается для комфортной работы в офисе и дома, стол разрабатывается индивидуально для каждого потребителя. Главная проблема простых компьютерных столов заключается в большом количестве проводов, которые мешают и всегда на глазах, в «Smart Table» эта проблема легко решается, так как провода укомплектовываются внутрь стола или специальный бокс.

Основные элементы – специальный бокс для всех проводов, USB, USB Type-C порты, встроенные Bluetooth колонки, беспроводная зарядка и индукционный подогрев для напитков.

Актуальность данного проекта состоит в том, что в «Smart Table» все опции собираются в одном устройстве. Все эти устройства оптимизируют рабочий процесс и делают его более приятным и удобным.



**Рис. 1. Демонстрация решения «Умный стол»**

Отличительные черты «Smart Table»:

- многофункциональность;
- простота сборки;
- самостоятельное изменения конструкции;
- индивидуальный дизайн заказчика;
- меньшая цена по сравнению с аналогами;

Исходя, из всех приведенных фактов можно сказать, что «Smart Table» многофункциональный компьютерный стол, подходящий для большого количества людей из-за выбора функций которые подходят именно ему. «Smart Table» совмещает в себе гаджеты уже собранные в одном месте, не нужны лишние переходники, чтобы зарядить то или иное устройство и так же экономит время за счет индуктивного подогрева.

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕХОДА НА НАПРЯЖЕНИЕ 20 кВ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ**

*Д. М. Востриков, В. И. Зацепина*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: [vostrikov.diman@gmail.com](mailto:vostrikov.diman@gmail.com))*

Замена и совершенствование в сфере электрических сетей – достаточно приоритетное направление развития электроэнергетики в нашей стране. К несчастью, в данный момент большинство сетей изношено. Сети, работающие

на напряжении от 10 до 35 кВ, имеют срок эксплуатации, превышающий 25 лет, а таких сетей более 60 процентов по статистике. Но сети устарели не только физически, но и морально. Главными физическими недостатками эксплуатируемых старых электросетей являются: несущие конструкции, провода под другие расчетные мощности, большие электрические потери. Заменить все оборудование сразу невозможно в связи с несовпадением номиналов напряжений оборудования 6...10 кВ и 20 кВ. Поэтому изношенную сеть требуется не модернизировать, а полностью заменить, проложив новую сеть, параллельно с существующей [5].

Напряжение 20 кВ уже давно занимает приоритетные направления в совершенствовании и развитии электроэнергетики. Учитывая тот факт, что более высокое напряжение снижает потери при передаче электроэнергии, а также по одному и тому же проводнику в сравнении с напряжением 6...10 кВ, появляется возможность передавать в 2 раза больше мощности, используя напряжение 20 кВ. В некоторых странах процесс реализации напряжения 20 кВ для передачи электроэнергии полностью оправдывает себя. Например, в Японии, странах Европы [2].

При рассмотрении данной темы следует более подробно рассказать о необходимости перехода на напряжение 20 кВ. Самым первым и основным преимуществом, как и ранее было сказано – является возможность передачи большей мощности при неизменном сечении в проводнике в сравнении с напряжением 10 кВ. Для примера можно привести кабельную линию, напряжение которой будет 20 кВ, и имеющую сечение проводника 240 мм<sup>2</sup>, а так же подобную линию на напряжение 10 кВ с сечением проводника 240 мм<sup>2</sup>. После расчета получены совершенно разные числа, а конкретно: 13 667 кВА и 6055 кВА. Пропускная способность одного и того же сечения проводника удивляет, большая мощность передачи относится именно к линии 20 кВ. Следующим закономерным преимуществом является возможность уменьшить потери на передачу электроэнергии по линии. При расчете современных электросетей на напряжение 10 кВ уходит гораздо больше материала на проводники, так как сечение их в несколько раз больше, чем при использовании рассматриваемого, более высокого напряжения 20 кВ.

Все выше сказанное можно проверить пересчитав исходные данные по формуле  $\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot \tau \cdot R_{\text{лэп}}$ . Данная формула представлена для расчета потерь при использовании разных напряжений. Готовые примеры расчетных данных представлены ниже на рис. 1. [4].

№ п/п	Сечение провода $S$ , мм <sup>2</sup>	Плотность тока $j_{эк}$ , А/мм <sup>2</sup>	Потери электроэнергии в линии $\Delta W$ , кВт·ч/год		
			6 кВ	10 кВ	20 кВ
0	1	2	3	4	5
Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвБП					
1	16	1,7	-	-	49 950,60
2	25	1,1	-	-	31 956,80
3	35	1,7	-	91 360,20	-
4	50	1,1	-	63 913,70	-
5	50	1,7	177 599,80	-	-
6	70	1,1	126 933,20	-	-
Сталеалюминевый провод марки АС					
7	25	1,1	-	-	31956,80
8	35	0,7	-	-	22840,0
9	50	1,1	-	63 913,70	-
10	70	0,7	-	45 680,10	-
11	70	1,1	126 933,20	-	-
12	120	0,7	73 599,90	-	-

**Рис. 1. Потери полной электроэнергии линий 6...20 кВ**

Переходить на напряжение 20 кВ нужно, и современные технологии уже позволяют сделать это. Переход на 20 кВ позволит повысить качество при передаче электроэнергии, вся система сети передачи станет надежнее из-за уменьшения количества трансформаторов и коммутационного оборудования.

### **Библиографический список**

1. Буре, И. Г. Повышение напряжения до 20 – 25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях / И. Г. Буре, А. В. Гусев // МЭИ (ТУ). Журнал электро, рубрика: исследования и разработки. – 2005. – № 5. – С. 30 – 32.
2. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети / В. И. Идельчик // Энергоатомиздат. – 1989. – С. 16.
3. Маслов, А. Н. Проблемы и особенности построения распределительных сетей крупных городов и мегаполисов / А. Н. Маслов // ВЭЛК. – 2011. – С. 24.

## ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА ФГБОУ ВО «ТГТУ»

*Е. М. Николюкина, А. В. Кобелев*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nikolykina@mail.ru)*

Энергосбережение и забота об окружающей среде становятся все более важными аспектами при проектировании систем освещения в большинстве сегментов рынка. Экономия электрической энергии может быть достигнута за счет уменьшения установленной мощности, уменьшения времени наработки за год и применение современных решений по автоматизации.

Для анализа внедрения современных решений проанализируем уровень энергетических расходов. Рассмотрим на примере учебного корпуса ФГБОУ ВО «ТГТУ» расположенного по ул. Мичуринская, 112Е. Количество осветительных установок типа светильник люминесцентный ЛПО 4x18-CSVT накладной зеркальная решетка ЭПРА (ЛПО 4x18-CSVT)– 187 ед., суммарная мощность электроприемников – 6,984 кВт. Тариф на электроэнергию в Тамбове для юридического лица составляет 3,58 руб./кВт·ч на октябрь 2021 года [2]. Время работы университета 5 дней по 14 часов (9:00 – 21:00), что составляет 294 часа в месяц за счет потребления электроэнергии осветительными лампами. Расходы на освещение составляют 7350,8 руб.

Переход на светодиодные световые приборы является общим трендом современной светотехники. С одной стороны, плюсы светодиодных светильников по сравнению с люминесцентными аналогами очевидны. Ведь при модернизации системы освещения экономическая эффективность светильников проявляется не только в снижении затрат на электроэнергию, но и в высвобождении ранее выделенной на объект мощности, которую можно направить на подключение других электроприборов, например, компьютерной техники в учебных аудиториях, лабораторных установок.

Современное светодиодное осветительное оборудование отличается высокой энергоэффективностью, продолжительным сроком службы.

При использовании экономия электроэнергии достигается за счет нескольких факторов.

Во-первых, при установке светодиодных ламп, за счет большего размера по сравнению с люминесцентными, количество ламп возможно уменьшить, что снизит энергопотребление на 5...10%.

Во-вторых, наиболее значительную экономию электроэнергии обеспечит использование детектора освещенности, который определит уровень освещения внутри помещения и в зависимости от погодных условий, времени суток будет регулировать норму освещенности. Экономия может достигать 15...30%.

В-третьих, помещения общего пользования (коридор, лестницы) характеризуются непостоянным пребыванием людей и низким уровнем естественного освещения. Использование инфракрасных и(или) микроволновых датчиков движения позволяют регулировать уровень освещения с учетом интенсивности естественного света, суммарная экономия электроэнергии может составить до 65%, так как освещение будет использоваться только тогда, когда оно действительно необходимо.

Для анализа затрат на электрическую энергию в месяц от применения современных световых решений произведем примерный расчет на примере светодиодного светильника OPTIMA.OPL ECO LED 595 4000K [3].

Из вышперечисленного можно сделать вывод, что при уменьшении количества светильников за счет их размера и светового потока можно в среднем считать, что на учебный корпус приходится 168 осветительных установок (187 шт. – 10%), суммарная мощность 4,7 кВт (168 шт.·28 Вт/1000). Тариф за электроэнергию 3,58 руб./кВт·ч Затраты на электрическую энергию в месяц составят 4946,8 руб.

В процентном соотношении экономия электрической энергии при использовании светодиодных ламп составит 33%

Использование систем автоматизированного управления освещением в образовательных учреждениях позволяет повысить комфорт световой среды и увеличить энергоэффективность осветительной установки при соблюдении нормативных требований к освещению различных функциональных зон.

### **Библиографический список**

1. Светильник люминесцентный ЛПО 4x18-CSVT накладной зеркальная решетка ЭПРА (ЛПО 4x18-CSVT) [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.etm.ru/cat/nn/9025352>
2. Тарифы на электрическую энергию по группам потребителей области на 2021 год [Электронный ресурс]. – URL : [https://tesk.su/tesk\\_data/doc/info21012004/2021/nasel2021.pdf](https://tesk.su/tesk_data/doc/info21012004/2021/nasel2021.pdf)
3. Светильник OPTIMA.OPL ECO LED 595 4000K [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.etm.ru/cat/nn/9339969>

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

*К. И. Тулупов, Е. М. Николюкина, Я. В. Ельцов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nikolykina@mail.ru)*

Политика энергосбережения ресурсов с момента принятия Федерального закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в настоящее время имеет перспективные направления развития с внедрением умных технологий [1]. Проектирование системы электроснабжения с помощью внедрения специальных устройств позволит экономить электрическую энергию и затраты на изготовление устройства.

В этой связи было разработано устройство для автоматического включения освещения. Оно состоит из инфракрасного датчика движения 12 В, понижающего блока питания с 220 В переменного на 12 В постоянного напряжения, транзистора и реле с управляющим напряжением 12В и коммутирующими данными: 250 В переменного напряжения 10 А. Датчик подключается через транзистор к реле и дает сигнал на замыкание/размыкание цепи. Подключается датчик параллельно светильнику.



**Рис. 1. Устройство для автоматического включения освещения**

Данная разработка тестируется на базе ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Электроэнергетика», для помещения общего пользования – коридор, где большая проходимость и возможно

длительное отсутствие освещения. Датчик подключен к нескольким лампам одновременно, но с задержкой времени включения, с целью экономии потребления электроэнергии и комфорта зрительного ощущения поэтапности включения.

Существуют аналоги данного устройства на международных площадках. Главными преимуществами созданной конструкции является: производство в пределах РФ, высокая ремонтпригодность из-за модульной сборки датчика; возможность подключения к одному реле несколько инфракрасных датчиков.

В качестве модификации устройства возможно изменение расположения электронных компонентов на плате – это позволит уменьшить габариты и повысить энергоэффективность и безопасность датчика.

Разработка и внедрение умных технологий – устройства для автоматического включения освещения позволит производить изделие на территории РФ. Это даст возможность сэкономить на ввозной таможенной пошлине на товар в стране и развитие конкуренции на отечественном рынке производства умных устройств.

### **Библиографический список**

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция). Статья 15. Энергетическое обследование.

2. Кобелев, А. В. Актуальные вопросы моделирования развития электроэнергетических систем / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Н. А. Хребтов. – Тамбов : Изд-во ТРОО «Сетевой центр футурологии и прогнозтики «Интернум», 2011. – № 2.

### **СОВРЕМЕННЫЕ ДУГОВЫЕ ЗАЩИТЫ**

*А. Е. Семенов, М. А. Климущкин, М. А. Авдеев*

*Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина,  
Орел, Россия*

ДЗ производят такие компании, как ООО «НПП Микропроцессорные технологии», АО «Радиус Автоматика», ООО НПП «ПРОЭЛ», ООО «Юнител Инжиниринг». В статье рассмотрены основные недостатки, выявленные при эксплуатации ДЗ «Лайм», «Орион», «ПРОЭЛ-МИНИ» на ТП и РП АО «Орелоблэнерго».

Авторами в трудах [1 – 5] указывается, что повышение надежности функционирования распределителей электросетевой компании является актуальной задачей. При этом дуговые замыкания в электроустановках относятся к наиболее серьезным повреждениям в электрических сетях. Сокращение вышеуказанных замыканий является актуальной задачей.

В настоящее время в Российской Федерации производят и выпускают различные устройства ДЗ. Их производят такие компании, как ООО «НПП Микропроцессорные технологии», АО «Радиус Автоматика», ООО НПП «ПРОЭЛ», ООО «Юнител Инжиниринг». Все устройства ДЗ обладают различными техническими характеристиками, стоимостью, сроками работы и гарантийного обслуживания.

Дуговая защита «Лайм» компании Микропроцессорные технологии. В качестве реагирующего органа на вспышку дуги в ДЗ «Лайм» применяется волоконно-оптический датчик. В зависимости от количества изолированных отсеков КРУ (один, два или три отсека) – к блоку ДЗ «Лайм» может быть подключено до трех волоконно-оптических датчиков. В настоящее время дуговая защита «Лайм» считается самой быстродействующей в мире, время срабатывания составляет 0,9 мс. Срок службы не менее 20 лет. За время эксплуатации устройств ДЗ «Лайм» на ТП и РП в филиале ПАО «Россети Центр»–«Орелэнерго» был выявлен следующий недостаток – отсутствие кнопки сброса состояния устройства, входящей в состав оборудования.

Дуговая защита «Орион» компании Радиус Автоматика. Принцип работы аналогичен устройству дуговой защиты «Лайм». В отличие от устройства «Лайм» в дуговой защите «Орион» используется петлевой волоконно-оптический датчик. Время срабатывания защиты при появлении электрической дуги составляет 6...8 мс. Срок службы составляет не менее 12 лет. За время эксплуатации выявлен недостаток хрупкости петлевого волоконно-оптического датчика.

Дуговая защита «ПРОЭЛ-МИНИ» компании Проэл, аналогичные принцип работы двух предыдущих устройств. Возможность использования как петлевого ВОД так и обычного ВОД. Срок службы составляет не менее 20 лет. Время срабатывания защиты составляет 9 м/с. За время эксплуатации выявлен недостаток хрупкости, как петлевого, так и обычного ВОД, небольшой радиус изгиба ВОД.

Дуговой защиты «Юнит-ДЗ» компании Юнител Инжиниринг. Такой же принцип работы, как у остальных устройств. Данный терминал может поставляться в 2 основных исполнениях – с 2 датчиками ВОД или с 4 датчиками петлевых ВОД. Срок службы не менее 25 лет. Время срабатывания 1 мс. Так как данная ДЗ не эксплуатировалась в филиале ПАО «Россети Центр»–«Орелэнерго» недостатком на наш взгляд является невозможность использовать 3 датчика ВОД.

## Библиографический список

1. Фомин, И. Н. Особенности эксплуатации воздушных линий электропередачи / И. Н. Фомин, Р. П. Беликов // Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции : материалы XV Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. семинара. – Орел, 2021. – С. 160 – 163.
2. Borodin M. V., Psarev A. I., Kudinova T. A., Miftakhova N. K. Technical condition of 35 kV overhead lines in “orelenergo”, a branch of the pjsc” idgc of the center” // В сборнике: Sustainable Energy Systems: innovative perspectives. Conference proceedings. Сер. «Lecture Notes in Civil Engineering», – 2021. С. 47 – 54.
3. Kachanov A., Chernyshov V., Revkov A., Borodin M., Vladimirov O. Predicting single-phase damages in 10 kV electric networks taking into account the seasonal influence of weather factors // В сборнике: Sustainable Energy Systems: innovative perspectives. Conference proceedings. Сер. «Lecture Notes in Civil Engineering». – 2021. – С. 310 – 320.
4. Усовершенствование технологии монтажа «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 кВ киоскового типа / М. В. Бородин, С. Ю. Захаров, Р. П. Беликов, В. И. Бобровский // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 154 – 167.
5. Назаров, А. Н. Назработка технических мероприятий по повышению электробезопасности электрооборудования КТП 10/6/0,4 кВ для сельских электрических сетей / А. Н. Назаров, Р. П. Беликов // Физика и современные технологии в АПК : материалы XII Всерос. (с междунар. участием) молодежной конф. молодых ученых, студентов и школьников ; Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина. – 2021. – С. 148 – 150.

## ДЕФЕКТЫ ВЛ-35 КВ

*А. Е. Семенов, Д. В. Таничев*

*Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина,  
Орел, Россия*

Развитие системообразующих сетей напряжением 35 кВ и выше является актуальной задачей. При этом во многих сетевых компаниях системообразующие ВЛ-35 кВ введены в эксплуатацию много лет назад. Техническое состояние значительного количества ВЛ-35 кВ находится в удовлетворительном состоянии. Поэтому ВЛ-35 кВ необходимо реконструировать или производить капитальный ремонт уже сейчас. В свою очередь реконструкция системообразующих сетей 35 кВ позволит значительно увеличить надежность электроснабжения потребителей.

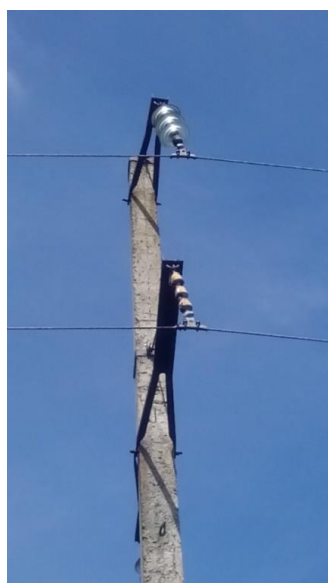
Авторами в трудах [1 – 3] указано, что системообразующие ВЛ-35 кВ в электросетевых компаниях введены в эксплуатацию много лет назад. При этом электросетевые компании заинтересованы в повышении надежности ВЛ-35 кВ.

Развитие электрических сетей напряжением 35 кВ и выше обосновано, прежде всего, ростом нагрузок существующих подстанций для электроснабжения новых потребителей, а также необходимостью:

- создания условий для присоединения новых потребителей к сетям энергосистемы;
- ликвидации районов с высокими рисками выхода параметров режимов за допустимые границы;
- повышения надежности питания потребителей;
- повышения пропускной способности сетей; замены оборудования, не соответствующего токам КЗ;
- реконструкции подстанций 35 кВ в связи с морально и физически устаревшим оборудованием;
- уменьшения потерь электроэнергии при ее транспортировке.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, анализ существующего технического состояния ВЛ-35 кВ является приоритетной задачей.

Для разработки рекомендаций направленных на повышение надежности функционирования ВЛ-35 кВ был произведен визуальный осмотр состояния ВЛ-35 кВ филиала ПАО «Россети Центр»–«Орелэнерго» и выявлены дефекты. Некоторые из дефектов представлены на рис. 1.



*а)*



*б)*

**Рис. 1. Дефекты изолятора и повреждения опоры ВЛ 35 кВ:**

*а* – фото дефектного (негодного) изолятора на ВЛ 35 кВ;

*б* – трещины и повреждения опоры ВЛ 35 кВ

Так системообразующая ВЛ-35 кВ «Биофабрика-1» находится в эксплуатации с 1966 года, состояние грозозащитного троса неудовлетворительное, значительная коррозия, имеется вероятность обрыва, что приведет к отключению ВЛ прекращение подачи электроэнергии потребителям Болховского района. Имеется значительная коррозия металлоконструкций опор, растрескивание фундаментов.

Системообразующие ВЛ-35 кВ в филиале ПАО «Россети Центр»–«Орелэнерго» введены в эксплуатацию очень давно и к настоящему моменту физически устарели. Их необходимо реконструировать или производить капитальный ремонт. Для этого должна быть составлена программа реконструкций ВЛ-35 кВ.

### **Библиографический список**

1. Бородин, М. В. Универсальный переключатель для измерений сопротивления заземляющего устройства опор ВЛ 110 кВ / М. В. Бородин, Р. П. Беликов, И. В. Шабанов // Промышленная энергетика. – 2021. – № 3. – С. 44 – 50.

2. Бородин, М. В. Анализ технического состояния и пропускной способности воздушной линии 110 кВ филиала ПАО «Россети Центр» – «Орелэнерго» / М. В. Бородин, Р. П. Беликов, Лансберг А. А. // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2021. – № 1(63). – С. 40 – 50.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ НАГРЕВАТЕЛЕЙ С ЭФФЕКТОМ САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*Н. В. Земцова, В. А. Кобелева*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: natasha\_paramonova\_68@mail.ru)*

Высокая эффективность технических систем, использующих нагревательные элементы, связана с разработкой новых типов материалов.

Применение полимерных материалов и углеродных нанотрубок (УНТ) в электрических нагревателях позволяет добиться хороших результатов: экономичность, улучшение темпа нагрева, экологичность и т.д. [1, 2].

**Методика исследования нагревателя.** Для электропитания образцов нагревательных элементов использовался лабораторный автотрансформатор «Ресанта ЛАТР TDGC2-1» (Москва, Россия). В исследовании – обработка данных, полученных с помощью тепловизора Testo 875, выполнялась с применением программы «testo IRSoft 4.7».

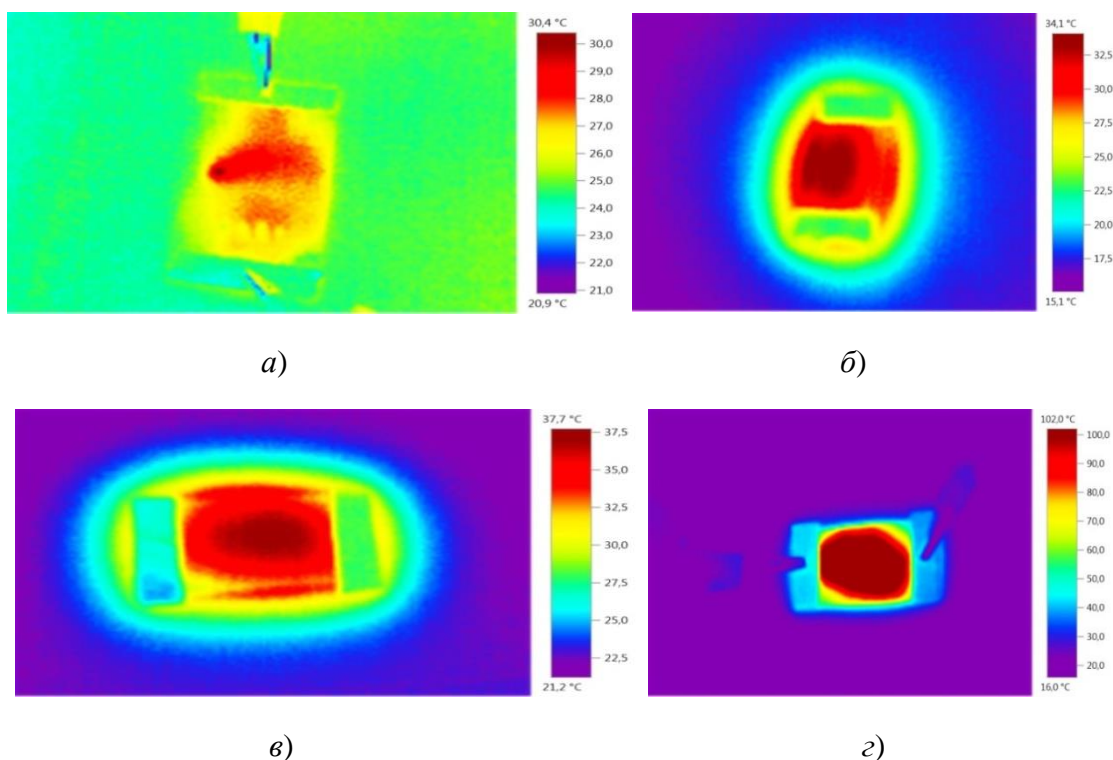
**Изготовление образцов функциональных нагревателей на основе фторопласта, модифицированного УНТ.** Для исследования было подготовлено 4 образца, на основе фторопласта (Ф-2МЭ – ТУ 2213-028-00203521–97) и каучука хлоропренового Ваурен® Lanxess AG (ГОСТ ISO 2475–2013).

- № 1 – фторопласт Ф-2МЭ (10%), каучук хлоропреновый (2%), высокопористый углерод (68%), сажа PrinTex ХЕ2В (10%), УНТ (4%).
- № 2 – фторопласт Ф-2МЭ (10%), каучук хлоропреновый (2%), высокопористый углерод (63%), сажа PrinTex ХЕ2В (10%), УНТ (8%).
- № 3 – фторопласт Ф-4 (10%), каучук хлоропреновый (2%), высокопористый углерод (78%), сажа PrinTex ХЕ2В (10%), УНТ (12%).
- № 4 – фторопласт Ф-4 (10%), каучук хлоропреновый (2%), высокопористый углерод (78%), сажа PrinTex ХЕ2В (10%), УНТ (16%).

На первой стадии происходит измельчение МУНТ и сажи в планетарной мельнице.

На второй стадии Ф-2МЭ растворялся в ацетоне с этилацетатом (1/2) в емкости, в которой размещался ультразвуковой диспергатор мощностью 2 кВт. После введения дисперсных проводящих наполнителей (МУНТ и сажи) проводилось УЗ воздействие в течение 5 минут. Далее следовала стадия формовки образцов нагревателей в виде пластин.

Результаты исследований представлены на рис. 1, а – г.



**Рис. 1. Распределение температур на образцах:**  
а – № 1; б – № 2; в – № 3; з – № 4

Нагреватель не требует дополнительного регулирования температуры. Температурный режим устанавливается в зависимости от приложенного электрического напряжения.

Нагреватели показали стабильные характеристики после 200 циклов включения и выключения с непрерывной работой в течение 5 часов и не имели деградации в структуре материала и изменения рабочих параметров.

### **Библиографический список**

1. Щегольков, А. В. Сравнительный анализ тепловых эффектов в эластомерах, модифицированных МУНТ при постоянном электрическом напряжении / А. В. Щегольков // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2021. – № 1. – С. 63 – 73.

2. Влияние углеродных нанотрубок на электропроводность реактопластов и эластомеров / А. В. Щегольков, Ф. Ф. Комаров, И. Д. Парфимович и др. // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2020. – № 3. – С. 65 – 72.

### ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ

*П. В. Кузовлев, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: pavel77.kuzovlev.war@gmail.com)*

Оценка экономического ущерба от электрической энергии низкого качества особенно важна для промышленных предприятий, поскольку для них характерно наличие значительного количества оборудования, на которое существенно влияет отклонение показателей качества электроэнергии. Это приводит к негативным последствиям: увеличению потерь электроэнергии, сокращению срока службы электрооборудования, нарушению технологического процесса, ухудшению работы приборов учета и т.д.

Снижение качества потребленной электроэнергии количественно можно выразить в виде экономического ущерба, при определении которого следует учитывать, что ущерб является результатом совместного воздействия всех показателей качества электрической энергии на работу электрооборудования, кроме того его определение носит приближенный характер и предназначено для предварительных расчетов экономической целесообразности применения мероприятий по повышению качества электроэнергии [1].

Рассмотрим основные факторы, обуславливающие появление электромагнитной составляющей ущерба. Наличие не синусоидальности ограничивает применение батарей конденсаторов и вызывает либо снижение коэффициента мощности, получаемого при работе установленных батарей конденсаторов, либо требует установки дополнительных батарей конденсаторов для получения необходимого значения коэффициента мощности.

Следующим фактором, входящим в электромагнитную составляющую ущерба, являются потери, связанные с потреблением активной и реактивной мощностей, необходимых для компенсации брака при остановках технологического оборудования, вызванных отказами помехочувствительных элементов при воздействии провалов напряжения. Потери зависят от количества остановившегося оборудования, причем зависимость носит нелинейный характер. Это

объясняется тем, что при внезапном останове технологического процесса необходимы существенные трудозатраты на его восстановление.

К числу технологических составляющих ущерба относятся повышение себестоимости продукции за счет увеличения удельного расхода электрической энергии при невозможности применения батарей конденсаторов, снижение надежности элементов сети из-за увеличения вероятностей возникновения однофазных замыкания на землю в сетях 6...10 кВ и их переходе в двухфазные. При использовании программируемого электронного оборудования провалы напряжения могут вызвать брак продукции не только за счет останова оборудования, но и за счет сбоя в программе, что в некоторых случаях приносит больший ущерб, чем останов, так как брак можно обнаружить лишь в самом конце технологического процесса [2].

Технологическую составляющую ущерба можно получить аналогично электромагнитным составляющим. Она складывается из следующих компонентов:

- 1) ущерб от полученного брака (отходов)  $U_{отх}$ ;
- 2) ущерб от невыпуска продукции, представленного в виде недополученной прибыли  $U_{приб}$ ;
- 3) ущерб от дополнительного расхода сырья, заработной платы, вспомогательных материалов и всех видов энергоресурсов, кроме электроэнергии  $U_{доп}$ .

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ущерб, наносимый провалами напряжения, складывается из двух составляющих: электромагнитной и технологической. Полученные по данной методике результаты оценки экономического ущерба в дальнейшем могут быть использованы для обоснования целесообразности и оценки эффективности мероприятий по обеспечению потребителей требуемым качеством электрической энергии.

### Библиографический список

1. Качество электрической энергии в системах электроснабжения / А. Г. Баталов, Д. В. Бородин, В. И. Васильченко и др. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 272 с.
2. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.

## ОБЗОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В УМНЫХ ДОМАХ И УМНЫХ СЕТЯХ

*И. В. Павлов, Е. П. Зацепин*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

*(e-mail: grecha1917@gmail.com)*

Интеллектуальные сети состоят из передовых и сложных технологических компонентов, как физический, так и логический. Их популяризация и развитие растут по всему миру, учитывая многочисленные преимущества, которые дает такая инфраструктура по сравнению с бывшей распределительной сетью. Некоторые из них включают:

- более безопасные и отказоустойчивые сети распределения электроэнергии;
- наличие механизмов самовосстановления защиты;
- расширенные возможности мониторинга и управления нагрузкой.

Все эти преимущества делают систему распределения энергии более универсальной, надежной и эффективной. Создание интеллектуальных сетей тесно связано с необходимостью создания сложной передовой сети связи, позволяющей осуществлять мониторинг и пилотирование сети посредством наблюдения за производством и распределением электроэнергии.

С другой стороны, растущий сбор данных в интеллектуальных сетях также создает новые критические угрозы, которые необходимо решать с точки зрения информационной безопасности. В противном случае они могут привести к плачевным последствиям. Угрозы чаще всего возникают на трех разных уровнях.

1. Проблемы распределение учетных данных для обеспечения сквозной безопасности между устройствами и приложениями. Оно также имеет динамическое управление процессами, контролирующими право доступа использования данных.

2. Аппаратная часть сети. Проблема заключается в определении недорогих, хорошо распространенных проверенных составляющих оборудования, компоненты, для использования определенных уровней безопасности, хорошо подходящих для приложений, связанных с интеллектуальными сетями.

3. Программные обеспечение для управления компонентами интеллектуальных сетей.

Умные дома – это технически оборудованные жилища, которые могут отслеживать и улучшать потребление энергии среди ряда других специализированных услуг для пользователей. Умные города состоят из соединенных между собой домов, офисов, центров обработки данных, складов и городской инфраструктуры.

Для интеграции информации в умные дома семантические технологии все чаще служат средством семантической совместимости для умных домов. Примером такой разработки является проект SESAME, который предлагает систему plug-and-play для интеграции системы автоматизации зданий с передовыми измерительными системами для упрощения системы энерго-сбережения.

В проекте используются семантические принципы для описания того, как будут работать устройства в домашних условиях. Эти принципы позволяют делать выводы на основе измеренных данных. Для проекта SESAME были разработаны три элемента.

1. Элемент автоматизации включает в себя общие концепции, такие как резидент и местоположение, но также идеи в области автоматизации и энергетики (потребление в час, пиковая мощность, состояние включения/выключения).

2. Элемент данных счетчиков, обеспечивающий протоколы связи для обмена данными с измерительным оборудованием.

3. Элемент ценообразования, используемый для выбора оптимальной тарифной модели для определенного времени и энергетической нагрузки. Он определяет взвешенные критерии, которые затем используются логическим механизмом для выбора наилучшей тарифной модели.

С точки зрения безопасности и децентрализации сложно контролировать в режиме реального времени и все подключенные к нему устройства. Внедрение данных систем имеют решающее значение для успеха и реализации концепции «Умный дом» и «Умная сеть». Современные технологий связи могут поддерживать связь в системе распределения, от оптического волокна до несущей линии электропередачи и до беспроводных технологий.

### **Библиографический список**

1. Spencer, R. 5 Ways the Internet of Things Could Help Combat Climate Change. [Электронный ресурс] / R. Spencer // MDPI: электронный журн. – 2018. – 9 авг. – URL : <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7273/> (дата обращения: 06.09.2021).

## АРХИТЕКТУРА ПЛИС FPGA И CPLD СТРУКТУРЫ

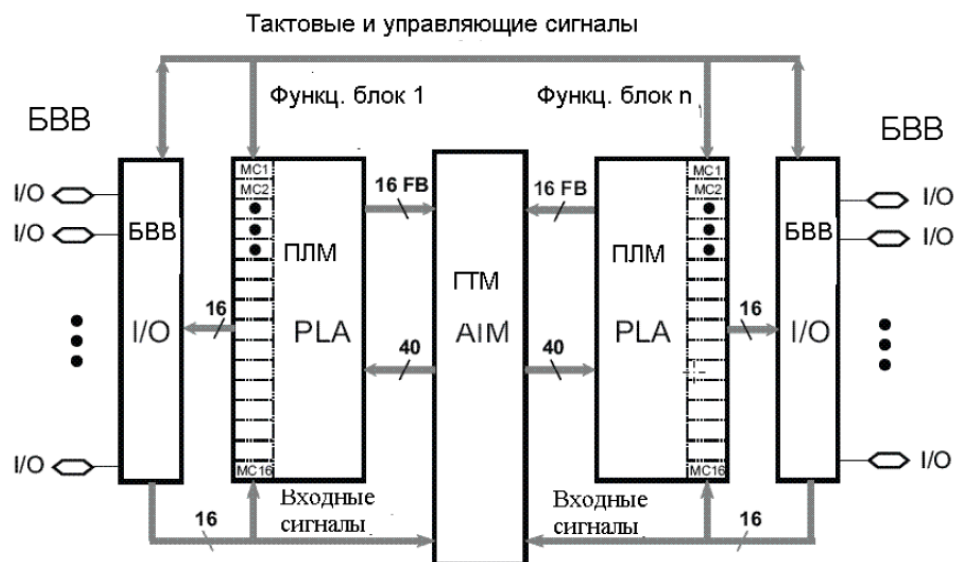
*Н. И. Шепелёв, И. В. Тюрин, Р. О. Козадаев*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: shepelyov.kolya@mail.ru)*

Программируемые логические матрицы (ПЛИМ) в настоящее время устарели и используются для реализации относительно простых устройств, для которых не существует готовых микросхем средней степени интеграции. При реализации сложных цифровых схем обычно используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Одним из видов ПЛИС являются сложные программируемые логические устройства (CPLD).

CPLD – это ПЛИС с относительно небольшим количеством функциональных блоков (ФБ), состоящая из многовходовой ПЛИМ и триггера, и, как правило, с энергонезависимой конфигурационной (FLASH) памятью, программирование которой реализует конфигурацию блоков и их связей. В упрощенном виде (рис. 1) CPLD можно представить как набор множества ФБ, коммутируемых между собой посредством так называемой главной коммутационной матрицы (ГТМ). [1]



**Рис. 1. Структура микросхемы ПЛИС типа CPLD семейства COOLRUNNER 2**

Внутреннюю структуру ПЛИС типа CPLD можно разъяснить на примере семейства микросхем COOLRUNNER 2 фирмы XILINX. Каждая такая микросхема состоит из набора функциональных блоков типа ПЛИС, которые составляют ее логический ресурс. ФБ, в свою очередь, состоят из так называемых макроэлементов (МЯ) [1].

Функциональный блок ПЛИС семейства COOLRUNNER 2 содержит 16 макроячеек (МС1-МС16) с 40-входовой структурой ПЛИС, позволяющей перераспределять 16 логических функций из 40 переменных. Каждая макроячейка имеет триггер, который может быть запрограммирован как D-триггер или триггер-защелка в дополнение к комбинационной схеме, одновыводной ПЛМ. Он получает сигналы разрешения (СЕ), установки/сброса (S, R) и тактовый сигнал (С) в дополнение к выходному сигналу от ПЛИС (D/T) [2].

FPGA – это еще один тип ПЛИС. На площади кристалла микросхемы FPGA (рис. 2) тип FPGA имеет матрицу из множества программируемых функциональных блоков и множества программируемых переходов (PM).

Функциональные логические блоки в ПЛИС типа FPGA являются конфигурируемыми логическими блоками (КЛБ). КЛБ, в свою очередь, состоят из логических ячеек (ЛЯ).

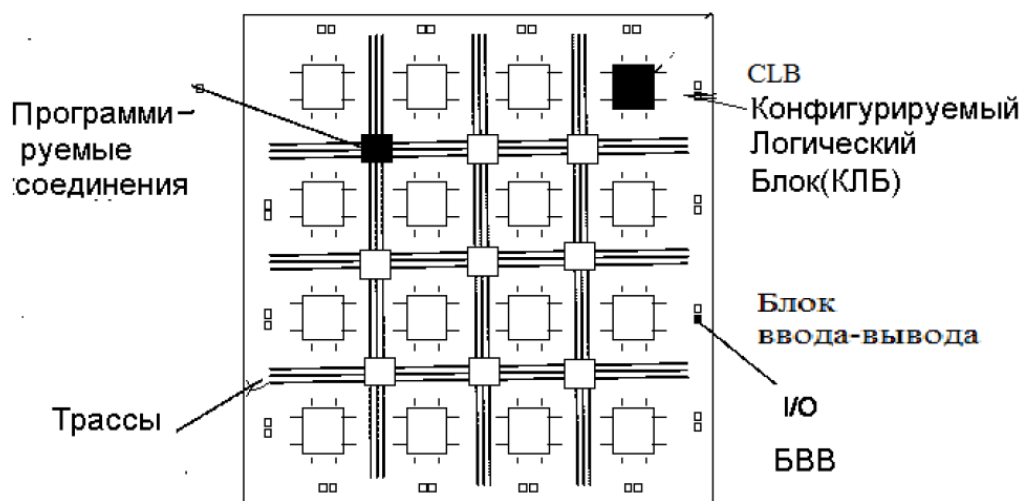


Рис. 2. Структура микросхемы ПЛИС типа FPGA

По периметру микросхемы размещены блоки ввода-вывода сигналов (IOB). Особенностью структуры FPGA является то, что каждый логический блок имеет небольшое количество входов и один выход. Это позволяет более полно использовать внутренние ресурсы микросхемы [2].

В отличие от CPLD, функциональные блоки FPGA имеют другую организацию и логические возможности, а ресурсы трассировки более разнообразны, поскольку состоят из линий разной длины и переключателей.

Таким образом, можно сделать вывод, что на программируемой логике можно реализовать ряд устройств, в одном устройстве реализовать параллельные независимые друг от друга вычисления, что вполне целесообразно в производственных масштабах, как альтернатива заказным интегральным схемам.

## Библиографический список

1. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы Altera: проектирование устройств обработки сигналов / В. Б. Стешенко. – М. : ДОДЭКА, 2000. – 128 с.
2. Вальпа, О. Д. Полезные схемы с применением микроконтроллеров и ПЛИС / О. Д. Вальпа. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 416 с. (Серия «Программируемые системы»).

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

*М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail:sindulfoa2@gmail.com,edsonfrazaoedy@gmail.com, zut-tmb@mail.ru)*

Работы по техническому обслуживанию (ТО) цифровых систем связи (ЦСС) могут быть выполнены с требуемым качеством при условии соответствия объема запланированных профилактических работ возможностям обслуживающего персонала. Известен подход к оценке качества организации и планирования выполнения ТО на комплексных радиотехнических системах связи [1]. В качестве показателя эффективности организации ТО рассматривается коэффициент полноты выполнения работ ТО:

$$k_{\text{вып}} = \frac{T_{\text{оп}}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{оп}}$  – располагаемый трудоресурс обслуживающего персонала по выполнению ТО на ЦСС;  $t_i$  – трудозатраты на выполнение работ ТО на  $i$ -м образце ЦСС;  $n$  – количество образцов ЦСС.

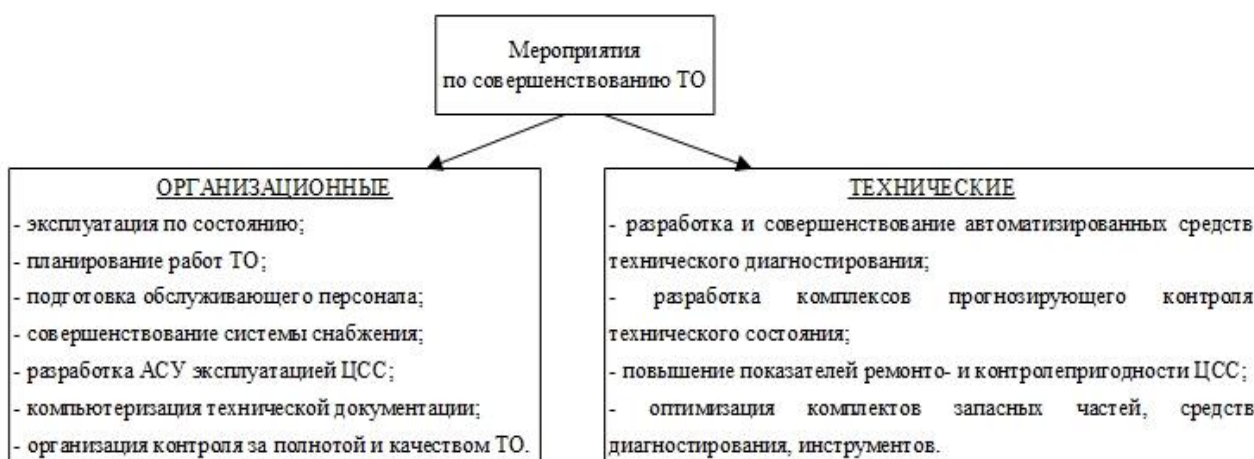
Коэффициент полноты выполнения работ ТО может принимать следующие значения: при  $k_{\text{вып}} = 1$  считается, что работы ТО спланированы рационально и в полном объеме; при  $k_{\text{вып}} > 1$  – работы ТО спланированы в полном объеме, однако при этом имеется резерв трудоресурса обслуживающего персонала; при  $k_{\text{вып}} < 1$  – работы ТО спланированы с дефицитом трудоресурса обслуживающего персонала. Из выражения (1) следует, что достижение требуемого значения коэффициента полноты выполнения ТО возможно при увеличении трудоресурса обслуживающего персонала или уменьшении трудозатрат на ТО. Реализация первого направления возможна за счет увеличения численности

обслуживающего персонала, а также за счет увеличения продолжительности рабочего дня при проведении ТО. Однако указанные меры носят непопулярный характер. Более рациональным является снижение трудозатрат на выполнение ТО.

Необходимо отметить, что с точки зрения успешности достижения результатов ТО, целесообразно периодически (1–2 раза в год) оценивать эффективность проведения профилактических работ на ЦСС с помощью показателя, называемого коэффициентом эффективности технического обслуживания:

$$k_{Э\text{ ТО}} = \frac{n_{\text{ТО}}}{n_{\text{ТО}} + n}, \quad (2)$$

где  $n_{\text{ТО}}$  – количество отказов, предотвращаемых на аппаратуре в процессе ТО за некоторый период эксплуатации;  $n$  – количество отказов, возникших в аппаратуре за этот же период эксплуатации, несмотря на проведение ТО. Реализацию этого направления целесообразно проводить, совершенствуя как организационный, так и технический компонент при ТО (рис. 1).



**Рис. 1. Мероприятия по совершенствованию ТО**

Величину  $n_{\text{ТО}}$  можно определить по результатам ТО путем подсчета количества замененных элементов и проведенных регулировок, которые без выполнения этих работ с вероятностью близкой к единице могли бы привести к отказу в период до начала очередного ТО.

Опыт эксплуатации ЦСС свидетельствует, что планирование, организация и проведение ТО являются достаточно сложной задачей, решение которой требует от руководящего состава и обслуживающего персонала уделять этим мероприятиям постоянное внимание, изыскивать пути совершенствования с целью сокращения времени проведения ТО при сохранении высокого качества выполнения работ в необходимом объеме для поддержания работоспособности ЦСС на требуемом уровне.

## Библиографический список

1. Барашков, П. И. Техническая эксплуатация средств связи / П. И. Барашков, А. Я. Гречкосий, В. В. Кралевецкий ; под ред. А. Я. Гречкосия. – Л. : ВАС, 1980. – Ч. 1. – 302 с.
2. Чернышова, Т. И. Информационно-аналитическая система оценки и прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. Спец. выпуск (52). – 2014. – С. 111 – 114.
3. Задачи диагностики промышленных многопараметрических объектов / И. О. Шибирина, Д. С. Гурин, Л. Б. Гоберкорн, Н. Г. Чернышов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. – 2021. – С. 269 – 273.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВАЛЬЦЕШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

*В. Е. Гладышев, Е. В. Сенцов, Е. С. Мантухов*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: vlad.gladyshev.95@mail.ru)*

Вальцешлифовальный станок предназначен как для перешлифовки (ремонта) валков, так и для изготовления новых валков на предприятиях металлургических и других отраслей промышленности. В состав основных механизмов исследуемого станка входят:

- механизм вращения валка;
- механизм перемещения каретки;
- механизм подачи базы;
- механизм вращения валка.

В настоящий момент основные механизмы станка приводятся в движение электродвигателями постоянного тока. Контроль и выполнение всех операционных функций осуществляется с помощью релейно-контакторной системы управления. Большая часть электрооборудования, которое установлено на данный момент, не производится современными производителями и имеют низкую надежность. Электродвигатели постоянного тока требуют к себе повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала – постоянный контроль щеточного аппарата и коллектора.

В рамках модернизации предлагается заменить двигатели постоянного тока на асинхронные двигатели с частотным управлением. Для осуществления

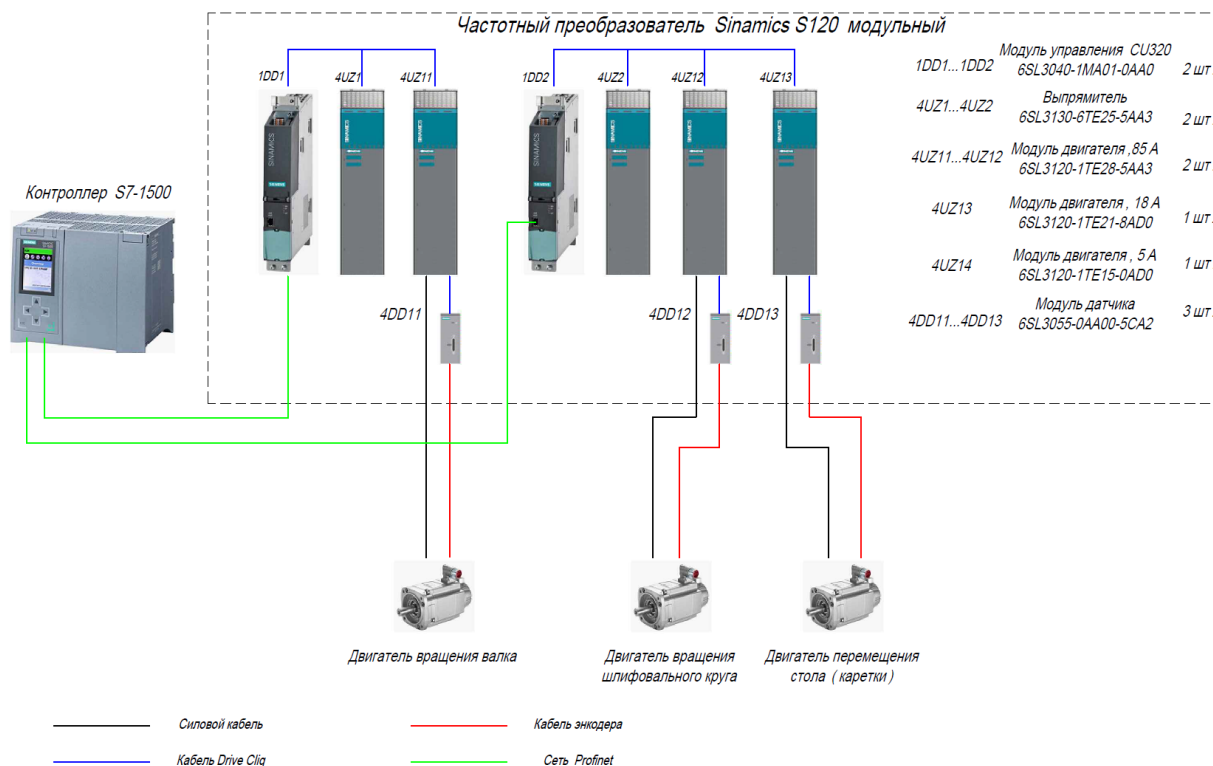
данного управления предлагается установить преобразователь частоты Sinamics S120 модульного типа. Модульный преобразователь частоты представляет собой следующую систему, в состав которой входят модули управления CU320, выпрямители, необходимые для преобразования входного электрического тока переменного направления в ток постоянного направления и инверторы (модули двигателей) с соответствующими характеристиками для определенного двигателя. Для обмена информацией между модулями преобразователя Sinamics S120 необходимо использовать интерфейс Drive-CliQ.

Для сбора и обработки информации о состоянии датчиков, коммутирующих устройств, устройств контроля и управления, а также для управления исполнительными механизмами станка предлагается использовать программируемый логический контроллер Simatic S7-1500 производства фирмы «Siemens».

Для сбора информации с датчиков скорости двигателей предлагается установить специализируемые модули SMC30, соединенные по интерфейсу Drive-CliQ с модулями управления CU320. С этих управляющих модулей информация направляется в ПЛК.

Данная модернизация позволит улучшить надежность работы системы и самого механизма. Использование преобразователя частоты подразумевает более точное управление (регулирование) станком.

Структура комплекса технических средств предлагаемой модернизации представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема технических средств предлагаемой модернизации**

## Библиографический список

1. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
2. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным управлением / Г. Г. Соколовский. – М. : Академия, 2006. – 256 с.
3. Ключев, В. И. Теория электропривода : учебник для вузов / В. И. Ключев. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

## ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: Dmitrievcev978@gmail.com, zut-tmb@mail.ru)*

Система контроля определяющих параметров объекта является важнейшим звеном при работе различных устройств и систем. Под техническим контролем понимается проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Технический контроль охватывает все средства производства и осуществляется посредством системы контроля [1]. Эта система решает следующие задачи: 1) получение и предоставление информации о свойствах, техническом состоянии и пространственном расположении контролируемых объектов, а также о состоянии действующего оборудования; 2) сравнение фактических значений параметров с заданными; 3) передача информации о расхождениях с параметрами моделей и последующее принятие решений на различных уровнях управления оборудованием; 4) получение и предоставление информации об исполнении заданных функций. [2].

В данной статье, в качестве объекта контроля основных параметров будет рассмотрена телекоммуникационная система типа Iskratel Si3000.

Как изображено на рис. 1, система контроля данной информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС), позволяющая осуществлять контроль за основными параметрами системы.

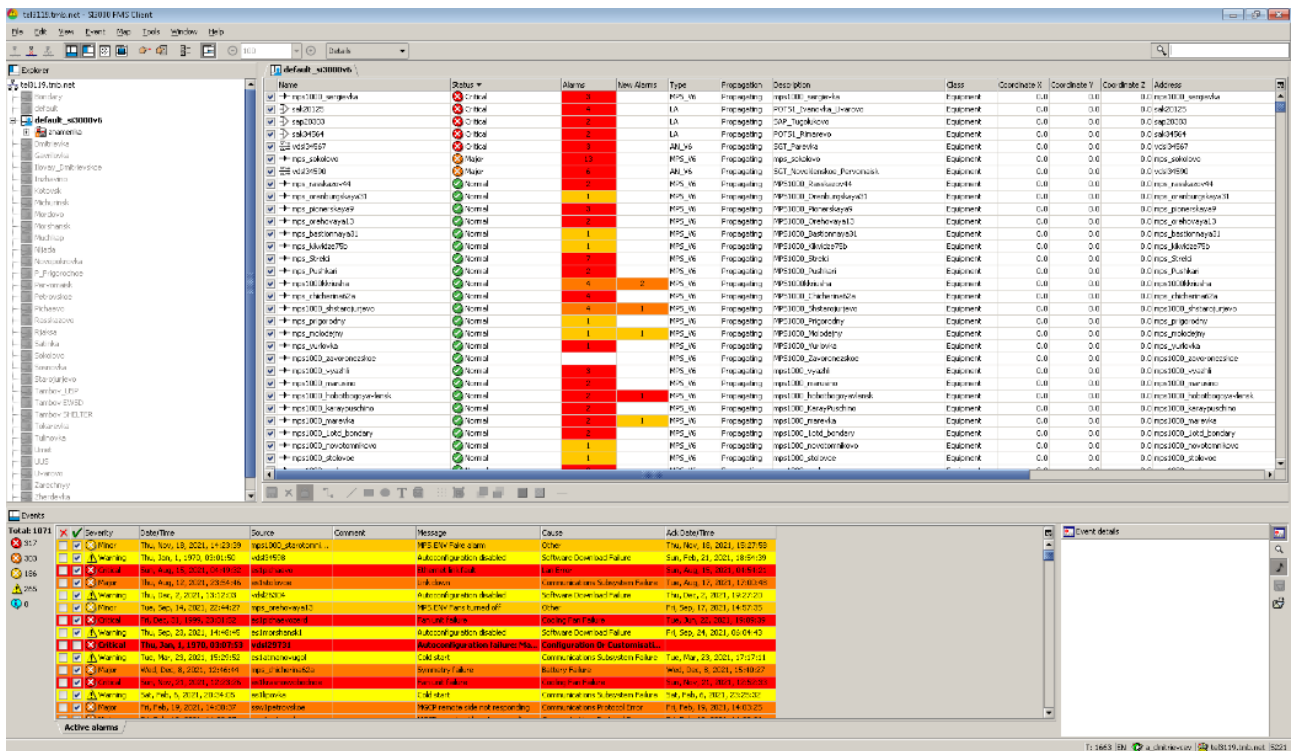


Рис. 1. Система контроля определяющих параметров ИИУС Iskratel Si3000

Выбор контролируемых параметров обусловлен их важностью, и влиянием на работу всей системы в целом (рис. 2).



Рис. 2. Определяющие контролируемые параметры

Таким образом, можно сделать вывод, что контроль технических параметров является важным вопросом в работе любых сложных электронных устройств, так как это напрямую влияет на возможность своевременного устранения аварийных ситуаций, а использование системы прогнозирования преждевременного выхода из строя позволит избежать большинства аварийных ситуаций, так как все необходимые мероприятия по их избеганию будут приняты заблаговременно, что позволит избежать простоя оборудования [3].

### **Библиографический список**

1. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.
2. Оценка надежности сетевых информационных структур / Ю. Ю. Громов, В. Е. Дидрих, А. И. Елисеев и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2016. – № 1. – С. 33 – 39.
3. Об одном подходе к формированию смешанной системы управления техническим состоянием радиотехнических средств / Ю. Т. Зырянов, В. В. Лебедев, Д. Н. Ледовских, И. Г. Рязанов // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 49 – 59.

## **ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

***К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: selivanova\_zm@mail.ru)*

Энергетический уровень строительных объектов связан с понятием энергоэффективности зданий, которое непосредственно зависит от обеспечения теплопроводности ограждающих конструкций при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Информационные технологии в настоящее время широко применяются в энергетической сфере. Большие объемы данных, которые стали следствием информатизации сфер производства, в том числе и энергетического сектора, требуют большей оперативности в работе интеллектуальных информационно-

измерительных систем (ИИИС) при определении теплопроводности теплоизоляционных материалов.

Для контроля теплопроводности ограждающих конструкций строительных объектов с использованием ИИИС применяется импульсный метод линейного источника тепла [1, 2]. Температура для  $n$ -го теплового импульса находится по зависимости

$$T(x, n) = \frac{QF}{4\pi\lambda} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha\Delta\tau i}\right), \quad (1)$$

где  $Q$  – мощность источника тепла;  $F$  – значение частоты импульсов;  $x$  – расстояния от линейного источника тепла до точки контроля температуры;  $\tau$  – время.

С использованием зависимости (1) и измеренных температур  $T(x, n)$  и  $T(x, m)$  получены формулы для определения коэффициентов температуропроводности ( $a$ ) и теплопроводности ( $\lambda$ )

$$\alpha = B_1 \exp\left(B_2 \frac{T_n}{T_m}\right); \quad \lambda = \frac{1}{T_m} B_3 \ln(B_4 \alpha), \quad (2)$$

где  $B_1, B_2, B_3, B_4$  – константы, определяемые при градуировке ИИИС;  $T_n, T_m$  – значения температуры для формируемых  $n$  и  $m$  тепловых импульсов.

С использованием формул (2) выполнены расчеты коэффициента теплопроводности  $\lambda$ . при заданных временных интервалах  $\tau$  в соответствии с температурно-временными зависимостями (термограммами), приведенными на рис. 1. Проведен расчет относительной погрешности  $\delta_\lambda$  определения коэффициента теплопроводности для различного времени реализации теплофизических измерений  $\tau$  (90 с, 120 с, 150 с и 180 с). Расчетные данные приведены в табл. 1.

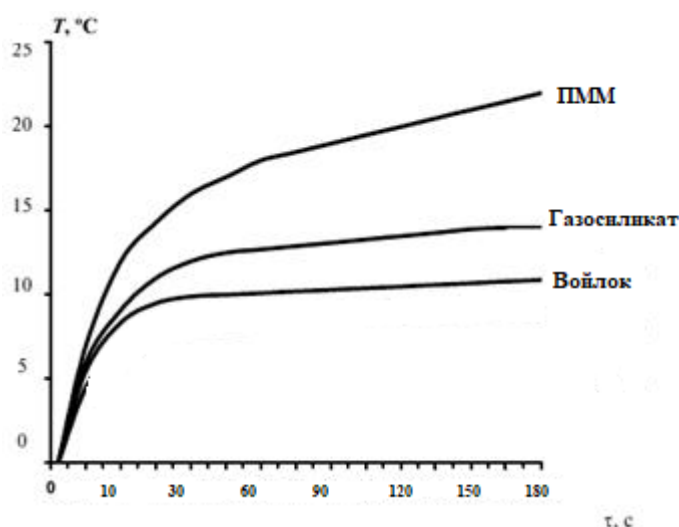


Рис. 1. Термограммы теплоизоляционных материалов

## 1. Результаты расчета коэффициента теплопроводности и погрешности измерений

$\tau$ , с	90	120	150	180
$\lambda$ , Вт/м·К	0,19	0,196	0,197	0,205
$\delta\lambda$ , %	1,79	0,49	0,37	1,41

Оперативность определения теплопроводности материалов ограждающих конструкций зданий при обеспечении точности неразрушающего контроля теплопроводности теплоизоляционных материалов способствуют повышению их энергоэффективности.

### Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д.С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19.

2. Чернышов, Н. Г. Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

## ОПЕРАТИВНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*А. В. Куприянов, З. М. Селиванова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: artem.kupriyanov.2012@mail.ru)*

В настоящее время для обеспечения энергосбережения и комфортного теплового режима в жилых помещениях находят большое применение ограждающие конструкции из энергоэффективных материалов. Для формирования теплоизоляционных слоев ограждающих конструкций используются теплоизоляционные материалы (минераловатные плиты, пенополистирол, пенополиуретан) и ряд разработанных инновационных материалов (жидкая теплоизоляция, вакуумные теплоизоляционные панели). Энергоэффективные материалы обеспечивают требуемый уровень при энергетическом обеспечении жилого помещения при минимальном потреблении затраченной энергии. Данные материалы характери-

зуются низкой теплопроводностью и тепловыми потерями, устойчивы к воздействию климатических факторов и отличаются высокой экологичностью.

При изготовлении теплоизоляционных материалов решается важная задача повышения оперативности неразрушающего контроля теплопроводности на стадии их производства. Контроль качественных свойств выпускаемой продукции осуществляется с использованием интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС) для определения теплопроводности теплоизоляционных материалов.

Проведены экспериментальные исследования ИИИС при проведении теплофизических измерений с целью повышения оперативности определения теплопроводности теплоизоляционных материалов при требуемой погрешности измерений [1, 2]. В ходе экспериментов было установлено, возможное сокращение временного интервала контроля теплопроводности материалов с 10 минут до 5 минут с допустимой погрешностью измерений до 5%.

В таблице 1 приведены результаты экспериментальных исследований оперативности ИИИС при проведении теплофизических измерений, а на рис. 1 представлен график зависимости погрешности измерений теплопроводности энергоэффективных материалов от временных интервалов контроля.

### 1. Результаты измерений теплопроводности энергоэффективных материалов

Материал	$\lambda_c$ , Вт/м·К	$\lambda_n$ , Вт/м·К	$\delta\lambda$ , %
Пенополиуретан	0,020	0,021	4,76
Пенополистирол	0,034	0,035	2,94
Минераловатные плиты	0,042	0,041	2,38

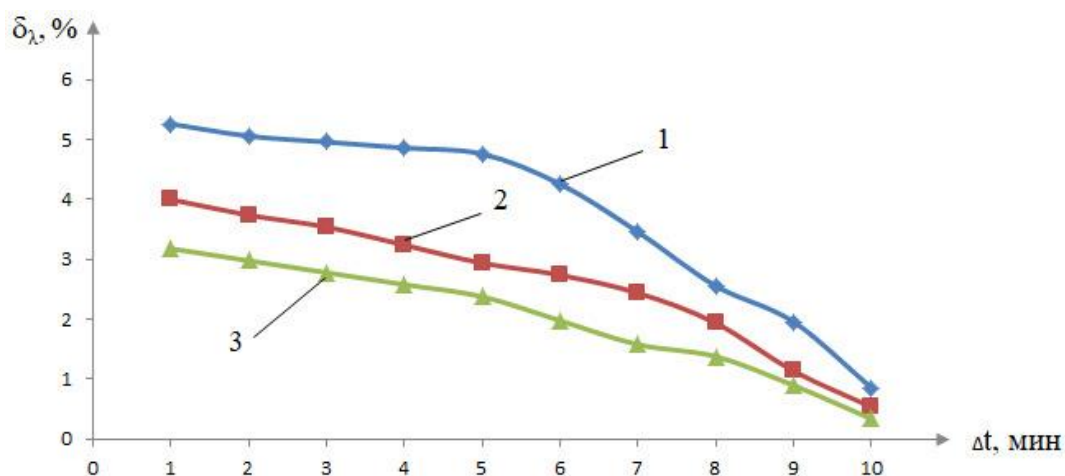


Рис. 1. Графики зависимости погрешности измерений теплопроводности материалов от временных интервалов:

1 – пенополиуретан; 2 – пенополистирол; 3 – минвата

Как показывают результаты экспериментальных исследований интеллектуальной информационно-измерительной системы, установлено повышение оперативности неразрушающего контроля теплопроводности энергоэффективных материалов в 2 раза при обеспечении требуемой погрешности измерений.

### Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д.С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19.

2. Чернышов, Н. Г. Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПУСКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

*Э. М. П. Йиндула*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail : selivanova\_zm@mail.ru)*

Объектами допускового контроля в энергетике являются теплоизоляционные материалы с теплопроводностью 0,039...0,046 Вт/м·К. Неразрушающий контроль теплопроводности осуществляет интеллектуальная информационно-измерительная система (ИИИС). Контроль в узком диапазоне теплопроводности достаточно сложный с позиции обеспечения требуемой точности. Поэтому необходимо математическое описание объекта исследования, чтобы измерить теплопроводность точно, установить принадлежность измеренной величины теплопроводности к допустимому диапазону и оценить качество выпускаемых теплоизоляционных материалов (ТМ) на производстве.

Разработанную математическая модель допускового контроля (ДК) теплопроводности  $\lambda$  ТМ представляют аналитические зависимости

$$\lambda = f(Q_u), \lambda = f(Q_m), \lambda = f(\delta_{\text{ИИИС}}),$$

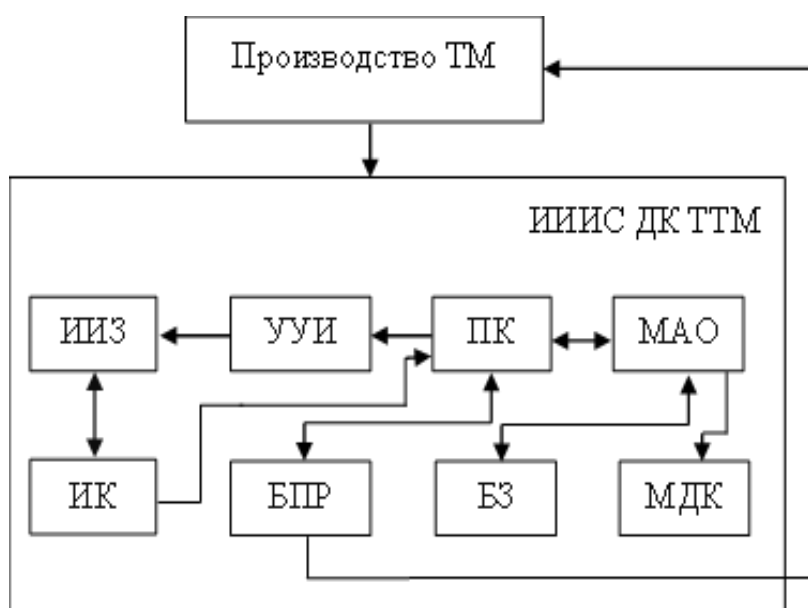
где  $Q_u$ ,  $Q_m$  – ряд управляемых и неуправляемых параметров в технологических процессах при изготовлении ТМ;  $\delta_{ИИИС}$  – оценка метрологического уровня измерительной системы.

**Постановки задачи:** установить  $\lambda$  ТМ  $\lambda_{ТМ}$  при заданной точности  $\delta_\lambda$ , зависящей от метрологических характеристик интеллектуальной системы  $\delta_{ИИИС}$ , на основе результатов контроля соответствия допуску управляемых параметров техпроцесса производства ТМ  $Q_u$ , неуправляемых параметров  $Q_m$  при определении их соответствия интервалу допуска параметров за временной интервал  $\tau$ .

Математическая модель допускового контроля представлена зависимостью:

$$\lambda_{ДКТМ} = f(Q_u, Q_m, \delta_\lambda, \delta_{ИИИС}, \tau).$$

Допусковый контроль при производстве теплоизоляционных материалов выполняется ИИИС ДК ТТМ, которая представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема ИИИС ДК теплопроводности теплоизоляционных материалов:**

- ТМ – теплоизоляционные материалы; ИИЗ – интеллектуальный измерительный зонд;
- УУИ – устройство управления измерениями; ПК – персональный компьютер;
- ИК – измерительный канал; МАО – модуль алгоритмического обеспечения;
- МДК – модуль допускового контроля; БЗ – база знаний; БПР – блок принятия решений

Разработанные математическая модель и ИИИС ДК ТТМ позволяют усовершенствовать производственный процесс изготовления теплоизоляционных материалов и уменьшить процент брака выпускаемой продукции для объектов энергетики.

## Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Метод и измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов: дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 / З. М. Селиванова. – Тамбов, 2001. – 222 с.

2. Селиванова, З. М. Теоретические основы построения интеллектуальных информационно-измерительных систем допускового контроля теплопроводности теплоизоляционных материалов: монография / З. М. Селиванова, К. С. Стаценко. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 200 с.

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Я. Э. Нзуба*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: selivanova\_zm@mail.ru)*

Теплоизоляционные материалы (ТМ) широко применяется для тепловой изоляции оборудования в энергетике (трубопроводов, теплообменников). В настоящее время актуальной является проблема дистанционного контроля (ДК) теплофизических свойств (ТФС) материалов, выпускаемых в производственных цехах предприятий в реальных условиях влияния внешних климатических факторов. Для неразрушающего контроля (НК) ТФС теплоизоляционных материалов предлагается телеизмерительная система (ТС), позволяющая по цифровому каналу связи передавать и получать измерительную информацию из цехов предприятия. Для анализа и устранения помех в канале связи проведено математическое моделирование цифрового измерительного канала ТС НК ТФС ТМ с целью уменьшения погрешности измерений. Разработана математическая модель измерительного канала (ИК) ТС [1, 2]:

$$B(\tau) = T(x, \tau)S(\tau) = T(x, \tau)[K_U + I(\tau)] + E(\tau), \quad (1)$$

где  $B(\tau)$  – функция, зависящая от сигнала измерительного зонда ТС, поступающего в ИК системы;  $S(\tau)$  – функция, соответствующая процессу преобразования сигнала  $T(x, \tau)$  в цифровом измерительном канале системы;  $K_U$  – значение коэффициента усиления усилителя ИК;  $I(\tau)$  – функция для оценки искажений

измерительных сигналов усилителя;  $E(\tau)$  – функция для учета погрешностей преобразований сигналов аналого-цифрового преобразователя.

Модель шума представляет аддитивную совокупность ряда узкополосных случайных процессов [2]:

$$F(\tau) = A(\tau)\cos[\omega(\tau) + \varphi(\tau)], \quad (2)$$

где  $A(\tau)$ ,  $\omega(\tau)$ ,  $\varphi(\tau)$  – соответственно, амплитуда, частота и фаза случайного сигнала помехи. Получена математическая модель цифрового измерительного канала ТС с использованием зависимости преобразования сигнала с измерительного зонда  $B(\tau)$  (1) и модели шума (2):

$$U(\tau) = T(x, \tau)[K_U + I(\tau)] + E(\tau) + A(\tau)\cos[\omega(\tau) + \varphi(\tau)].$$

Структурная схема разработанной ТС для определения ТФС ТМ, реализующей алгоритм теплофизических измерений на основе алгоритмического, информационного и программного обеспечений, приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема ТС ДК ТМ:**

ТС ДК ТМ – телеизмерительная система дистанционного контроля теплопроводности теплоизоляционных материалов; ИЗ – измерительный зонд; УУ – устройство управления; УОТД – устройство обработки телеметрических данных; ПК – персональный компьютер; МАО – модуль алгоритмического обеспечения; БД – база данных

Неразрушающий контроль ТФС теплоизоляционных материалов в процессе их производства с использованием цифровых технологий в ТС необходим для повышения энергоэффективности теплоизоляции объектов энергетики.

### **Библиографический список**

1. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19.

2. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control thermophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1278. 2 August 2019 Published online: <https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/1278/1>. Accepted received: 17 June 2019. Pp. 012040.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ. ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*С. Б. Долгов, В. Н. Шамкин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [dolgov.1476@mail.ru](mailto:dolgov.1476@mail.ru))*

Формирование и развитие всякого производства устремлено на модифицирование качества его жизни, однако, в то же время, этому сопутствует накопление потенциала опасности для человека в виде негативного влияния изменяющейся окружающей среды.

Радиоэлектронная промышленность, являющаяся одной из развивающихся отраслей современной экономики, не является исключением. Растущие потребности влекут за собой стремительный рост ее производства, что неотвратимо приводит к росту отрицательного воздействия на окружающую среду. Основные экологические аспекты для предприятия: создание отходов при производстве и потреблении, выбросы вредных веществ в атмосферу, водопотребление и водоотведение (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект), электромагнитное загрязнение. Существенные выделения загрязняющих веществ от работы предприятий отечественной радиоэлектроники связано в основном с очистными сооружениями, которые не отвечают совре-

менным требованиям по качеству выбрасываемых в окружающую среду воздуха, воды, отходов. Специфическим несовершенством большинства предприятий радиоэлектронной промышленности являются также технологии с вредоносными условиями труда. Можно сказать, что все они являются потенциально опасными загрязнителями окружающей среды в эколого-экономических системах. Например, в мире более 3 млрд. т твердых промышленных отходов, 500 км<sup>3</sup> опасных сточных вод и около 1 млрд. т аэрозолей ежегодно выбрасывается в атмосферу, водоемы и почву от деятельности промышленных предприятий, в том числе, на предприятиях радиоэлектронной промышленности, влечет за собой загрязнение.

В России ежегодно предприятиями радиоэлектронной промышленности в воздушный бассейн выбрасывается около 6,0 млн т вредных веществ (31% – пыль, 42% – диоксид серы, 23,5% – оксид азота, и др.). В сточных водах, главными загрязняющими веществами являются, кислоты, щелочи, фенолы, ионы фтора, соли тяжелых металлов, углеводороды и другие вещества. Огромное количество опасных веществ, которые имеются в составах ядовитых загрязнений, влияют на наследственность, на зарождение и развитие злокачественных новообразований и др. В ряде случаев, содержание опасных веществ в воздухе в огромном количестве превосходит максимально дозванные концентрации. К главным субъектам техногенного влияния со стороны предприятий радиоэлектронной промышленности относятся: литосфера (размещение отходов); воздушный бассейн (выбросы в атмосферу); водные объекты (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект); население и работники предприятия (вредные условия труда). Возможность причинения вреда от деятельности предприятий понимается как экологический риск. Исключение экологических рисков основывается на прогнозировании и предотвращении увеличения платы за негативное воздействие на окружающую среду, уменьшении санитарно-защитной зоны предприятия. Обсуждены вопросы управления экологическими рисками.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы на этапе проектирования / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, Р. Ю. Курносков // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2019. – Т.25, № 2. – С. 180 – 189.

2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 – 2025 годы» утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2012 г. № 2396-р.

# ГРЕЙДИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА ПРОИЗВОДЯЩЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННУЮ ПРОДУКЦИЮ ПРЕДПРИЯТИИ

*Н. А. Хворова, В. Н. Шамкин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: hvorovanatali@yandex.ru)*

Радиоэлектроника – важнейший структурообразующий элемент экономики России. Ее динамичное развитие и эффективная работа – необходимое условие достижения высоких и устойчивых темпов экономического роста, национальной безопасности и обороноспособности страны, повышения уровня жизни населения, рациональной интеграции России в мировую экономику. Радиоэлектронные технологии являются катализатором и локомотивом научно-технического прогресса страны, базисом для устойчивого развития других отраслей промышленности.

Широкое применение радиоэлектроники во всех сферах деятельности человека оказало и продолжает оказывать огромное влияние на развитие экономики и образ жизни людей.

Развитие российской экономики положило начало изменениям в управлении человеческими ресурсами, системах компенсации, оценки эффективности труда работников и их квалификации. В российской экономике присутствует сочетание большого количества предприятий государственной собственности, крупной корпоративной собственности, где технологии управления основываются на принципах, заложенных еще в советское время на государственных предприятиях, и массовое развитие малого и среднего бизнеса. При существующем уровне конкурентной борьбы предприятий «за место под солнцем» возрастает роль человеческих ресурсов как одного из ключевых факторов успеха, которые непосредственно влияют на достижение стратегических целей организации. В связи с этим на первый план в управлении человеческими ресурсами выходит проблема мотивации персонала и, в частности, материального стимулирования сотрудников.

В отрасли выработан и реализуется комплекс мер, направленных на экономическую стабилизацию и дальнейшую технологическую модернизацию предприятий, развитие современных радиоэлектронных технологий. Он включает меры по обеспечению спроса на радиоэлектронную продукцию, общесистемные меры по стабилизации финансового состояния предприятий, а также меры, направленные на техническое перевооружение, поддержку перспективных инновационных проектов, которые смогут занять конкурентные позиции в посткризисной экономике страны. При этом особое внимание уделяется системе грейдинга [1].

В условиях современной российской экономики управление человеческими ресурсами на промышленных предприятиях становится одним из ведущих направлений их развития. В новых условиях стиль управления персоналом должен соответствовать стратегической концепции управления предприятием. Исходя из этого, на первый план в управлении персоналом выходит проблема мотивации человеческих ресурсов, одним из важнейших рычагов которой является материальное стимулирование сотрудников [2], а мотивация труда – это важнейший фактор результативности работы, и в этом качестве она составляет основу трудового потенциала работника, т.е. всей совокупности свойств, влияющих на производственную деятельность.

В докладе представлены современные способы мотивации и стимулирования труда персонала, которые целесообразно применять на предприятиях радиоэлектронного профиля.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы на этапе проектирования / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, Р. Ю. Курносков // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2019. – Т.25, № 2. – С. 180 – 189.
2. Энциклопедия систем мотивации и оплаты труда / под. ред. Дороти Бергер, Ланса Бергер ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 761 с.
3. Способы мотивации и стимулирования труда работников [Электронный ресурс] // Информационно-правовая система нормативка.by. – URL : <http://www.normativka.by/social/28-11-2013> (дата обращения: 11.05.2017).

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РФ**

***В. Ю. Курилов***

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия  
(e-mail: vlad\_kurilov\_1998@mail.ru)*

В последнее время очень часто в интернете, в статьях многих известных ученых сталкиваешь с популярной на сегодняшний день темой – возобновляемые источники электроэнергии. Эта тема весьма популярна из-за негативного влияния традиционного способа добычи ЭЭ на окружающую среду.

За последние годы значительно выросли требования к защите окружающей среды, в связи с этим было необходимо создание нового подхода в области энергетики. Так, было разработано распоряжение от 9 июня 2020 г. № 1523-Р «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года». Создание данного распоряжения было необходимо для поиска необходимого решения, которое определило бы направление развития энергетики на ближайшие 10 – 15 лет. Государство РФ выделяет несколько основных стратегических направлений в области энергетики, главное из которых является переход на зеленую энергетику.

Конечно, предлагаемого времени мало для перехода всей энергетики на возобновляемые источники электроэнергии. Ближайшее будущее по-прежнему остается за доминированием теплоэнергетики, но тема развития альтернативных источников электроэнергии в сегодняшнее время очень актуальна. Так, выработка электрической энергии ГЭС за последние десять лет выросла на 15,8%.

Основную задачу, которую ставит государство перед гидроэнергетикой – повышение эффективности работы гидроэлектростанций.

Решение подобных задач возможно при использовании ключевых мер, а именно:

- создание благоприятных условий для желания в эту сферу инвестировать денежные средства;
- обеспечение безопасности по созданию гидротехнических сооружений, а именно безопасность окружающей среды;
- обеспечение и создание необходимого количества сооружений, оборудования для развития и увеличения объемов мощности на территории ГЭС.

Главным решением задачи по повышению эффективности ГЭС является значительное снижение расхода воды на мощность МВт % к уровню нормы (3,42 м<sup>3</sup>/(с·МВт)). Так, в ближайшее будущее (к 2024 году) планируется снижение расхода на 1%, а к 2035 году на 2%.

Гидроэнергетические энергоресурсы нашей и многих ведущих стран мира представлены на рис. 1.

Так же стоит понимать, что гидроэнергетика, как и любая энергетика на пути своем развитии сталкивается с рядом проблем, а именно:

- существуют определенные риски по строительству объектов ГЭС (затяжные сроки строительства);
- неурегулированный правовой статус водохранилищ, где планируется постройка объектов для гидроэнергетики.

Страны	Валовый гидроэнергетический потенциал	Технический гидроэнергетический потенциал	Экономический гидроэнергетический потенциал	Выработка действующих ГЭС	Освоение технических гидроэнергетических ресурсов
	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	%
Китай	6083	2500	1753	911,64	17
Россия	2784,3	1670	852	183,3	11
Бразилия	~2282	1250	763,5	391	31
Канада	2250	~981	~536	~353	36
Индия	2191,5	660	нет данных	114	17
США	4488	~528,5	376	269	51

**Рис. 1. Гидроэнергетические ресурсы мира**

Но, как я говорил выше, главным фактором и основной проблемой для развития гидроэнергетики (использования альтернативного способа добычи электроэнергии) является их недостаточная конкурентоспособность на рынке энергетики нашей страны.

### **Библиографический список**

1. Обухов, С. Г. Система генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов: учебное пособие / С. Г. Обухов. – 2008. – 140 с.
2. Лакутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии : учебное пособие / Б. В. Лакутин. – 2008. – 187 с.
3. Березовский Н. И. Технология энергосбережения : учебное пособие / Н. И. Березовский. – 2007. – 152 с.

## **MODEL STUDIO CS КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

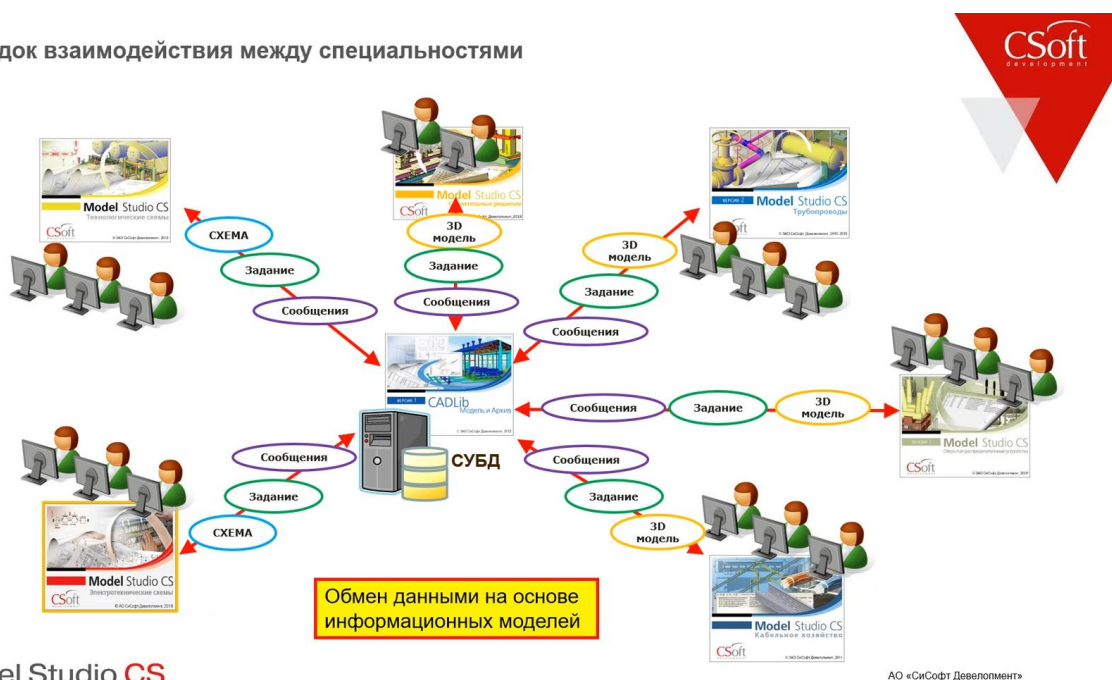
***Д. О. Старцева, Е. П. Зацепин***

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

Разработка проектов при совместном проектировании осуществляется разделением общей работы на отделы. Связь между смежными разделами осуществляется при обмене данными. В процессе рассмотрения данной статьи, нами будет рассмотрен раздел кабельное хозяйство, который посвящен системе комплексного трехмерного проектирования при разработке следующих разделов:

1. Электроснабжение;
2. Электроосвещение;
3. Автоматика и контроль.

#### Порядок взаимодействия между специальностями



Model Studio CS

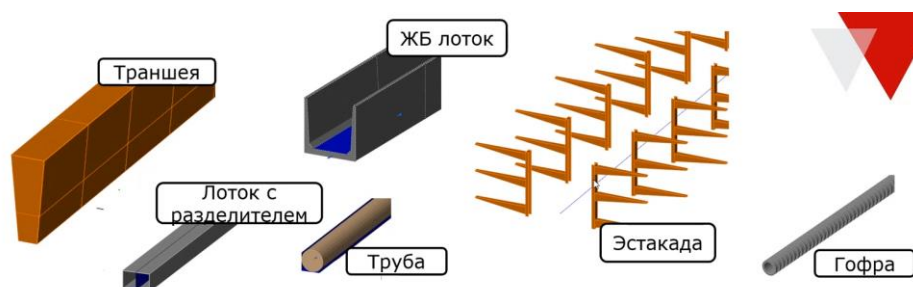
АО «СиСофт Девелопмент»

**Рис. 1. Процесс взаимодействия в проекте при использовании Model Studio CS**

Разберем более подробно функционал Model Studio CS Кабельное хозяйство:

1. Конструирование и компоновка кабельных трасс любой сложности.
2. Генерация планов, разрезов, сечений, видов, спецификаций, возможность настройки.

Одним из наиболее важных моментов при выборе данного ПО является наличие внушительной базы данных специализированных объектов (более 40 000 штук): шкафы, щиты, пульты, светильники, выключатели, розетки, кабели, датчики и приборы контроля, кабельные коробки и лотки, стойки, консоли, трубы, гофра, металлорукав, которые представим на рис. 2.



**Рис. 2. Элементы базы данных**

В итоге проделанной работы нами был проведен анализ возможности внедрения Model Studio CS Кабельное хозяйство в сферу BIM-проектирования, его преимущества и недостатки. Стоит отметить, что в обществе проектировщиков сложилось мнение о том, что Model Studio CS совместил в себе все плюсы от AutoCAD и Revit, переработанные ошибки и недочеты, которые стали достоинствами данного программного обеспечения.

### **Библиографический список**

1. Галкин, С. А. Опыт применения российской системы трехмерного проектирования Model Studio CS в ООО «ОйлГазПроект» / С. А. Галкин, А. В. Коростылев // САПР и графика. – 2020. – № 2. – С. 10 – 11.
2. Орельяна Урсуа, И. О. Разработки «СиСофт» – это решение для всех этапов жизни объекта / Орельяна Урсуа И. О. // CADmaster. – 2020. – № 1. – С. 4–5.

## **ОСНОВЫ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В DYNAMO ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В REVIT**

***В. С. Жуков, Е. П. Зацепин***

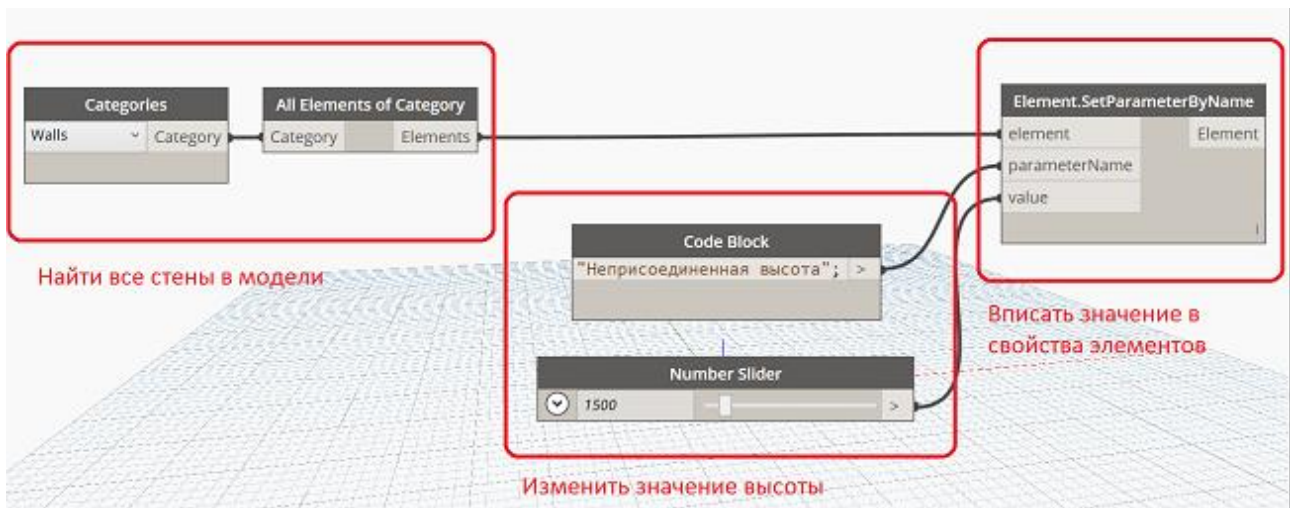
*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

Dynamo – является платформой, которая помогает расширить стандартный функционал проектирования в программе Autodesk Revit и сводит рутинные задачи проектирования к нажатию одной клавиши. В Dynamo есть такое базовое понятие, как нод. Нод – это графический блок, имеющий входные и выходные данные, при работе которого происходят какие-либо действия, описанные внутри нода на языке программирования Design Script.

На рисунке 1 представлено решение для изменения высотных отметок стен модели с помощью нодов Dynamo. Последовательность логики программы следующая: первый нод обозначает интересующую категорию (walls – стены), второй нод – по категории находит все элементы в проекте, которые соответствуют стенам.

На следующем этапе написания данной статьи разберем какие бывают ошибки при работе с Dynamo:

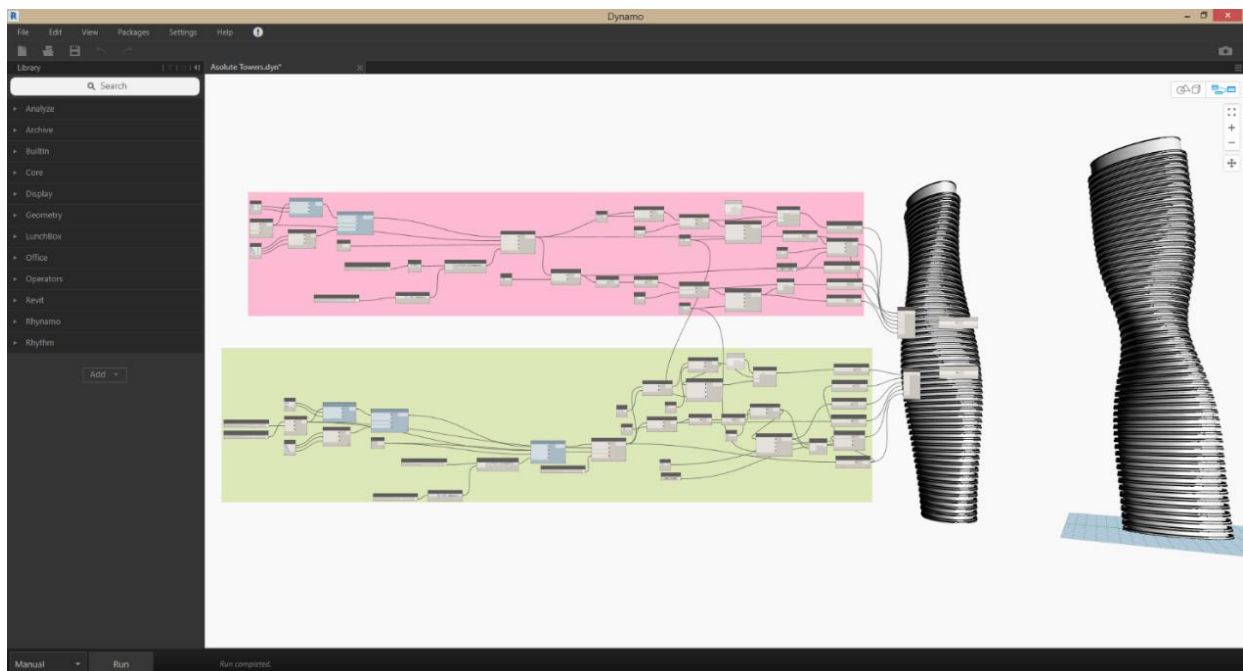
1. Наиболее частая проблема для новичков – расширение файлов Dynamo. Для Ревита 2017 это.DYN, а уже с более поздних версий – .dyn.



**Рис. 1. Применение узлов**

2. При работе скриптов часто наблюдается ситуация, когда происходят ошибки и скрипт выполняется не совсем корректно. Например, наличие пустых коллекций данных (списки, словари, строки) может вызвать у математических операторов ошибку, но сам скрипт выполнится. В таких случаях необходимо искать ошибки и исправлять их на месте.

В итоге нами был проведен анализ визуального программирования в среде Дупано, разобраны его преимущества и проблемы при работе. На рисунке 2 представлен пример реализации двух скриптов для построения сложной геометрии, аналогичным образом можно проектировать сложные технические системы, которые будут рассмотрены в следующих статьях.



**Рис. 2. Сложная геометрия в Дупано**

## Библиографический список

1. Смакаев, Р. М. Применение среды визуального программирования Dymato при разработке проекта здания в autodesk Revit / Р. М. Смакаев, Т. А. Низина // Основы ЭУП. – 2020. – № 2(21).
2. Данилов, М. Г. Практическое использование Dymato и языка программирования Python при проектировании зданий и сооружений / М. Г. Данилов, И. И. Андреев.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*А. Н. Поляков, Е. В. Карелина, Н. Ю. Субботина*

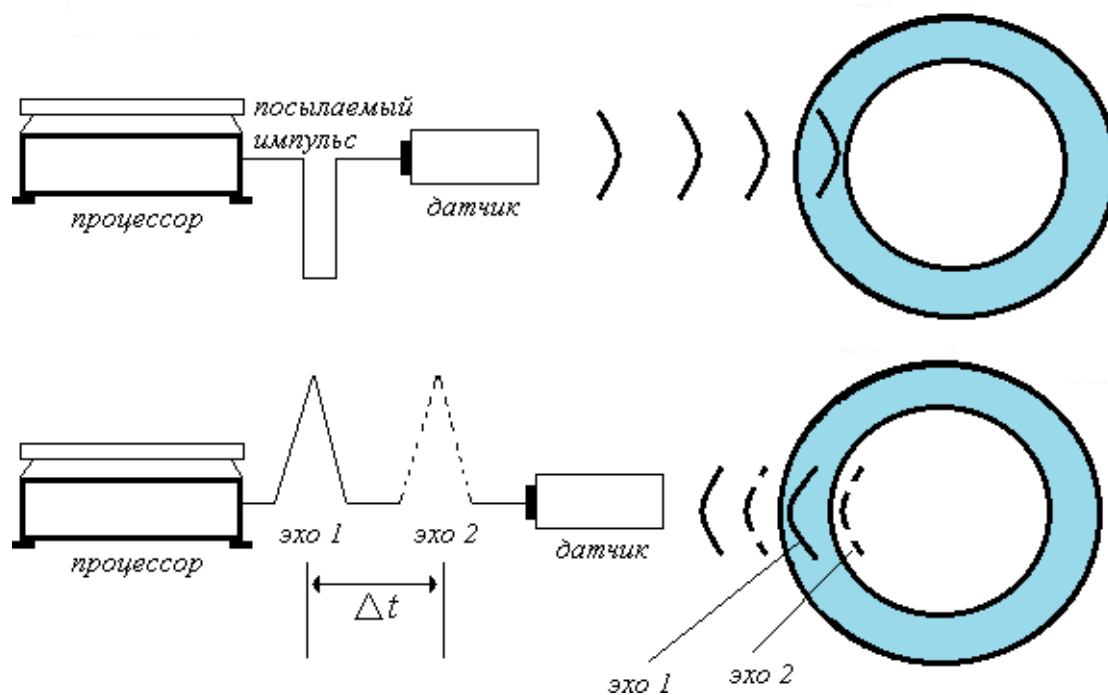
*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: artem.polyakov2011@yandex.ru)*

Постоянство геометрических и электрических параметров по всей длине кабелей и проводов определяет их качество. Эти параметры нормируются государственными стандартами и техническими условиями. Контроль изоляции кабельных изделий является одной из самых важных задач при их производстве. В настоящее время есть немало способов неразрушающего контроля. Рассмотрим и проанализируем основные из них.

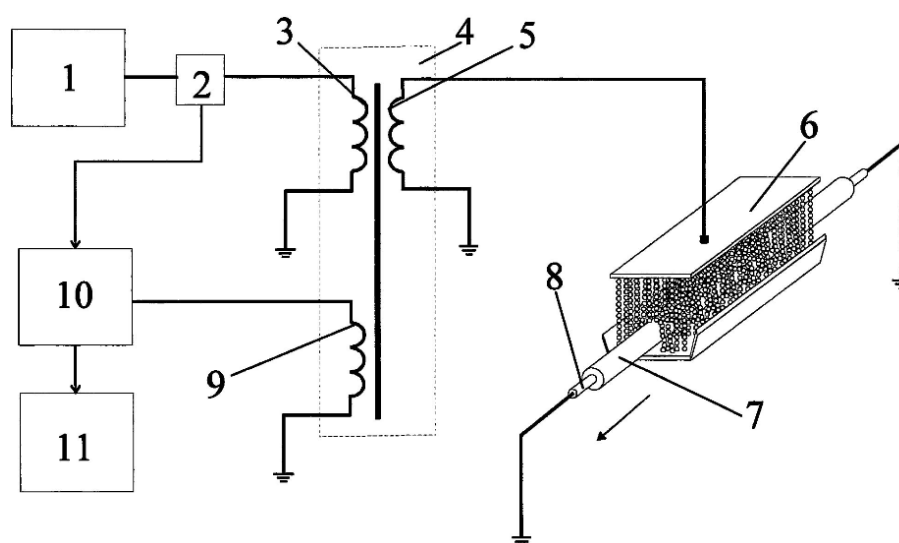
Ультразвуковой метод измерения толщины изоляции [1] заключается в том, что процессор посылает импульс пьезоэлектрическому датчику, который излучает звуковые волны. Когда эти звуковые волны переходят из одной области в другую, например, из воды в полимер, к пьезоэлектрическому преобразователю поступает энергия этих волн. При этом волны отражаются от наружного и внутреннего слоев. В итоге на приемный датчик поступает две отраженные волны, по которым высчитывается толщина слоя изоляции.

Недостатком данного метода является то, что измерение можно проводить только в воде. Приборы ультразвукового контроля дороже, чем оптические или емкостные приборы.

Используя электроискровой метод [2] неразрушающего контроля изоляции кабельного изделия, на поверхность участка изоляции провода подают непрерывное гармоническое напряжение. Далее фиксируют скачки тока через изоляцию, которые происходят при электрическом пробое изоляции. Получив измеренные значения тока и напряжения, вычисляют полное сопротивление участка изоляции и выявляют ее физические свойства.



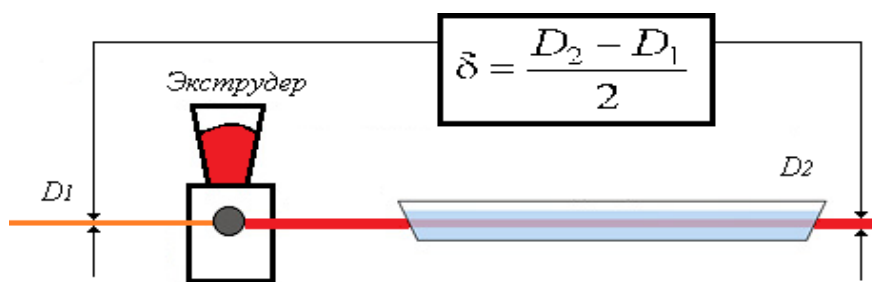
**Рис. 1. Измерение толщины изоляции с помощью ультразвука**



**Рис. 2. Схема устройства, реализующего электроискровой метод контроля изоляции кабельных изделий:**

- 1 – генератор; 2 – датчик тока; 3 – первичная обмотка; 4 – высоковольтный трансформатор;  
 5 – вторичная высоковольтная обмотка; 6 – электрод; 7 – кабельное изделие;  
 8 – токопроводящая жила; 9 – низковольтная вторичная обмотка; 10 – схема вычислений;  
 11 – устройство отображения и передачи информации

Измерение толщины изоляции оптическим методом [3], основаны на измерение разности диаметра. Сперва измеряется диаметр жилы провода, затем уже диаметр провода с изоляцией. И в конце считается средняя величина толщины изоляции (рис. 3).



**Рис. 3. Измерение толщины оптическим методом**

Таким образом, на основании проведенного анализа методов неразрушающего контроля изоляции кабельных изделий подобран наиболее удачный метод – электроискровой. Применение электроискрового метода позволит повысить качество выпускаемой продукции, что в свою очередь повысит надежность и долговечность работы подключаемой кабельной продукцией аппаратуры.

### **Библиографический список**

1. Коротков, М. М. Ультразвуковая толщинометрия : учебное пособие / М. М. Коротков. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 94 с.
2. Патю RU 2 491 562 C1. МПК G01R 31/08. Способ контроля изоляции кабельного изделия / Гольдштейн А. Е., Редько В. В., Бурцева Л. Б. – Патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Общество с ограниченной ответственностью «НПО Редвилл».
3. Бердалинов, С. Контроль параметров электрического провода в технологической в линии / С. Бердалинов // Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии Казахстан – 2050 : тез. докл. Республиканской студенческой науч. конф. Караганда, 11–12 апреля 2019. – Караганда : КарГТУ, 2019. – С. 334 – 335.

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора А. П. Пудовкина.*

### ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В МОДУЛЕ ВЫВОДА ШРИФТА БРАЙЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТРЕНАЖЕРА

*А. В. Медведева, А. А. Нечай, В. В. Леонов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nechai2212@gmail.com)*

В текущий момент времени адаптация людей, потерявших зрение, осуществляется посредством классических азбук Брайля, представляющих собой листы с выштампованным текстом. Ключевое неудобство подобных решений заключается в невозможности введения в процесс обучения интерактивной составляющей, которая позволит подстраивать учебный процесс под индивидуальные особенности каждого конкретного пациента [1, 2].

В качестве альтернативы предполагается использование автоматического тренажера, позволяющего с переменной скоростью выводить на рабочую панель задаваемый через внешнее устройство текст. Преимуществами подобного решения можно назвать возможность вывода текстов любой сложности и возможность в режиме реального времени управлять скоростью подачи символов на панель, что дает возможность делать процесс адаптации к восприятию тактильного шрифта более эффективным.

Ключевой проблемой практической реализации тренажера является выбор принципа действия в модуле вывода шрифта Брайля.

На данный момент для реализации доступно несколько различных технических решений. Первым из них можно назвать применение электроактивных полимеров для формирования перестраиваемой рельефной поверхности, позволяющей выводить элементы рельефно-точечного тактильного шрифта Брайля. Изображение концептуального проекта, базирующегося на данной методике, представлено на рис. 1.

Главной проблемой данной методики является то, что представленная технология является крайне дорогостоящей в реализации, что существенно усложняет реализацию подобных тренажеров в серийных масштабах.



**Рис. 1. Прототип системы вывода рельефно-точечного тактильного шрифта на базе электроактивных полимеров**

В качестве альтернативы было принято решение использовать в качестве задающих элементов рельефно-точечного тактильного шрифта было решено использовать активную радиоэлектронную компонентную базу.

В качестве задающих элементов было принято решение использовать соленоиды постоянного тока. При подаче на соленоид питающего напряжения в нем создается электромагнитное поле, которое позволяет втягивать стальной сердечник, формируя тем самым нулевые элементы шрифта. Соответственно, элементы, на которых напряжение отсутствует, задают единичные (выпуклые) элементы, формируя тем самым символы шрифта Брайля.

Ключевыми преимуществами представленной методики является низкая себестоимость получаемого модуля вывода, отсутствие зависимости от выводимого языка, а также оперативность переключения между символами.

Однако, представленный метод также не лишен недостатков. Так, в процессе реализации прототипа модуля вывода на основе активных радиоэлектронных компонентах была выявлена потребность в установке активной системы охлаждения, так как катушки индуктивности без дополнительного воздушного охлаждения нагревались до температуры в 84 градуса Цельсия, что при длительном использовании существенно снижает срок службы оборудования.

Ключевыми задачами дальнейшей разработки является снижение габаритных размеров выводимого символа, а также обеспечение оптимального теплообмена в конструкции электронного тренажера.

## Библиографический список

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## ВЫБОР МЕТОДОВ СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

*И. А. Некрылов, А. В. Малышева, А. М. Чепелева, Ю. Н. Панасюк*

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(nekrylov.ilya@mail.ru, anastasiya.malys@mail.ru, tchepeleva.sascha@yandex.ru)*

Разработка алгоритмов фильтрации для оценки координат воздушных судов должна учитывать прежде всего высокую точность и устойчивость в радиоэлектронных следящих системах (РЭСС).

На практике при разработке РЭСС выделяют три группы методов синтеза: классические методы, в которых используется преобразование Лапласа, Z-преобразование; эмпирические методы, которые используют интуицию и опыт разработчиков; методы, использующие описание и моделирование РЭСС в пространстве состояния [1 – 3].

С учетом достоинств и недостатков предпочтительным методом синтеза алгоритмов фильтрации РЭСС является описание и моделирование систем в пространстве состояния.

Описание систем в пространстве состояний основано на представлении их изменения в виде элементов  $x$  множества  $X$  возможных состояний. При таком представлении каждый элемент  $x$  множества  $X$  должен характеризовать состояние рассматриваемой системы. Обычно элементы  $x$  представляют набор фазовых координат РЭСС  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , который удобно отображать вектором  $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ , называемым вектором состояния. Вектор состояния является функцией непрерывного или дискретного времени [3]:

$$x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T; \quad (1)$$

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)]^T, \quad (2)$$

где  $t$  – текущее время, а  $k = 1, 2, \dots$  – номер дискрета времени.

Фазовые траектории непрерывных (1) и дискретных (2) систем представляются в виде дифференциальных и разностных уравнений. Это позволяет получить наглядные модели в форме, удобной для применения в ЭВМ. Модели (1) и (2) дают возможность на основе векторно-матричных представлений описать одномерные и многомерные системы с учетом сигналов управления  $u$ , шумов возмущения  $\xi$ , шумов измерения  $\xi_u$

В этом случае элементы пространственного состояния для непрерывных и дискретных систем можно представить в виде моделей [3]:

$$\dot{x}(t) = f[x(t), u(t), \xi_x(t), t]; \quad (3)$$

$$z(t) = h[x(t), \xi_u(t), t]; \quad (4)$$

$$x(k) = f[x(k-1), u(k-1), \xi_x(k-1), k]; \quad (5)$$

$$z(k) = h[x(k), \xi_u(k), k], \quad (6)$$

где  $f$  и  $h$  – вектор-функции.

Для получения оптимальных оценок фазовых координат объектов РЭСС (дальность, скорость, угловые координаты) необходимо располагать определенным объемом априорных сведений. К этим сведениям относятся: модели оцениваемого процесса и измерителей, законы распределения и статистические характеристики возмущений оцениваемого и наблюдаемого процессов и начальных значений оцениваемых фазовых координат. При гауссовском законе распределения достаточно знать лишь математические ожидания и дисперсии. Математический аппарат теории оценивания позволяет сформировать оценки, оптимальные по различным критериям [3]. Выбор критерия оптимизации зависит от полноты имеющейся информации и допустимой сложности устройства оценки фазовых координат.

Следует отметить, что методы оптимальной фильтрации фазовых координат базируются на использовании исходных моделей состояния и наблюдения (3 – 6) в многомерном пространстве состояний.

Таким образом, в процессе синтеза алгоритмов фильтрации измерителей фазовых координат, используемых в РЭСС для отслеживания воздушных объектов, целесообразно использовать метод описания и моделирования системы в пространстве состояний.

## Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

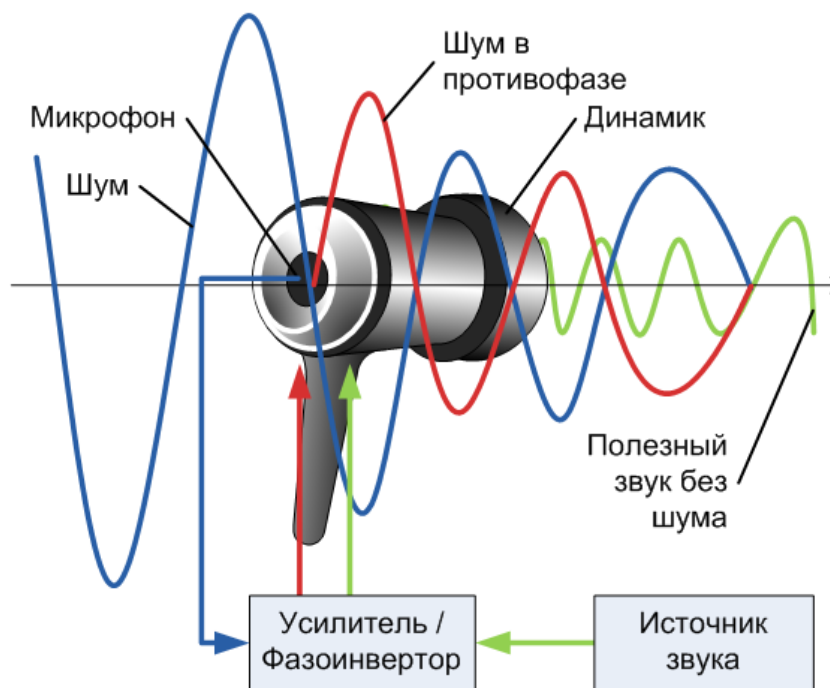
## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО УДАЛЕНИЯ ШУМОВ В СЛУХОВЫХ АППАРАТАХ ВОЗДУШНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

*А. А. Нечай, А. В. Медведева, В. В. Леонов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nechai2212@gmail.com)*

Актуальные слуховые аппараты воздушной проводимости используют в качестве основного метода обработки звукового сигнала перед выводом в слуховой проход пациента технологию Digital Signal Processing (DSP) [1, 2], базирующуюся на методах активного шумоподавления. В базовом варианте принцип действия адаптивного шумоподавления представлен на рис. 1.

Если рассматривать базовые принципы функционирования метода, то активное подавление шума можно описать как инвертирование шума. В реальности же при создании полнофункциональной системы подавления необходимо учитывать множество различных тонкостей. В частности, большое значение при первичной настройке имеет время прохождения шума от основного микрофона до барабанной перепонки. Если система моделирует путь распространения шума некорректно, то создаваемая ею защита окажется неточной и даже может усилить шум. Это является ключевым риском использования статичных цифровых фильтров [3].



**Рис. 1. Принцип действия технологии активного шумоподавления**

Важным шагом к повышению качества слухопротезирования является переход от статичных цифровых фильтров, которые работают только в строго заданном диапазоне, к методикам активной фильтрации, позволяющей слуховому аппарату реагировать на изменяющуюся шумовую обстановку и применять соответствующую ей обработку входящего звукового сигнала для наиболее эффективного выделения полезной информации.

Преимущество системы адаптивного шумоподавления заключается в том, что она позволяет учитывать физиологические особенности каждого пользователя благодаря первичной компьютерной адаптации. В дополнение к этому, адаптивное решение может отслеживать фактический шум и настраивать фильтры на основании его типа, чтобы сделать подавление максимально эффективным. Данная возможность реализуется за счет использования типизирующих паттернов шума, которые позволяют по маркерным особенностям определить категорию шума, и задать для него заранее внесенные в систему настройки.

Адаптивный фильтр использует микрофон контроля погрешностей или доли шума в полезном сигнале, что позволяет более точно моделировать то, что слышит пользователь. Так система может адаптироваться или перестраивать фильтры, обеспечивая лучшую защиту от шума для данного конкретного пользователя в конкретной акустической обстановке.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что применение адаптивной цифровой фильтрации звука является наиболее перспективным решением для повышения качества и эффективности слухопротезирования.

## Библиографический список

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

*Е. А. Антонов, К. Д. Раев*

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru, faleot1998@gmail.com)*

Механизм мультиплексирования или уплотнения с помощью использования ортогональных поднесущих частот часто определяет технологию построения систем связи с OFDM [1]. Положительные стороны такой технологии включают достаточно высокую устойчивость к межсимвольным помехам, связанным с многолучевым распространением сигналов, простую аппаратную реализацию, основанную на цифровой обработке сигналов, а также возможность использования различных методов модуляции для каждой поднесущей частоты [2], что определяет скорость передачи информации и помехоустойчивость системы связи [3]. Но неидеальность современных приемников и передатчиков, их фазовые шумы ограничивают эффективность работы таких систем связи.

Рассмотренные практические аспекты реализации технологии OFDM и анализ параметров компандирования, необходимых для обеспечения эффективной работы радиопередатчиков, а именно снижение энергетических затрат при работе передатчика за счет ограничения пик-фактора излучаемого сигнала дают возможность провести оптимизацию этих параметров. Известно, что рост пик-фактора негативно сказывается на сложности конструкции высокочастотного тракта от усилителей до антенны, ведет к снижению КПД высокочастотного оборудования, приводит к увеличению нелинейных искажений [4, 5]. Возможность

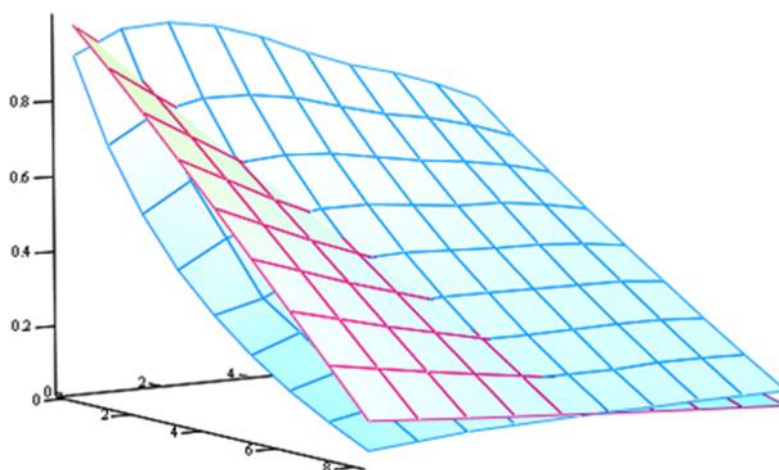
такой оптимизации обусловлена соответствующим выбором значения величин коэффициентов усиления УМ и величины порога PR.

Для решения задачи оптимизации параметров были выполнены следующие шаги:

1. Составлены массивы данных, отображающие зависимости величины ошибок в канале связи и пик-фактора от значений величины коэффициента усиления K2 УМ и величины порога PR.

2. Для наглядности построен трехмерный график двух плоскостей, в точках пересечения которых параметры УМ являются оптимальными.

3. Методом вычитания матриц, описывающих плоскости пик-фактора и величины ошибок, получен массив данных, нулевые и околонулевые значения которого можно считать точками пересечения двух плоскостей, а адреса этих значений – оптимальными параметрами нелинейного УМ.



**Рис. 1** Трехмерный график пересечения плоскостей пик-фактора и величины ошибки

Дальнейший выбор параметров среди полученных пар значений уже зависит от особенностей применения УМ и передатчика в целом, будь то жертвование снижением пик-фактора в пользу минимизации ошибок в канале связи или получение большого снижения пик-фактора ценой увеличения ошибок до максимально возможного предела, который позволяет распознать изначальный сигнал.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы на этапе проектирования / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков, М. А. Каменская // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 180 – 189.

2. Пудовкин А. П., Панасюк Ю. Н., Данилов С. Н., Москвитин С. П. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / Journal of Physics: Conference Series. Volume 1015, Issue 3, article id. 032112, pp. 1

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

*Д. Д. Горбачева*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: gorbacheva\_dd@mail.ru)*

Эффективность биотехнических систем – это фактор, который актуален во все времена. Новейшая медицинская техника стремится сочетать в себе такие качества, как надежность, эффективность и безопасность [1-7]. Как и все сферы медицины, сфера ультразвуковой диагностики не стоит на месте.

Ежегодна рынок ультразвуковых аппаратов пополняется все новыми и новыми аппаратами, которые способны конкурировать и противостоять друг другу. Производители хотят сделать свой аппарат качественным и комфортным для использования врачей-диагностов.

На сегодняшний день в сфере производства ультразвуковых аппаратов насчитывается около 20 конкурентоспособных производителей. Каждый производитель старается выпускать аппараты, учитывая все сферы и классы потребления ультразвуковых технологий. Среди аппаратов УЗИ выделяют следующие классы: 1) черно-белые устройства; 2) УЗИ-аппараты начального класса; 3) УЗИ-аппараты среднего класса; 4) УЗИ-аппараты высокого класса; 5) УЗИ-аппараты экспертного класса; 6) УЗИ-аппараты премиум класса.

Большой шаг в развитии ультразвуковой диагностики позволяют сделать УЗИ-аппараты премиум класса. Особенность ультразвуковых аппаратов экспертного класса заключается в доступной цене. За адекватную цену аппарат позволяет изучить анатомические структуры в высочайшем разрешении и новой архитектуре. Способен провести исследования, там, где не справятся другие УЗ-сканеры. В комплект аппарата входят передовые технологии и большое количество других функций.

Новейшие ультразвуковые аппараты премиум класса включают в свое программное обеспечение стандарт DICOM. DICOM позволяет организовать не только пересылку данных по сети, но и автоматическую обработку данных.

Он значительно уменьшает время подготовки и проведения исследований, управления изображениями и сопутствующей информацией.

В УЗИ-аппаратах премиум класса также есть функция для высокоточного исследования и анализа изображения. Такая функция носит название MultiView. MultiView также дает возможность мультиплановой реконструкции.

Премиальный аппарат для ультразвуковой диагностики также включает в себя технологию iStyle+. Технология iStyle+ создана специально для настройки аналоговой панели управления под нужды врача. Полный пакет iStyle+ предоставляет широчайший набор функций для совершенствования и автоматизации рабочего процесса, что повышает эффективность и производительность исследований и улучшает качество обследования пациента.

Прогресс современной медицины требует постоянного новшества и совершенствования медицинского оборудования. Благодаря инновациям в ультразвуковой диагностике повышается эффективность исследования, увеличивается быстродействие исследования и облегчается понимание врачом новых технологий.

### **Библиографический список**

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

## **ВНЕДРЕНИЕ АППАРАТОВ УВ И ЭУВ ТЕРАПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*Е. А. Дудина*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: ekaterina.dudina.2002@mail.ru)*

Экстракорпоральная терапия включает в себя индуцирование микротравм в пораженный участок неоднократно ударными волнами, тем самым стимулируя неоваскуляризацию в область, которая способствует заживлению тканей.

Ударные волны – это звуковые волны, которые обладают высокими амплитудами давления, а также временной способностью передачи энергии от места образования.

Экстракорпоральная ударно – волновая терапия была впервые внедрена в клиническую практику в 1982 году для лечения урологических состояний. Успех этой технологии для обработки мочевых камней быстро сделал его первой линии, неинвазивный и эффективный метод. Впоследствии, ЭУВТ был изучен в ортопедии, где было установлено, что он может ослабить цемент в общей артропластики бедра изменения. Кроме того, исследования на животных, проведенные в 1980-х годах показали, что ЭУВТ может увеличить костно-цементный интерфейс, повысить остеогенную реакцию и улучшить заживление переломов. Тем не менее, предлагаемые механизмы действия для ЭУВТ включают в себя следующее: способствовать неоваскуляризации на стыке сухожилий и костей.

К преимуществам ЭУВТ относят значительные интервалы между сеансами, вся процедура сеанса занимает 10...15 минут. Положительный эффект начинается сразу после процедуры. Однако существуют видимые различия между терапевтическим ультразвуком и ЭУВТ. Поскольку терапевтический ультразвук использует высокочастотные звуковые волны, в то время как ЭУВТ использует волны более низкой частоты, ультразвук может производить как тепловые, так и нетепловые эффекты в тканях, в то время как ESWT не приводит к нагревательным эффектам.

Аппарат ДУОЛИТ SD1 – системный аппарат комбинированной ударно – волновой терапии, который разработан для генерации двух видов волн – радиальных и фокусированных. Аппликатор плоских ударных волн P-SW является дополнительным аксессуаром. Система управления переведена на русский язык и реализована при помощи сенсорного экрана. Экстраординарная эффективность этого современного ЭУВТ – аппарата является следствием мощного и индивидуального настраиваемого диапазона энергий. С самого начала, завоевавшая популярность, как эффективный метод лечения воспалительно-дегенеративных заболеваний опорно-двигательного аппарата, ударно-волновая терапия в настоящее время претерпевает изменения и новые направления своего развития, а также практического применения. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия является показательным примером эффективного физиотерапевтического подхода. В результате врачи по всему миру получают выгоду от использования систем, разработанных Storz Medical AG. Это относительно новый метод, но со временем завоевывает большее внимание и авторитет, как среди больных, так и среди врачей. Сложная технология хороша настолько насколько опытные люди, использующие эту технологию. ЭУВТ терапия была показана для активации и распространения стволовых клеток в нескольких исследованиях.

## Библиографический список

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
2. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга / С. В. Фролов, М. А. Лядов, И. А. Комарова, О. А. Остапенко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2(46). – С. 66 – 75.

## УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ЭХОЛОКАТОРЫ

*Одеджоби Одевале Элия*

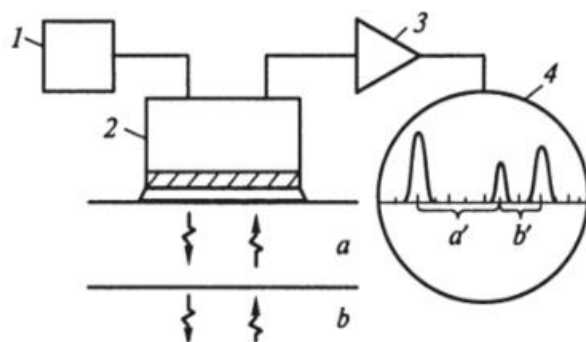
*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: benty50@yahoo.com)*

Ультразвук в медицинской практике находит исключительно широкое применение. Он используется в диагностике (энцефалография, кардиография, остеоденситометрия и др.), лечении (дробление камней, фонофорез, акупунктура и др.), приготовлении лекарств, очистка и стерилизации инструмента и препаратов.

В ультразвуковой диагностике используется как отражение волн (эхо) от неподвижных объектов (частота волны не изменяется), так и отражение от подвижных объектов (частота волны изменяется – эффект Доплера) [1 – 3]. Поэтому ультразвуковые диагностические методы делятся на эхографические и доплерографические.

Одномерные ультразвуковые эхолотаторы нашли широкое применение, например в диагностике гематом при черепно-мозговых травмах. С помощью эхоэнцефалоскопа измеряют и сравнивают расстояния от левой и правой височных костей до поверхности раздела двух полушарий (рис.1).

Поскольку поглощение ультразвука тканью мозга достаточно велико и растет с увеличением частоты, для эхоэнцефалографии используют сравнительно низкие ультразвуковые частоты – от 0,8 до 1,8 М Гц. В этом диапазоне частот при средней скорости ультразвука 1500 м/с длины ультразвуковых волн составят 1,5...0,8 мм, а поскольку точность измерений не может превысить половины длины волны, то смещение границы между полушариями можно определить с точностью до 1...1,5 мм. При эхоэнцефалографии более высокая точность, как правило, и не требуется.



**Рис. 1. Принцип одномерной эхолокации:**

1 – генератор импульсов; 2 – эхосонд; 3 – усилитель; 4 – экран осциллографа;  $a$  и  $b$  – толщины слоев тканей;  $a'$  и  $b'$  – соответствующие расстояния между импульсами на экране полушарий мозга, по смещению которым судят о наличии и величине гематом или других патологических нарушениях

Одномерная эхография удобна и для выявления внутрибрюшного и иного кровотечения при травмах живота. Известно, что в норме листки брюшины в боковых отделах живота плотно соприкасаются, а при скоплении крови или иной жидкости в брюшинной полости между ними появляется расстояние, легко фиксируемое одномерными эхолокаторами.

В настоящее время разработано много моделей ультразвуковых эхолокаторов для определения размеров различных тканей, значительно ускоривших процесс диагностики у людей и определения упитанности животных. Ультразвуковые локаторы безвредны, их использование не связано с болевыми ощущениями и не требует соблюдения условий стерильности.

Эхо-методы успешно применяют в маммографии для определения изменений в молочных железах женщин и диагностики патологий вымени. На эхограмме хорошо идентифицируются пики, свидетельствующие об отражении ультразвука от известных внутренних структур – подвешивающих связок, стенок молочных протоков, цистерн. По эхограмме можно определить асимметрию молочных желез, связанную с патологическими изменениями в них. Метод позволяет также обнаружить опухоли, очаги кальцификации, а также инородные тела в молочной железе.

### **Библиографический список**

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015 № 4(58). – С. 139 – 145.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ В КАБИНЕТЕ МРТ**

***Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, С. В. Проскураков***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: scorpio0751@gmail.com, awetini@gmail.com)*

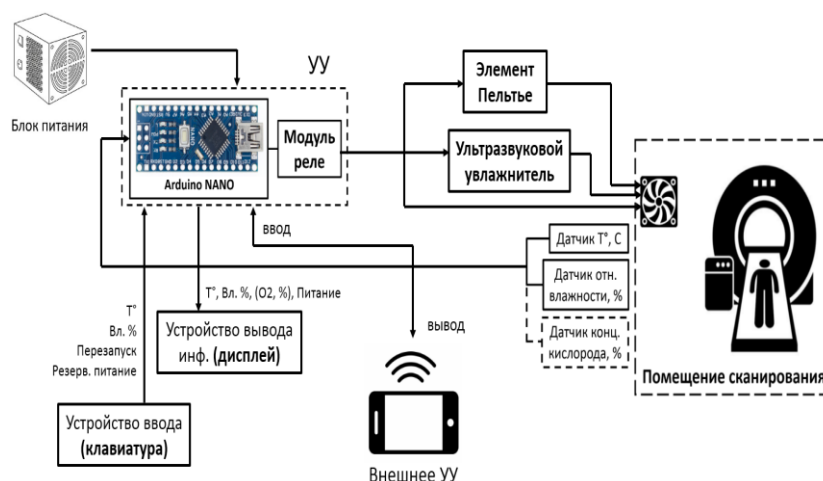
Магнитно-резонансная томография (МРТ) является прогрессивно развивающимся методом диагностики. Некоторые особенности оборудования для данного обследования вызывают потребность в управлении параметрами в кабинете, например, показателями микроклимата [1].

Инженер медицинской организации, обслуживающий аппарат МРТ и вспомогательные системы, имеет возможность дистанционного мониторинга, но это является недостаточным для полного контроля обстановки в кабинете. В силу ограниченной функциональности решений, представленных на рынке, при необходимости или возникновении аварийной ситуации, нет возможности удаленного: перезапуска системы, перехода на резервный источник питания/водоснабжения, изменения значений температуры и влажности.

В связи с этим является актуальным использование цифровых технологий для создания системы дистанционного управления параметрами в кабинете МРТ в рамках модели для разработки необходимых алгоритмов решения проблемы [2]. Предлагаемая принципиальная схема такой системы представлена на рис. 1.

Одним из ключевых моментов данной схемы является управление с помощью внешнего устройства (смартфона/планшета) через специализированное приложение, связанного с микроконтроллером посредством Wi-Fi или Ethernet.

В разрабатываемой нами модели создание графического интерфейса, приведенного на рис. 2, для внешнего устройства происходит с использованием онлайн конструктора RemoteXY.



**Рис. 1. Принципиальная схема модели интеллектуальной системы на основе Arduino Nano**



**Рис. 1. Графический интерфейс системы управления параметрами в кабинете МРТ**

Помимо управления параметрами температуры и влажности, имеется возможность визуализации концентрации кислорода в кабинете МРТ для немедленного обнаружения и устранения аварийных ситуаций, связанных с выбросом гелия.

### Библиографический список

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
2. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ**

***В. О. Умаров***

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

*(e-mail: valeraumarov@gmail.com)*

В связи с быстрым развитием науки, технологий и социальной экономики в новую эпоху уровень жизни людей постоянно повышается, спрос на электроэнергию также растет. Поскольку традиционный режим энергоснабжения больше не может удовлетворять потребности людей в электроэнергии, соответствующим предприятиям необходимо внедрять инновации в энергосистему. Технология автоматизации электрооборудования обладает характеристиками интеллектуализации и множеством функций, которые могут эффективно решать различные проблемы, существующие в энергосистеме. Внедрение технологии электрической автоматизации в энергосистему может значительно повысить эффективность работы, снизить потребление трудовых и материальных ресурсов на энергетических предприятиях, а также эффективно снизить вероятность ошибки человека.

Технология автоматизации постепенно получила широкое распространение благодаря совершенствованию компьютерных технологий. На основе достаточного количества экспериментальных данных, предоставленных системой моделирования, технология электрической автоматизации может проводить синхронные эксперименты для установившихся и переходных состояний различных типов и различных энергосистем, помогать исследователям в тестировании новых устройств. Множество различных устройств управления могут образовывать с ними замкнутую систему, гибко обеспечивая условия высокого качества для систем передачи и экспериментируя с интеллектуальными стратегиями управления защитой. Внедрение системы моделирования в реальном времени в энергосистеме обеспечивает удобные условия для углубленного изучения имитационного моделирования энергосистемы в реальном времени и мониторинга динамических характеристик нагрузки, чтобы построить лабораторию с условиями моделирования в реальном времени.

Интеллектуальная защита в настоящее время достигла продвинутого уровня в области комплексной автоматизации. В то же время в области интеллектуальной защиты техники автоматизации ее лидирующие позиции очевидны во всем мире. Устройство иерархической комплексной автоматизации, подходит

для электростанций с различным уровнем напряжения. В электрическом автоматическом защитном устройстве применяются новейшие сетевые средства связи, искусственный интеллект, теория интегрированного автоматического управления, адаптивная теория, новые компьютерные технологии и т.д. Новое исследование принципа автоматической защиты электрической системы было проведено с целью постоянного повышения уровня ее безопасности, так что новое устройство защиты имеет преимущество интеллектуального управления.

Применение системы управления информацией – одна из наиболее широко используемых технологий в компьютерных технологиях. Комбинация компьютерных технологий и технологий электрической автоматизации сформирует интеллектуальную технологию управления для всего, называемую технологией интеллектуальных сетей. Технология интеллектуальных сетей – это типичная технология управления, которая охватывает производство, передачу и преобразование электроэнергии, диспетчеризацию, распределение, пользовательские и другие связи. Среди технологий, система контроля устойчивости и система автоматизации подстанции широко используются в системе компьютерных технологий. В определенной степени его можно рассматривать как прототип нынешней интеллектуальной сети, которая также закладывает определенную основу для построения интеллектуальной сети. В процессе строительства необходимо полагаться на большое количество компьютерных технологий. Следовательно, необходимо обладать характеристиками надежности, двунаправленности и реального времени. Эта система требует современных передовых сетевых коммуникационных технологий, и ее существование полностью зависит от компьютерных технологий, поэтому в то же время она имеет систему управления информацией.

Таким образом, энергетическим предприятиям необходимо улучшить технологию электрической автоматизации и повысить эффективность работы энергосистемы, чтобы повысить эффективность практического применения технологий электрической автоматизации.

### **Библиографический список**

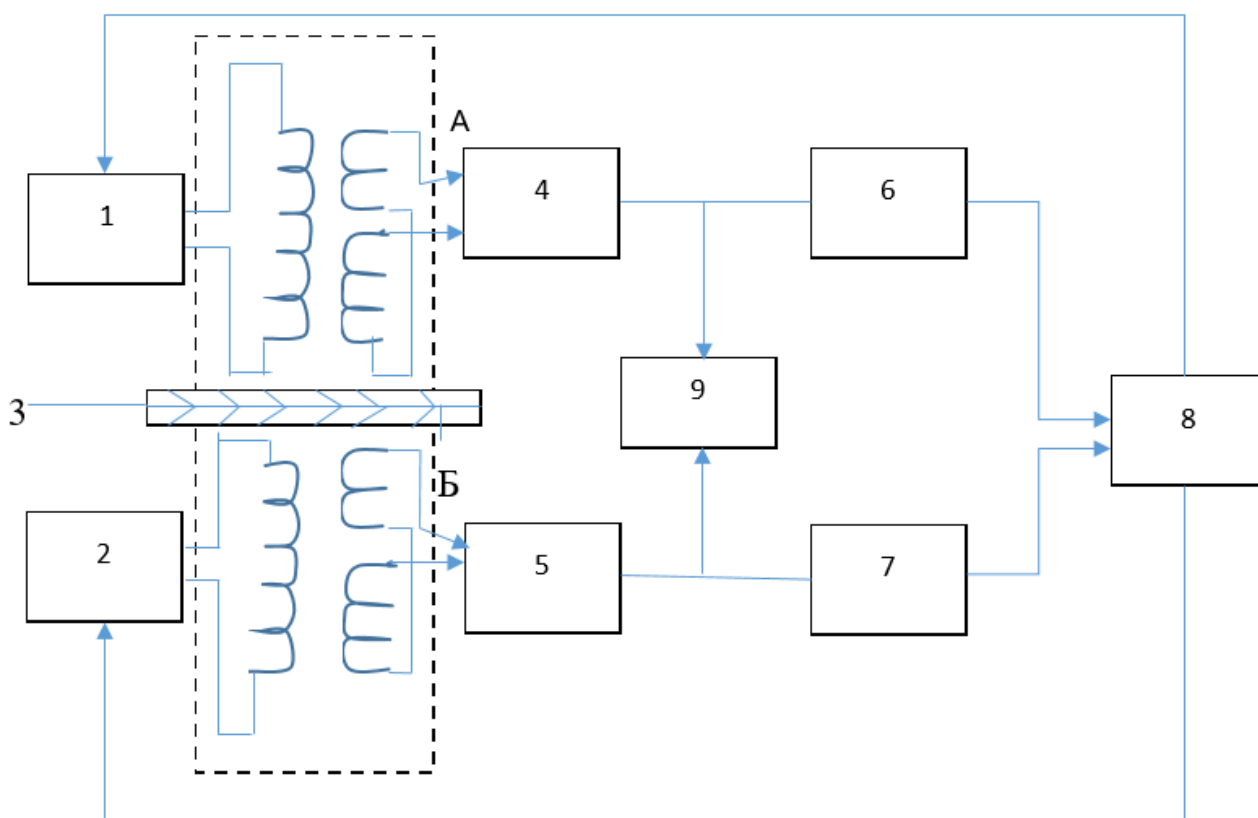
1. Горелик, Т. Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии «цифровая подстанция». Первый российский прототип / Т. Г. Горелик, О. В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация – 2012. – № 1(05). – С. 86 – 89.
2. СО 34.35.310 (РД 34.35.310-97). Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем.

# ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ БИМЕТАЛЛА С ФЕРРОМАГНИТНЫМ ОСНОВАНИЕМ

*Е. В. Карелина*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: katyunya\_karelina@mail.ru)*

Для реализации метода непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием [1, 2], рассмотрим информационно-измерительную систему (ИИС), блок – схема которой представлена на рис. 1. ИИС имеет два отдельных измерительных канала А и Б с двумя отдельными генераторами 1 и 2, демодуляторами 4 и 5, усилителями прямого тока 6 и 7. На выходе каждого канала выдается выпрямленное напряжение, пропорциональное результату измерения датчиками А и Б устройства непрерывного контроля соотношения толщин слоев биметалла 3. Эти выходные напряжения подаются в контрольно-управляющее микропроцессорное устройство 8. С выходов демодуляторов предусмотрена подача измерительных напряжений на регистрирующее устройство.



**Рис. 1. Блок-схема информационно-измерительной системы**

Работа ИИС заключается в следующем. Взаимоиндуктивные датчики А и Б включены по дифференциальной трансформаторной схеме. Одна обмотка каждого датчика питается переменным напряжением постоянной величины, поступающее с генераторов 1 и 2. Частота питающих напряжений определяются толщиной, электрофизическими свойствами контролируемых слоев биметалла и геометрическими параметрами датчиков. За счет магнитной связи между обмотками во вторичных обмотках наводится э.д.с. Изменение измеряемого параметра приводит к изменению связи между обмотками и к изменению э.д.с. на вторичных обмотках, которые включены последовательно – встречно.

На выходе датчиков будет действовать переменные напряжения пропорционально измеряемым толщинам слоев. Для выделения сигнала измерительной информации из промодулированного напряжения несущей частоты предназначены фазочувствительные демодуляторы 4 и 5. На выходе демодуляторов создается выпрямленное напряжение, пропорциональное по величине измеряемым толщинам слоев биметалла. Выпрямленные и усиленные усилителями постоянного тока 6 и 7 напряжения подаются на входы микропроцессора 8, где по градуировочным характеристикам определяются соотношения толщины слоев биметалла.

Таким образом, рассмотренная информационно-измерительная система позволяет непрерывно в процессе производства биметалла осуществлять контроль толщины слоев материала.

### **Библиографический список**

1. Карелина, Е. В. Метод контроля толщины слоев биметалла / Е. В. Карелина, Н. Ю. Субботина, А. Н. Поляков // Энергосбережение и эффективность в технических системах : тез. докл. VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

2. Пат. RU2399870 С1. МПКG01B7/06 G01№27/90. Способ непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / Д. В. Семенко, А. П. Пудовкин. – Заявка 20091237/28, Подача 2009.06.22. Публ. 2010.09.20.

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора А. П. Пудовкина*

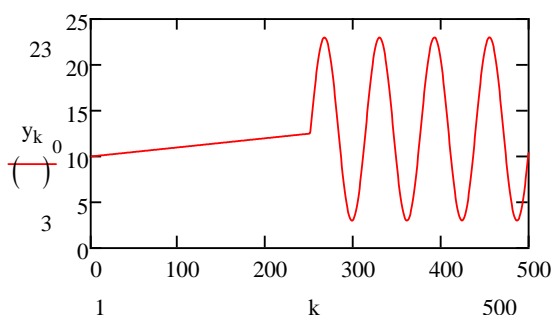
# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРОВ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И РАССТОЯНИЕ ДО ОБЪЕКТА

*М. В. Алексеев*

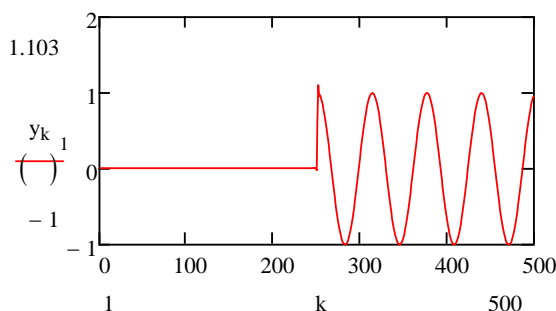
*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: alexeew41@gmail)*

Человечество уже давно вступило в век высоких технологий, однако проблема наиболее точного и наименее энергозатратного отслеживания цели остается актуальной и по сей день. В данной работе будет рассмотрена система, состоящая из парциальных фильтров (широкополосный и узкополосный фильтры) и, для сравнения, фильтра Калмана, учитывающих изменение не только дальности, но и радиальной скорости объекта слежения. Исследование влияния изменения скорости на отслеживание цели, с одной стороны, усложняет процесс отслеживания, но с другой – позволяет исследовать более близкую к реальной модель движения объекта и увеличить точность отслеживания.

На первом этапе сигнал с системы первичных измерителей дальности поступает на вход парциальных фильтров, далее, основываясь на статистическом анализе результатов фильтрации, формируется сигнал, как взвешенная сумма сигналов парциальных фильтров. Также, на вход может быть подан сигнал с первичного измерителя скорости. Модель движения объекта, используемая в данной работе представлена на рис. 1 и 2.



**Рис. 1. Изменение дальности до объекта**



**Рис. 2. Изменение скорости объекта**

Для сравнения сигнал первичного измерителя также оценивался с помощью двумерного фильтра Калмана, чтобы определить выигрыш в точности при использовании предлагаемого подхода. Это также делалось для варианта с измерением скорости сближения и без измерения.

Данный метод показывает большую точность по сравнению с традиционно используемым фильтром. И, как и следовало ожидать, применение измерителя скорости улучшает точность, но получена количественная оценка точности для этого случая. Еще одним немаловажным достоинством использования предлагаемого метода по сравнению с переключаемым по невязке фильтром, является отсутствие переключений между широкополосным и узкополосным фильтрами, что повышает устойчивость системы оценивания.

Наглядно выигрыш по точности исследуемых фильтров в сравнении с другим представлено в виде таблицы (табл. 1). За главный параметр точности была взята величина среднеквадратической погрешности.

### 1. Погрешности фильтров

	Без маневра	Маневр	Среднее
Двухмерный фильтр Калмана	0,34	1,242	0,791
Исследуемая система без измерителя скорости	0,223	0,83	0,526
Исследуемая система с измерителем скорости	0,15	0,228	0,189

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предложенная система фильтров имеет почти четырехкратное преимущество по точности в сравнении с двухмерным фильтром Калмана и более чем двукратное относительно той же системы, но без измерения скорости.

### Библиографический список

2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).

2. Курносков Р.Ю., Чернышова Т.И., Каменская М.А. Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: сб. тр. XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14-20 сентября 2018 г., Алушта. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. 280с.

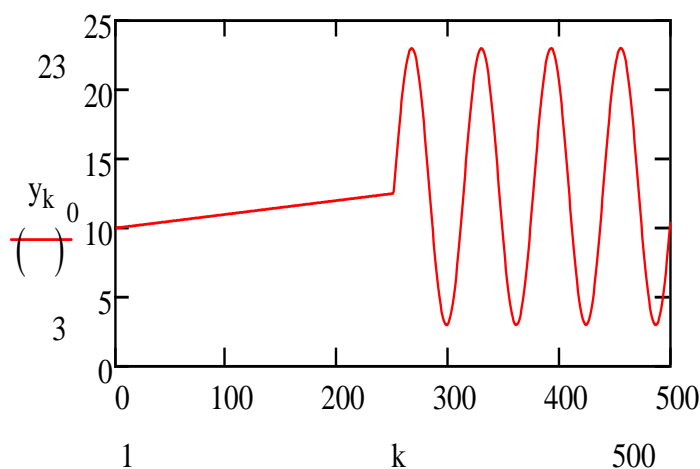
# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРОВ, УЧИТЫВАЮЩАЯ РАССТОЯНИЕ ДО ОБЪЕКТА

*В. С. Аустов*

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: aistov.volk-vovan@mail.ru)*

В настоящее время необходимость отслеживания движения, например самолета или наземного транспортного средства заставляет инженеров разрабатывать измерители, которые смогут при относительной простоте конструкции выдавать как можно более точную оценку измерения координат. В данной статье рассмотрена упрощенная система (которая будет отслеживать исключительно перемещение объекта без измерения скорости) состоящая из системы парциальных фильтров (узкополосного и широкополосного). Для сравнения использован обычный фильтр Калмана.

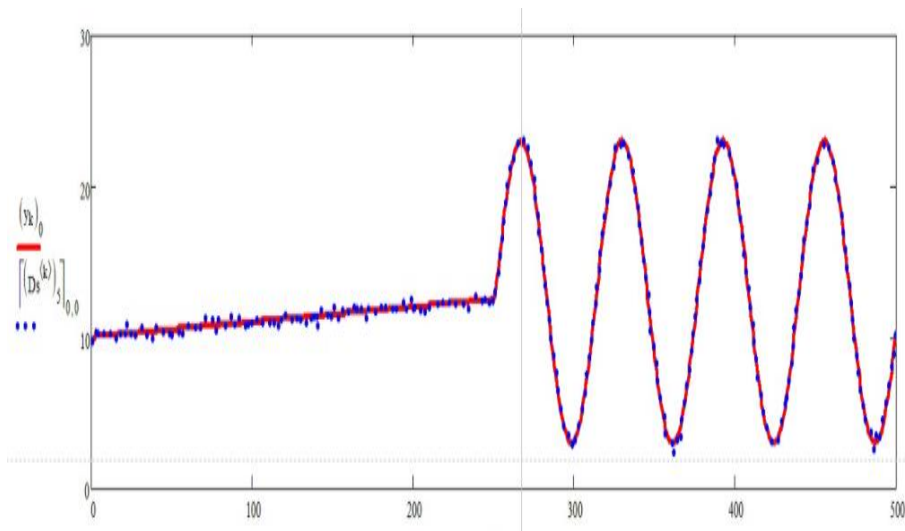
С выхода первичного измерителя на вход системы подавался тестовый сигнал, изображенный на рис. 1.



**Рис. 1. Изменение дальности до объекта**

На начальном этапе сигнал, полученный с первичного измерителя, принимается на вход системы, состоящей из двух фильтров, один из которых настроен на резкое, другой – на плавное изменение координаты объекта в пространстве. Далее, на основе статистического анализа (оценки распределения плотностей вероятностей невязок) формировался сигнал, как взвешенная сумма сигналов парциальных фильтров.

Полученная на выходе оценка измерительной системы показана на рис. 2.



**Рис. 2. Оценка параметров сигнала**

Здесь красной линией обозначен тестовый сигнал, поданный на вход измерителя, синими точками обозначена оценка данного сигнала после прохождения измерительной системы.

Для сравнения точности определения расстояния сигнал первичного измерителя также оценивался с помощью двухмерного фильтра Калмана для определения целесообразности использования предложенного подхода.

Данный метод показал большую точность в сравнении с фильтром Калмана. Дополнительным плюсом является то, что в сравнении с фильтром, переключаемым по невязке, предложенный фильтр показывает хорошую устойчивость системы отслеживания за счет отсутствия переключений между широкополосным и узкополосным фильтрами.

Результаты сравнения точности исследуемого фильтра и фильтра Калмана представлены в табл. 1. За главный параметр точности была взята величина среднеквадратической погрешности.

### 1. Погрешности фильтров

Кол-во отсчетов	Без маневра	Маневр	Среднее
Двухмерный фильтр Калмана	0,34	1,242	0,791
Исследуемая система	0,223	0,83	0,526

Таким образом, рассмотренная в этой статье система показала весьма хороший результат относительно обычного фильтра Калмана. Из анализа результатов видно, что исследуемая система фильтров показывает погрешность оценивания, которая почти в два раза лучше нежели у сравниваемого фильтра Калмана.

## Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics : Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics : Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ ВИХРЕТОКОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ И ОБЪЕКТОМ КОНТРОЛЯ

*И. В. Кулешов, А. П. Пудовкин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: kuleshov.ilja2017@yandex.ru)*

На основе анализа литературных данных и состояния производства биметалла установлено, что методы и средства контроля толщины его слоев в процессе изготовления, как при массовом, так и при мелкосерийном производстве для повышения точности изготовления, производительности контроля и обеспечения профилактики брака недостаточно эффективны.

Решение этих задач связано как с совершенствованием технологического оборудования для производства биметалла, так и автоматических средств измерения. В качестве основного метода контроля толщины слоев биметалла выбран вихретоковый метод [1], так как он обладает необходимой точностью и быстродействием, а информация об измерении находится в удобном виде для дальнейшей обработки в автоматическом режиме.

Целью данной работы является разработка устройства для проведения натурального эксперимента, связанного с изучением влияния зазора между вихретоковым преобразователем (ВТП) и объектом контроля на вносимое сопротивление ВТП.

Разработанная установка (рис. 1) состоит из основания 1, на котором располагается объект контроля (ОК) 2, соединяющей скобы 3, в верхней части которой находится перпендикулярно основанию рабочий цилиндр 4, соединительной шайбы 5 соединенной с цилиндром 4 и удерживающей собой

измерительную головку (ИГ) 6. Внутри рабочего цилиндра находится шток 7, который прижимается пружиной 8 к шпинделю ИГ. На штоке устанавливается один из нескольких ВТП 9, имеющих различные геометрические размеры и разное число витков провода.

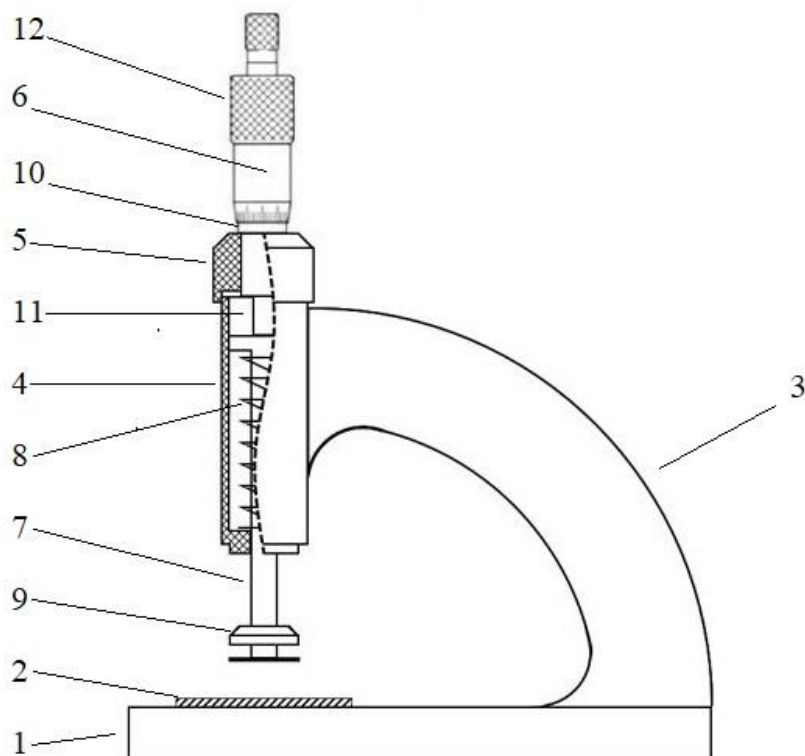


Рис. 1. Устройство для проведения исследования

Измерительная головка состоит из корпуса 10, внутри которого устанавливается микрометрический винт 11, и барабан 12.

Принцип действия установки состоит в следующем: при прокручивании барабана 12 против или по часовой стрелке происходит продольное перемещение микрометрического винта 11 относительно неподвижного корпуса 10, и при этом винт упирается в подпружиненный шток 7, на конце которого установлен ВТП 9. По шкале, нанесенной на корпусе 10 контролируется перемещение измерительной катушки относительно неподвижного ОК. Для минимизации негативного влияния на результаты измерения основание, соединительная скоба, рабочий цилиндр, шток выполнены из диэлектриков, а части, которые не возможно заменить на диэлектрические аналоги расположены на максимальном расстоянии от зоны контроля.

С помощью установки проведены исследования ВТП со следующими параметрами: наружный диаметр – 10 мм, внутренний диаметр – 4 мм, сечение провода – 0,1 мм, сопротивление 13,9 Ом.

## Библиографический список

1. Пат. 2 399 870 Российская Федерация, G01B 7/06. Способ непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / Д. В. Семенов, А. П. Пудовкин ; патентообладатель – Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» ГОУ ВПО «ТГТУ» – № 2009123714 ; опубли. 20.09.2010, Бюл. № 26. – 8 с.

2. Плужников, Ю. В. Выбор параметров датчика для бесконтактных измерений толщины биметаллов методом вихревых токов / Ю. В. Плужников, А. В. Колмаков, А. П. Пудовкин // VII науч. конф. ТГТУ : тез. докл. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – Ч. 1. – 320 с.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАЛЬНОСТИ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

*А. А. Мжельский, Ю. Н. Панасюк, С. В. Панфилов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: mzhelskiya@yandex.ru, pyunikol@rambler.ru)*

Актуальной задачей обработки информации является синтез оптимальных алгоритмов оценивания стохастических процессов со скачкообразно меняющейся в случайные моменты времени структурой. Алгоритмы сопровождения с учетом теории систем со случайной скачкообразной структурой позволяет производить обработку информации с использованием нескольких моделей для совместной оценки фазовых координат воздушных судов.

Разработанный алгоритм представляет собой двухмерный и трехмерный фильтры с дальнейшей совместной оценкой дальности, основанный на выражениях калмановской фильтрации.

Алгоритм функционирования первого фильтра для оценки дальности, скорости и ускорения по линии визирования:

$$D_o(k+1) = D_{o1}(k+1) + K_{y11}(k+1)\Delta D_1(k+1); \quad (1)$$

$$V_{o1}(k+1) = V_{o1}(k+1) + K_{y21}(k+1)\Delta V_1(k+1); \quad (2)$$

$$a_{o1}(k+1) = a_{o1}(k+1) + K_{y31}(k+1)\Delta D_1(k+1); \quad (3)$$

$$D_{o1}(k+1) = D_{o1}(k) + V_{o1}(k)\tau + 0,5a_o(k)\tau^2; \quad (4)$$

$$V_{o1}(k+1) = V_{o1}(k) + a_o(k)\tau; \quad (5)$$

$$a_o(k+1) = (1 - \alpha_\phi\tau)a_o(k); \quad (6)$$

$$\Delta D_1(k+1) = D_{и1}(k+1) - D_{o1}(k+1). \quad (7)$$

Алгоритм функционирования второго фильтра для оценки дальности и скорости:

$$D_{o2}(k+1) = D_{o2}(k) + K_{y11}(k+1)\Delta D_2(k+1); \quad (8)$$

$$V_{o2}(k+1) = V_{o2}(k) + K_{y21}(k+1)\Delta V_2(k+1); \quad (9)$$

$$D_{o2}(k+1) = D_{o2}(k) + V_{o2}(k)\tau; \quad (10)$$

$$V_{o2}(k+1) = (1 - \alpha_\phi\tau)V_{o2}(k); \quad (11)$$

$$\Delta D_2(k+1) = D_{и2}(k+1) - D_{o2}(k+1). \quad (12)$$

Модель системы для совместной оценки дальности воздушного судна по линии визирования со случайной скачкообразной структурой при использовании двух моделей

$$D_o(k) = \sum_{m=1}^2 W_m(k-1)D_{om}(k-1), \quad m=1, 2, \quad (13)$$

где  $W_m$  – весовые коэффициенты оценок фильтрации 1 и 2 фильтров.

Таким образом, разработан алгоритм совместной обработки информации от двухмерного и трехмерного фильтров, который позволит получить лучшие точностные характеристики измерителя дальности по сравнению с классическими фильтрами.

### Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).

2. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах: учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.

3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

# ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ КООРДИНАТ

*В. В. Евтеев, Ю. Н. Панасюк*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: bkushb@mail.ru, pyunikol@rambler.ru)*

Задачей синтеза является получение алгоритмов функционирования систем радиоуправления, наилучших (оптимальных) в том или ином смысле. Наилучшими являются алгоритмы, обеспечивающие высокую точность и устойчивость радиоэлектронных следящих систем (РЭСС), низкую чувствительность к изменению условий функционирования при наличии информационных, вычислительных и энергетических ограничений.

Описание процессов и систем в пространстве состояний основано на представлении их эволюции в виде элементов  $x$  множества  $X$  возможных состояний. Обычно элементы  $X$  представляют набор  $x_1, x_2, \dots, x_n$  упорядоченной совокупности действительных чисел, который удобно отображать вектором  $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ , называемым вектором состояния. При рассмотрении эволюций процессов или систем в пространстве состояний этот вектор, в общем случае является функцией непрерывного или дискретного времени:

$$x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T ; \quad (1)$$

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)]^T , \quad (2)$$

где  $t$  – текущее время, а  $k = 1, 2, \dots$  – номер дискрета времени.

Фазовые траектории непрерывных (1) и дискретных (2) процессов и систем представляются в виде дифференциальных и разностных уравнений. Это позволяет получить естественные, физически наглядные модели в форме, удобной для применения в ЭВМ. Модели (1) и (2) дают возможность на основе векторно-матричных представлений унифицировать описание одномерных, многомерных, стационарных, нестационарных и широкого круга нелинейных процессов и систем. Кроме того, такие модели пригодны для описания как замкнутых (автономных) систем и процессов, не взаимодействующих с другими системами и процессами, так и систем, в которых указанные взаимодействия имеют место. В последнем случае вводятся сигналы управления  $u = [u_1, u_2, \dots, u_r]^T$ , возмущения

$\xi = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n]^T$ , измерения (наблюдения)  $z = [z_1, z_2, \dots, z_m]^T$ . В такой ситуации элементы пространственного состояния для непрерывных и дискретных процессов и систем можно представить в виде моделей:

$$\dot{x}(t) = f[x(t), u(t), \xi_x(t), t]; \quad (3)$$

$$z(t) = h[x(t), \xi_u(t), t]; \quad (4)$$

$$x(k) = f[x(k-1), u(k-1), \xi_x(k-1), k]; \quad (5)$$

$$z(k) = h[x(k), \xi_u(k), k], \quad (6)$$

где  $f$  и  $h$  – в общем случае нелинейные вектор-функции;  $\xi_x$  и  $\xi_u$  – векторы возмущений процессов и систем, а также шумов измерений.

Математический аппарат теории оценивания позволяет сформировать оценки, оптимальные по различным критериям: наименьших квадратов, минимума СКО, максимального правдоподобия и максимальной апостериорной вероятности. Выбор критерия оптимизации зависит от полноты имеющейся информации и допустимой сложности оценивателя. Развитие нелинейной фильтрации весьма важно для формирования радиолокационных алгоритмов сопровождения воздушных целей.

Поскольку во многих случаях дальность, скорость и ускорение имеет нелинейный характер, оптимальные фильтры имеют сложную структуру, описываемую нелинейными уравнениями.

Следует отметить, что методы оптимальной фильтрации фазовых координат базируются на использовании исходных моделей состояния и наблюдения в многомерном пространстве состояний.

Таким образом, в процессе синтеза оптимальных алгоритмов фильтрации измерителей координат, используемых в РЭСС для отслеживания воздушных целей, целесообразно использование современных методов, базирующихся на представлении системы в пространстве состояний в виду ряда преимуществ по сравнению с эмпирическим и классическим методами.

### Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ**

*В. В. Крапивина, Т. А. Фролова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: krapivina0202@gmail.com)*

В понятие моделирования современная наука вкладывает гораздо более широкое и глубокое содержание, чем то, которое вкладывалось в это понятие ранее. Когда при моделировании используется известная информация об объекте, речь идет об информационном моделировании. Согласно ГОСТ Р ИСО 10303-1-99, «информационная модель (information model) – это формальная модель ограниченного набора фактов, понятий или инструкций, предназначенная для удовлетворения конкретному требованию». Информационная модель изделия (product information model) содержит абстрактное описание фактов понятий и инструкций об изделии [1-3]. Согласно ГОСТ 2.053–2006, «Информационная модель (изделия) – совокупность данных и отношений между ними, описывающая различные свойства реального изделия, интересующие разработчика модели и потенциального или реального пользователя».

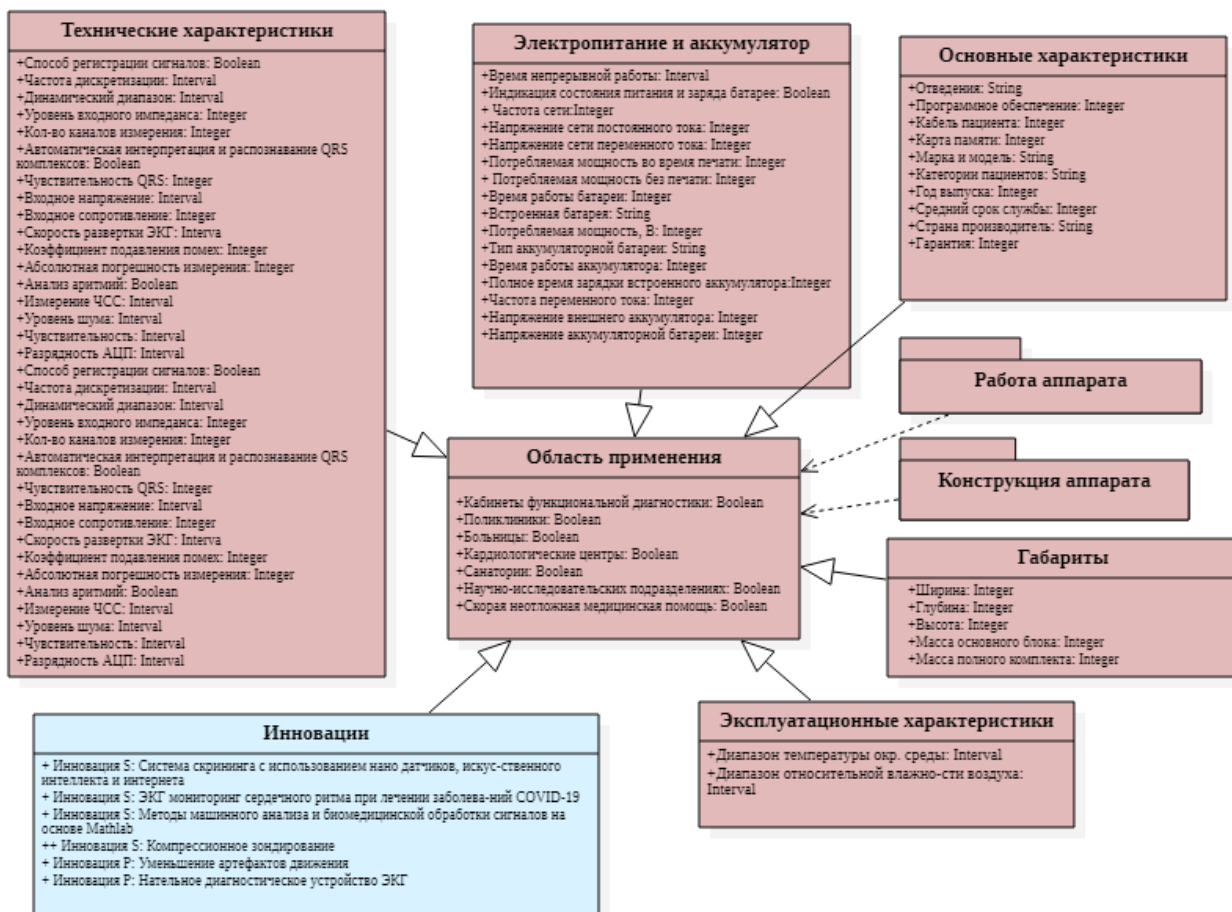
Для составления информационной модели аппарата электрокардиографа были рассмотрены 10 технических заданий на закупку аппаратов ЭКГ. Информационная модель разработана на языке UML. Для выявления инноваций был произведен патентный обзор и обзор статей в системе Scopus.

На рисунке 1 представлена информационная модель в виде пакета классов, образующих изделие медицинской техники (ИМТ) – «Электрокардиограф».

На представленной модели пометка «Инновация Р» соответствует инновационным параметрам, найденным с помощью патентного поиска, а пометка «Инновация S» – это инновации согласно статьям, найденным по теме исследования в поисковой системе Scopus.

Целью инновации «ЭКГ мониторинг сердечного ритма при лечении заболеваний COVID-19» является мониторинг за реакцией организма и сердечного цикла на принимаемые лечебные препараты.

Цель инновации «Методы машинного анализа и биомедицинской обработки сигналов на основе Matlab» заключается в различных методах обработки сигналов, шумоподавление сигналов, методах выделения признаков и уменьшения размеров, такие как PQ, Q (R), QRS, Q (R), S (R), меры энтропии и другие статистические показатели.



**Рис. 1. Информационная модель электрокардиографа с учетом инноваций**

Таким образом, была построена информационная модель электрокардиографа на основе метода объектно-ориентированной декомпозиции, представляющая собой иерархическую связанную систему классов [4]. На основе проведенного технико-экономического анализа выявлены группы ИМТ, где ошибки при выборе могут привести к значительным финансовым потерям ЛПУ и региона.

### Библиографический список

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

## **КАК ИЗБЕЖАТЬ КВЕНЧА В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ**

*С. Р. Штыркова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail:sofiashtyrkova4828@gmail.com)*

Магнитно-резонансная диагностика признана наиболее информативной среди лучевых методов исследования пациентов [1 – 3]. Точность аппаратуры напрямую связана с таким явлением, как ядерно-магнитный резонанс. При этом метод безопасен для человека – пациентов, персонала – и не требует прохождения подготовки.

Проходящие в аппарате процессы сложны. Одна из возможных проблем при работе магнитно-резонансных томографов – квенч МРТ. Под этим термином понимается внезапная утрата магнитом сверхпроводимости.

Для эффективной работы томографа магнит должен пребывать в сверхпроводящем состоянии. С этой целью снижают температуру до  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в качестве охлаждающего вещества используют жидкий гелий.

Элемент гелий – единственный на земле, способный поддерживать настолько низкую температуру, находясь в сжиженном состоянии. Благодаря жидкому гелию удастся поддерживать нужный уровень охлаждения магнита. Если же происходит квенч МРТ, уровень жидкого гелия снижается, достигая критической отметки, магнит нагревается, хладагент в огромных количествах выбрасывается в окружающий воздух.

Гелий – газ инертный и нетоксичный, однако при резком его выбросе есть опасность обморожения людей. Еще одна опасность заключается в том, что газ во время квенча вытекает интенсивно, мгновенно закипает, расширяется, начинает занимать весь объем помещения, вытесняя кислород. Если дверь при квенче закрыта, то она блокируется из-за огромного объема газообразного гелия. Для людей, оставшихся в кабинете, существует угроза асфиксии. Для снятия таких рисков в кабинетах, где проводится сканирование с помощью МРТ, обязательно делают технические отверстия, которые открываются наружу и служат для разгерметизации пространства.

Таким образом, не смотря на безопасность и информативность магнитно-резонансной диагностики, существует ряд проблем, напрямую связанных с устройством и принципом работы томографа. Одной из таких проблем является

и квенч, который ставит перед инженерами следующие задачи: сокращение количества гелия в аппарате и разработка системы оперативного мониторинга показателей помещения МРТ.

И некоторые из этих проблем уже имеют решение. Philips представила на российском рынке новый магнитно-резонансный томограф Ingenia Ambition. МР аппарат Ingenia Ambition сконструирован с использованием инновационной технологии микроциркулярного охлаждения BlueSeal, в которой количество потребляемого аппаратом жидкого гелия сокращается с полутора тонн до семи литров.

Сокращение количества гелия в аппарате, облегчает его установку и обслуживание. При этом томограф имеет такую же напряженность магнитного поля, как стандартные аппараты Philips – 1,5 Тесла. Он обеспечивает высокое качество изображения и оснащен рядом передовых решений, которые позволяют оптимизировать рабочие процессы для клиницистов и повысить комфорт процедуры для пациентов. Кроме того, снижается время простоев МРТ-кабинета: при большинстве неполадок аппарат перезапускается в автономном режиме или с помощью нажатия одной кнопки.

Данный аппарат является ярким примером усовершенствования системы охлаждения томографа для решения проблемы квенча. Однако существуют и другие способы решения данной проблемы. Для предотвращения квенча все кабинеты с аппаратами МРТ должны содержаться в идеальном состоянии. Допуски туда иметь только подготовленные сотрудники и особый технический персонал. Сервисное обслуживание криогенной системы – обязательное условие эксплуатации аппаратов.

### **Библиографический список**

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

# ВЫДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА ПРИ ПОМОЩИ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

*А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: awetini@gmail.com, scorpio0751@gmail.com)*

В связи с необходимостью повышения качества диагностики сердечно-сосудистых заболеваний требуется усовершенствование способов выделения основных составляющих электрокардиосигнала (ЭКС). Исходный сигнал (рис. 1, а) содержит шумовые всплески, которые затрудняют анализ информационного сигнала, для их устранения и выделения составляющих ЭКС будем использовать полосовую фильтрацию с применением дискретного вейвлет преобразования, формула которого имеет вид:

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-a}{b}\right), \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $a$  – коэффициент масштабирования;  $b$  – сдвиг по времени;  $\Psi$  – материнский (исходный) вейвлет [1].

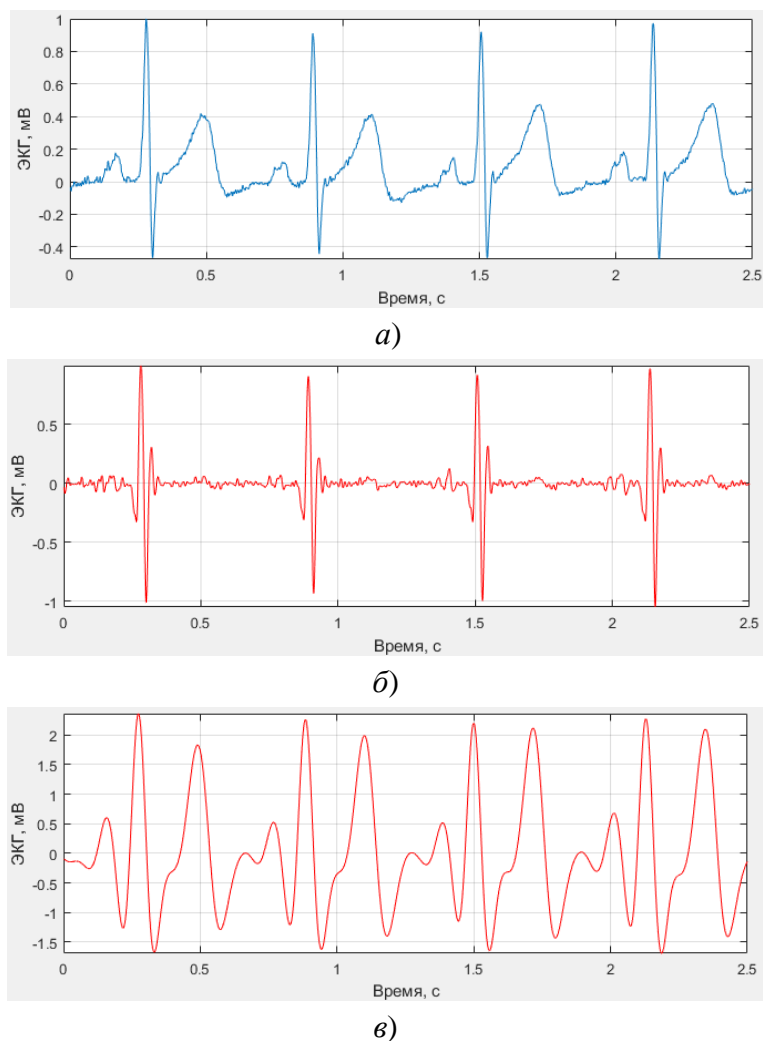
В качестве материнского вейвлета была выбрана функция «мексиканская шляпа» – *mexh* (*Mexican hat*). Ее особенностью является симметричность, подобие основным составляющим сигнала ЭКГ и то, что спектр представлен только действительной частью. Уравнение вейвлета «мексиканская шляпа»:

$$\Psi(t) = (1-t^2)e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (2)$$

Для каждой составляющей ЭКС подбираются коэффициенты масштабирования  $a$ , обладающие наибольшей информативностью для выявления заболеваний сердечно-сосудистой системы.

На рисунке 1, б, в показано, как при помощи дискретного вейвлет-преобразования с различными масштабирующими коэффициентами можно выделить основные составляющие ЭКС.

Преимуществом данного подхода является точное определение частот ЭКС во времени, т.е. получение частотно-временного представления, которое является наиболее исчерпывающим для проведения анализа [2].



**Рис. 1. Результаты выделения основных составляющих ЭКГ**  
*а* – исходный сигнал; *б* – QRS-комплекс,  $a = 4,7$ ; *в* – P и T зубцы,  $a = 35$

Таким образом, изменяя масштаб вейвлет-преобразования, можно перекрыть весь частотный диапазон исследуемого сигнала. А за счет хорошей временной локализации вейвлет-преобразования можно выделить основные признаки составляющих ЭКГ, получить информацию о спектре буквально в каждой точке сигнала.

Полученные значения можно использовать в будущем для обучения искусственной нейронной сети.

### Библиографический список

1. Шнякина, Я. И. Фильтрация электрокардиосигналов при помощи дискретного вейвлет-преобразования / Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, В. В. Дубровин // Шестая Всероссийская молодежная научная конференция, посвященная Дню радио и связи : тезисы докл. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 388 – 390.

# УМНЫЙ ГОРОД: ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТС С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОК ТРАНСПОНДЕРОВ И ФАЗОВОГО МЕТОДА ОТСЛЕЖИВАНИЯ

*А. С. Кожевников, А. Е. Медведев, А. В. Мордовин,  
В. В. Попов, С. Н. Данилов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [cojevnikov@2015yandex.ru](mailto:cojevnikov@2015yandex.ru), [Artyombrown12@gmail.com](mailto:Artyombrown12@gmail.com),  
[mordovin-sasha68@mail.ru](mailto:mordovin-sasha68@mail.ru), [vadim.popov.2002@bk.ru](mailto:vadim.popov.2002@bk.ru), [plabz@mail.ru](mailto:plabz@mail.ru))*

Концепция интеграции информационных и коммуникационных технологий («умный город») включает в себя, в частности, управление транспортными средствами (ТС) и наблюдение за их движением, и в первую очередь это касается беспилотных ТС. За счет сети датчиков, объединенных в режиме реального времени, данные от ТС обрабатываются и анализируются.

При установке в городской черте нескольких меток-транспондеров и применении метода активного запроса с активным ответом можно с высокой точностью определить местоположение своего ТС, в значительной степени преодолев влияние мешающих отражений от земной поверхности и многолучевости распространения сигнала. Для достижения высокого уровня безопасности движения необходимо иметь средства точного позиционирования ТС на проезжей части. Точность позиционирования с помощью средств спутниковой навигации не достаточна. В сочетании с методом активной локации с активным ответом можно воспользоваться высокоточным фазовым методом измерения угловых координат. Фазовый метод основан на измерении разности фаз электромагнитных колебаний, принимаемых двумя антеннами. Выходное напряжение фазового детектора будет определяться только разностью фаз колебаний (можно считать амплитуды обоих колебаний на входах детектора одинаковыми). Известно, что если направление прихода радиоволны составляет угол  $\gamma$  с перпендикуляром к базе, то фазовый сдвиг высокочастотных колебаний в антеннах равен

$$\varphi(\gamma) = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \gamma\right).$$

Метод характеризуется относительно высокой точностью измерения, он может быть использован для автоматического слежения за целями по угловым координатам. Недостатками метода являются: неоднозначность отсчета

и отсутствие разрешения целей. Но при использовании в транспондерах разных литерных частот, а также индивидуальных кодов позволяет решить эти проблемы. Неоднозначность измерения угловых координат фазовым методом может быть устранена, если в пеленгаторе используются антенны с достаточно узкими диаграммами направленности, порядка углового размера просматриваемого участка. Кроме того при использовании для измерения разности фаз несущего, а модулирующего сигнала с достаточно свободным выбором частоты появляются хорошие возможности этого.

Исследовалась также возможность влияния разности доплеровских частот двух каналов измерения. Но в рассматриваемой ситуации (расстояния в десятки метров) это влияние может быть существенным. Моделирование показало, что при небольших величинах базы (до 1 метра) им можно пренебречь (рис. 1).

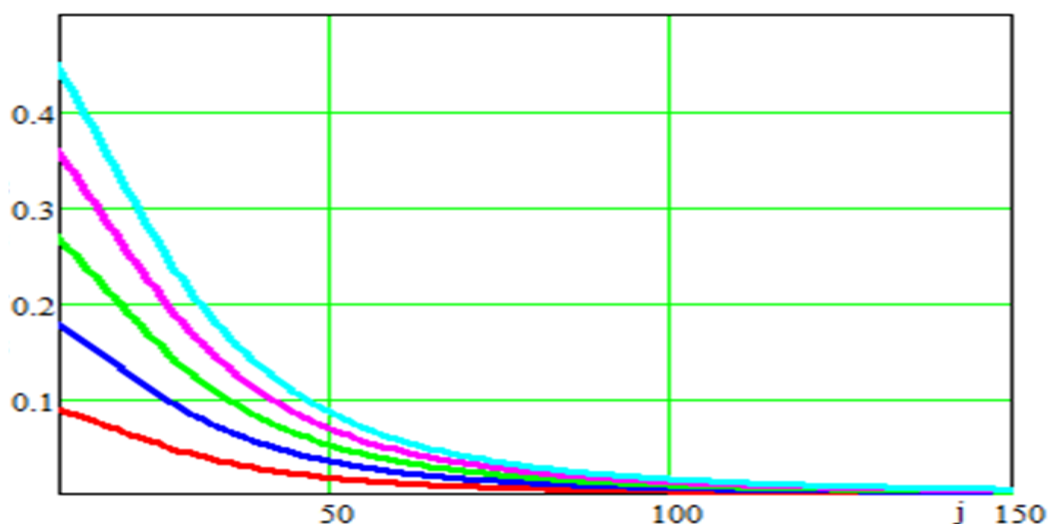


Рис. 1

### Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).

2. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

## **SMAS-ЛИФТИНГ-ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ МОЛОДОСТИ**

***В. О. Лычагина, Т. А. Фролова***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)*

Сегодня в мире прослеживается более осознанный подход к красоте, каждый человек старается выглядеть естественно и молодо. Именно натуральная красота пользуется большой популярностью и является своего рода «трендом» в современном мире.

Для продления молодости и сохранения естественной красоты в настоящее время все чаще прибегают к процедурам аппаратной косметологии.

Аппаратная косметология представляет собой широкий выбор услуг, которые пользуются большим спросом, и использование различных физических методов, таких как: ультразвуковые и световые волны, лазера, ультрафиолета и электрического тока [1, 2], т.е. под воздействием находятся не только внешние, но и внутренние слои кожи.

Все проводимые процедуры являются безболезненными, а результат достигается без изнурительных тренировок и использования скальпеля, вследствие этого аппаратные методики становятся все более актуальными.

Одними из самых популярных процедур являются-омолаживающие. Современная косметология располагает богатым набором методов омоложения кожи, позволяющих добиваться впечатляющего эффекта и сохранять здоровый вид и молодое сияние кожи в течение длительного времени. Процедуры по омоложению кожи делятся на аппаратные и инъекционные. К аппаратным относятся: RF-лифтинг, SMAS-лифтинг и термолифтинг.

SMAS-лифтинг – одна из самых популярных омолаживающих процедур в Европе. SMAS-лифтинг-это полная альтернатива классической подтяжки лица, с помощью этой процедуры появилась возможность делать подтяжку без хирургического вмешательства и даже без синяков. SMAS-лифтинг – самая инновационная и безопасная процедура на сегодняшний день. Этот аппаратный лифтинг, нацеленный на долгосрочное омоложение и подтяжку не только на лица, но и любой другой зоны тела.

Воздействие на эту самую SMAS-зону долгое время производили только пластические хирурги. Для этого они использовали различные методики – от накладывания швов до обрезания кусков ткани. Только в 2009 году FDA

одобрило неинвазивный метод SMAS-лифтинга – процедуру микросфокусированного ультразвука, который способен проникать в тот самый мышечно-апоневротический слой.

Такой метод ультразвуковой терапии рекомендуют в следующих случаях: появление поверхностных морщин и глубоких складок; оплывание овала лица; второй подбородок; опущение уголков бровей и губ; грыжа век; дряблость кожи тела вследствие возрастных изменений или резкой потери веса.

Для выполнения этих процедур используют специальные аппараты. В России сертифицированы и одобрены три аппарата: корейские Doublo и Ultraformer, американский Ultherapy. Эти аппараты различаются системой визуализации, что позволяет косметологу видеть, в каком состоянии находится SMAS-зона пациента и длиной волны.

Главным преимуществом Doublo и Ultraformer является наличие системы визуализации. Данная особенность позволяет доктору еще до процедурных манипуляций выяснить глубинность залегания мышечно-апоневротического каркаса лица. А это помогает максимально точно и аккуратно составить протокол в зависимости от индивидуальных особенностей пациента до начала работы.

Несмотря на отсутствие системы визуализации, лучшим на сегодняшний день в SMAS-лифтинге считается американский лазерный аппарат Ultherapy. Моделирование контуров по методике «Ulthera System» происходит в результате многоуровневого воздействия на все кожные слои и мышечно-апоневротическую систему без повреждения кожи и мышц является главным преимуществом аппарата.

Востребованность и популярность аппаратной косметологии растет с каждым годом. Человек больше не хочет просто хорошо выглядеть – этого мало. Человек хочет прекрасно себя чувствовать и знать, что впереди его ждет еще много-много лет здоровой жизни в теле, которое ему нравится.

### **Библиографический список**

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## МОДЕЛЬ ПРЕДИКАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АДСОРБЦИИ ВОДОРОДА

*М. Х. Альруйшид, Б. С. Дмитриевский, С. А. Скворцов, А. А. Терехова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: terehova.aa@mail.tstu.ru)*

Водород является одним из ключевых продуктов мировой химической индустрии. Наблюдается постоянный рост мирового потребления водорода. На сегодняшний день основным способом производства водорода остается паровой риформинг природного газа. Одной из ключевых стадий технологического процесса является процесс адсорбции водорода. Процесс адсорбционного разделения организуется, как правило, по принципу короткоциклового адсорбции (КЦА). Промышленные установки КЦА получения водорода представляет собой самый сложный технологический объект, который требует использования сложных систем управления. Поэтому весьма актуальным является использование в контурах управления моделей, позволяющих предсказывать динамику развития адсорбционного процесса.

Рассмотрим процесс адсорбции водорода на активированном угле в цилиндрическом адсорбере. Продольная ось адсорбера  $Oz$  совпадает с направлением потока водородосодержащей газовой смеси.

Динамика концентраций водорода по длине адсорбционного слоя описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений (1):

$$\frac{d c_i}{d t} = -\frac{u}{k} \frac{c_i - c_{i-1}}{\Delta z}, \quad i = \overline{2, N}, \quad (1)$$

где коэффициент  $k$  вычисляется по формуле:

$$k = \left( 1 + \rho \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} b \right). \quad (2)$$

Начальные условия для системы уравнений (1):

$$c_i(t)|_{t=0} = c_{i,0}. \quad (3)$$

Концентрация водорода на входе в адсорбер:

$$c_1 = P y_{in} / RT. \quad (4)$$

В уравнения (1) – (4) использованы обозначения:

$c$  – молярная концентрация водорода, моль/м<sup>3</sup>;  $b$  – параметр изотермы;  $t$  – время, с;  $\varepsilon$  – общая порозность адсорбционного слоя;  $T$  – температура, К;  $\rho$  – насыпная плотность адсорбента, (кг/м<sup>3</sup>);  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль К);  $P$  – давление, Па;  $L$  – длина адсорбционного слоя, м;  $y_{in}$  – молярная концентрация водорода во входной газовой смеси.

Параметры процесса:  $L = 1$  м;  $\varepsilon = 0,43$ ;  $u = 0,12$  м/с;  $\rho = 482$  кг/м<sup>3</sup>;  $b = 0,001$ ;  $c_{in} = 8,5$  моль/м<sup>3</sup>;  $c_0 = 0$ .

На рисунке 1 представлены расчетные и экспериментальные выходные кривые водорода.

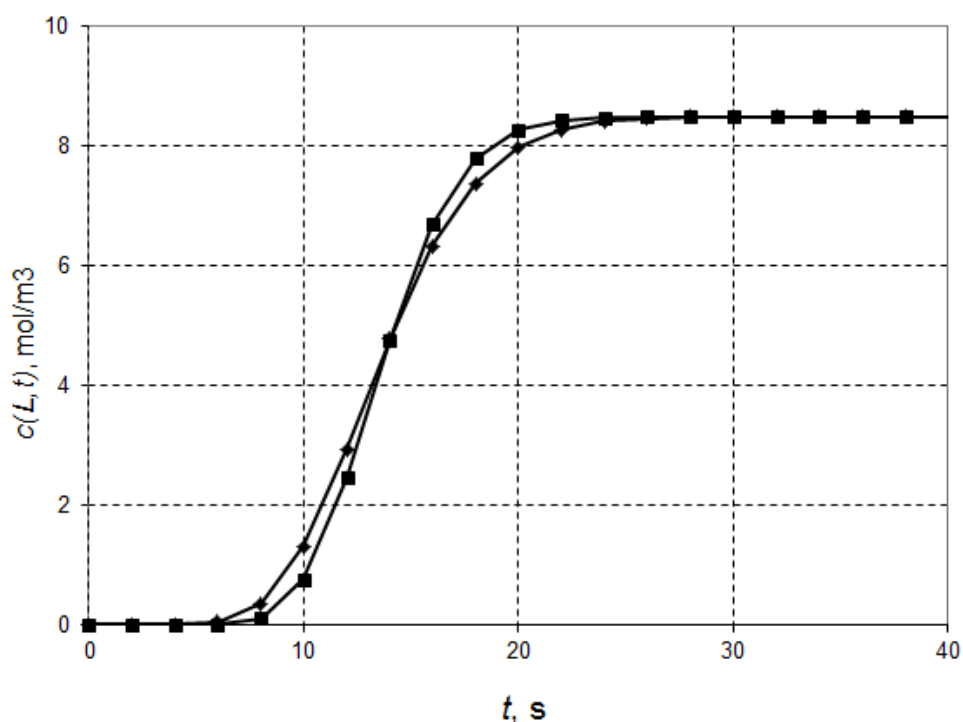


Рис. 1. Выходные кривые водорода для модели (1) – (4) (ромб) и эксперимент (квадрат)

### Библиографический список

1. Lopes F. V. S., Grande C. A., Rodrigues A. E. Activated carbon for hydrogen purification by pressure swing adsorption: Multicomponent breakthrough curves and PSA performanc // Chemical Engineering Science. – 2011. – Vol. 66, Issue 3. – P. 303 – 317.

2. Silva B., Solomon I., Ribeiro A. M., Lee U. H., Hwang Y. K., Chang J. S., Loureiro J. M., Rodrigues A. E. H2 purification by pressure swing adsorption using CuBTC // Separation and Purification Technology. – 2013. – Vol. 118. – P. 744 – 756.

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

*К. А. Кретинин, В. И. Зацепина*

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*

Одной из важнейших задач современной энергетики является передача электрической энергии от места производства до места потребления электроэнергии. Протяженность воздушных линий электропередачи (ВЛ) на напряжение от 35 кВ до 1150 кВ во всей России приблизительно составляет более 3 млн км [1].

Для обеспечения надежной передачи электроэнергии требуется проводить обслуживание ВЛ, которое включает в себя выполнение проверок как периодических, осмотры дневные и ночные, верховые и контрольные, так и внеочередных, осмотры после аварий, стихийных бедствий таких как бури, морозы и т.п. [2]. Осмотры ВЛ по всей длине без подъема на опоры проводится не реже 1 раза за год, частичные верховые осмотры ВЛ 1 раз в 6 лет [3].

Современные технологии позволяют упростить процесс обслуживания воздушных линий электропередачи, путем применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), так же была разработана концепция применения БПЛА для анализа работы ВЛ, конечный результат внедрения БПЛА для осмотра воздушных линий представляет собой автоматическую систему с применением БПЛА и сети зарядных станций, где БПЛА осуществляют полеты вдоль ВЛ от одной зарядной станции к другой [4].

Однако на данный момент внедрение БПЛА не позволяет проводить полную диагностику ВЛ, к примеру, проводить такие методы оценки как акустическая или инвазивная [5] БПЛА не в состоянии, из этого следует, что выезды на участки ВЛ для проведения диагностики и контроля опор ВЛ в той или иной степени актуальны. Отдельного внимания стоит уделить подготовке персонала, такого как операторы БПЛА, от их компетенции на прямую зависит эффективность внедрения БПЛА и описание проведенного анализа ВЛ в соответствующий документ [6]. Для упрощения внедрения БПЛА следует составить и проработать нормативную документацию по применению БПЛА для мониторинга ВЛ, что позволит упростить получение продуктивного результата, уменьшить вероятность вывода из строя БПЛА, сформировать четкие границы в области применения БПЛА.

## Библиографический список

1. Большая российская энциклопедия : [сайт]. – М., 2005. – URL : [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/2146410](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/2146410) (дата обращения: 04.12.2021). – Текст: электронный.
2. РД 34.20.504–94. Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 – 800 кВ: Типовая инструкция: издание официальное : утвержден и введен в действие 19.09.1994 РАО ЕЭС России : дата введения 1 января 1996 г. / разработан АО Фирма ОРГРЭС. – М. : Изд-во «НЦЭНАС», 2003. – 200 с. – Текст непосредственный.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: издание официальное : утверждены приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 года № 229. URL : <https://docs.cntd.ru/document/901865958> (дата обращения: 04.12.2021). – Текст: электронный.
4. Разработка системы непрерывного мониторинга воздушных линий электропередачи в автоматическом режиме / В. О. Акуличев, А. С. Бредихин, Б. А. Мурашев, О. А. Середкин. – Текст : непосредственный // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 5. – С. 94 – 97.
5. Кретинин, К. А. Методы анализа работы линий электропередач / К. А. Кретинин, В. И. Зацепина – Текст: электронный // StudNet. – 2021. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-analiza-raboty-linij-elektroperedach> (дата обращения: 04.12.2021). – URL : Научная электронная библиотека «Кибер-Ленинка».
6. ГОСТ Р 58087–2018. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электрические сети. Паспорт воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 марта 2018 г. №141-ст : введен впервые : дата введения 2018-12-01 / разработан Акционерным обществом «Инспекция по контролю технического состояния объектов электроэнергетики» (АО «Техническая инспекция ЕЭС»). – М. : Стандартинформ, 2018. – 18 с. – Текст непосредственный.

## Секция 5

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРАВО: МОДЕЛИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

---

## СПЕЦИАЛИСТЫ И ЮРИСТЫ КАК СУБЪЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРАВОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

*О. А. Пугина*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: pugina.olga@mail.ru)*

В науке энергетического права энергия первична, а право вторично, но необходимо определить границу балансовой принадлежности в интересах обеих сторон. В рыночных отношениях количество субъектов энергетических правовых отношений увеличилось, поскольку к государственному сектору прибавилась конкурентная среда частных лиц, а интересы потребителей в большинстве случаев остаются без внимания. И целесообразно уравновесить правовыми средствами треугольник «компания – государство – общественность» [1]. Поэтому спрос на юристов в сфере энергетики постоянно растет и не успевает за потребностью отрасли.

На внутреннем рынке назрели проблемы правотворчества и правоприменения. Прежде всего, несовершенство понятийного аппарата, ясности терминологии. Например, договор энергоснабжения давно пора определить как договор ресурсоснабжения, поскольку под «энергией» понимаются все ресурсы, вплоть до сточных вод. При заключении договора энергоснабжения специалистам желательно обращаться за помощью к юристам, чтобы учесть следующие моменты и избежать переплаты за потребление энергии. В договоре заявлять ту мощность, которую вы на самом деле потребляете и будете оплачивать. Есть право изменять количество принимаемой энергии, обусловленную договором энергоснабжения и это необходимо включить в договор. В случае предоставления некачественных услуг по передаче электроэнергии, оплату потребляемой энергии можно соразмерно уменьшить в виде скидки с тарифа [2]. Если использовать энергию меньше того объема, что предусмотрено договором, то возможно освобождение от возмещения расходов и налоговые льготы, когда недоиспользование является следствием энергосбережения [3]. Если предусмотреть скидки с тарифа за повышенное использование электроэнергии в ночное время,

то это будет выгодно как для потребителей, так и для энергоснабжающих организаций.

Перед заключением договора энергоснабжения руководитель энергослужбы потребителя должен взять под личный контроль расчеты потерь. А предприятиям (организациям) рекомендуется вести учет потребляемой энергии не на стороне низшего напряжения головных абонентских трансформаторов, а установить приборы учета на сторону высшего напряжения. Только от перестановки приборов учета экономический эффект составит 6%. И не потребуется оплачивать потери электроэнергии.

### **Библиографический список**

1. Энергетическое право в России: настоящее и будущее [Электронный ресурс] // ООО «Лигал Академия». – URL : <https://lfacademy.ru/sphere/post/energeticheskoe-pravo-v-rossii-nastoyaschee-i-budushee> (дата обращения: 20.11.2021).

2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) // Собрание законодательства Российской Федерации от 29 января 1996 г. N 5. ст. 411. Ст. 541.

3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 30 ноября 2009 г. N 48 ст. 5711. Ст. 14.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ И КОНКУРЕНТНЫХ СФЕР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

*Е. А. Кузнецова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: kaesa5@yandex.ru)*

На современном этапе в правовой доктрине существует актуальная проблема развития конкуренции в электроэнергетики. Новизна рассматриваемой темы связана с принятием правовых актов регионального уровня, которые требуют детального рассмотрения под призмой содействия развитию конкуренции.

Цель исследования заключается в выявлении проблем практики применения антимонопольного регулирования на рынке электроэнергетики Тамбова. Основные задачи: обозначить уровень конкуренции в энергетической отрасли; проанализировать специфику государственного регулирования конкуренции в Тамбовской области.

Принципы антимонопольного законодательства России закреплены в Конституции РФ и находят свое отражение в федеральном законодательстве. На основании актов федерального антимонопольного органа расширен контроль в отношении естественных монополий в сфере электроэнергетики и на региональном уровне.

По состоянию на 23 ноября 2021 года в реестре субъектов естественных монополий в топливно-энергетическом комплексе на территории Тамбовской области представлено шесть организаций, в числе которых: АО «ТКС ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ», ОАО «Тамбовская сетевая компания», МУП «Мичуринские городские электрические сети» (МУП «МГЭС») [1]. По итогам аналитического отчета за 2021 год, который составляется Управлением по экономической политике администрации области, выявлено повышение цен на услуги естественных монополий. В среднем такую оценку дали 60% опрошенных предпринимателей [2, 59].

В соответствии с разработанными требованиями, способствующими благоприятному росту конкуренции в регионах, было принято Постановление губернатора области, которым представлен поэтапный график мер по повышению конкуренции в сфере электроэнергетики. Кроме того, обозначена проблема тарифного регулирования.

Проведенное исследование показало, что на региональном уровне остаются нерешенные вопросы в электроэнергетике, а это означает, что сохраняется потребность в дальнейшем совершенствовании государственно-правовой модели регулирования общественных отношений в данной отрасли.

### **Библиографический список**

1. Выписка из реестра субъектов естественных монополий СЕМ (23.11.2021). – URL : <http://fas.gov.ru/pages/activity/tariffregulation/reestr-subektov-estestvennyix-monopolij.html>

2. Мониторинг состояния и развития конкурентной среды на рынках товаров и услуг Тамбовской области. Конкурентная среда на рынках товаров и услуг Тамбовской области: текущее состояние и перспективы развития. Аналитический отчет. 2021. 384 с. – URL : <https://www.tambov.gov.ru/site/ekon/files/monitoring-otchet-2020.pdf> (дата обращения: 25.11.2021).

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*О. Л. Протасова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: olia.protasowa2011@yandex.ru)*

Энергетика традиционно является одним из ключевых и самых сильных сегментов российской экономики, поэтому тематика проблем и перспектив ее развития характеризуется непреходящей актуальностью. Новизна исследований, посвященных вопросам энергетической сферы, обусловлена объективными изменениями экономической, политической и социокультурной среды, происходящими на планете непрерывно. Цель данной работы – выявление наиболее значимых направлений российской энергетической политики в контексте новейших тенденций мирового энергетического рынка.

Сложные геополитические процессы современности влекут за собой вызовы и отечественной энергетике, что требует постоянного обновления правовой политики государства в энергетической сфере сообразно требованиям времени, а конкретнее – обстановке глобального рынка. Сегодня мировые энергетические рынки характеризуются нестабильностью и неопределенностью, хотя еще в недавнем прошлом их конъюнктура была вполне устойчивой, что обеспечивало динамичное развитие российской энергетике. Следуя новым реалиям, 9 июня 2020 г. Правительство РФ утвердило Энергетическую стратегию России до 2035 г., направленную на «усовершенствование топливно-энергетического баланса и улучшение конкурентоспособности российской энергетике и услуг на мировом рынке» [1]. При всех своих преимуществах отечественная энергетика, увы, не может остаться в стороне от угроз, идущих извне. К таковым можно отнести перепроизводство углеводородных ресурсов и, как следствие, низкий уровень цен; зависимость ТЭК от импорта технологий; дефицит инвестиционных ресурсов и т.п. Есть и проблемы внутреннего характера, среди которых выделяются диспропорции пространственного развития, в частности – дисбаланс размещения центров производства и потребления энергетических ресурсов.

Как член мирового сообщества Россия не может игнорировать факторов международной энергетической политики. Одной из самых заметных тем является европейская настроенность на переход преимущественно к альтернативной (т.н. зеленой) энергетике. Естественнo-географическая специфика нашей страны – огромная территория, неравномерная плотность населения, особенности

климата и т.п. не позволяют этому сегменту энергетики стать основным, заменив традиционные источники энергии. Российское правительство утвердило план поддержки возобновляемой энергетики с 2025 до 2035 гг., инвестиции в строительство зеленых станций составят 360 млрд. рублей. Главной «болевым точкой» использования возобновляемых источников энергии в РФ является их недостаточная конкурентоспособность по отношению к иным технологиям производства электроэнергии.

В условиях глобализации – а это процесс объективный и необратимый, как к нему ни относиться – субъекты мировой экономики и, соответственно, энергетики становятся взаимосвязанными и взаимозависимыми. Мировой рынок энергоресурсов – поле непрерывной борьбы между энергоизбыточными и энергодефицитными странами. Россия относится к числу первых. Природные богатства позволяют ей быть относительно суверенной энергетически, однако коллизии международного рынка не проходят бесследно для ее экономического положения. Поэтому среди первостепенных и сложнейших стратегических задач государственной энергетической политики справедливо выделить согласование национальных интересов с процессами и тенденциями, происходящими в мире. Важнейшая же цель российской энергетической стратегии состоит в «максимально эффективном использовании естественных ресурсов для устойчивого роста экономики страны, повышения качества жизни ее населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций» [2]. Все вышесказанное в общем итоге обуславливает энергетическую безопасность как часть национальной безопасности государства и его граждан.

### **Библиографический список**

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. [Электронный ресурс]. – URL : <https://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf> (дата обращения: 23.11.2021).

2. Проблемы российской энергетики [Электронный ресурс]. – URL : [https://kapital-rus.ru/articles/article/problemy\\_rossijskoj\\_energetiki/](https://kapital-rus.ru/articles/article/problemy_rossijskoj_energetiki/) (дата обращения: 20.11.2021)

# ЭНЕРГОПОЛИТИКА РОССИИ: ОТ ПЛАНА ГОЭЛРО К ЦИФРОВОМУ РАЗВИТИЮ БУДУЩЕГО (ИСТОРИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ)

*С. А. Фролов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: seif.saf@rambler.ru)*

Традиционно в современной России 21 декабря отмечается «День энергетика». Мало кто задумывался о появлении этого праздника, которому в 2021 г. юбилей – 55 лет. История энергополитики начинает свой отсчет еще с Советской России. Рассмотрим с чего все начиналось и исследуем перспективы правового обеспечения цифрового развития современности.

На протяжении всей истории России главной задачей институтов государственной власти являлось обеспечение целостности и единства отечественной государственности [1]. Изменение внутривластной ситуации в стране в результате прихода к власти большевиков в октябре 1917 г. потребовало развитие электроэнергетики, как базы для развития инфраструктуры государства. Руководство Советской России в лице В. И. Ленина утвердило научно разработанный план «ГОЭЛРО» и придало ему юридическую силу решением съездом Советов в конце 1920 г. Первоначально в рамках реализации мероприятий внимание сосредотачивалось вокруг использования местных природных ресурсов для производства электроэнергии таких как: дрова, торф, бурый уголь и т.д. Однако для осуществления процесса индустриализации и выполнения первого плана развития народного хозяйства (1928 – 1932 гг.) требовались форсированные темпы развития электрификации. В результате, к пятнадцатилетнему юбилею плана Ленина в СССР, констатируют факт перевыполнения «ГОЭЛРО». Отмечалось о функционировании не только сорока районных электростанций, но и шести мощных электросистем. Производство электричества превысило более чем в пятьдесят раз уровень 1921 г. «Сталинский задел» в строительстве электростанций и электросистем позволил даже в условиях военного времени «запустить» заводы и фабрики переброшенные на восток СССР. За годы Великой Отечественной войны (1941 – 1945) в рамках территорий советской государственности было уничтожено более шестидесяти электростанций и нанесен значительный ущерб всей энергосистеме. Сталин И. В. политическую задачу четвертой пятилетки (1946 – 1950 гг.) видел в восстановлении пострадавших районов страны и превышении уровня довоенного в развитии промышленности

и сельского хозяйства. В результате, молодежь страны в рамках комсомольских организаций активно привлекалось к строительству электростанций. Предпринятые действия позволили превысить довоенный уровень в выработке электроэнергии почти на 90%. Энергополитика базирующаяся на тезисе: «Коммунизм – это есть Советская власть плюс электрификация всей страны» была продолжена и в годы нахождения во главе СССР Н. С. Хрущева. Революционным толчком в сфере энергетики послужило использование «мирного атома» в производстве электроэнергии. В 1954 году в г. Обнинск состоялся пуск первой атомной электростанции, а с 1955 г. начинает применяться заводской способ возведения электростанций. В 1962 году формируется единое диспетчерское управление для стран участников СЭВ. С 1966 года в СССР учреждается праздник «День энергетика». Очевидные результаты в развитии потребовали и должной правовой регламентации сферы электроэнергетики. Так, например, в 1969 – 1970 гг. было создано Министерство энергетики и электрификации СССР, издан указ «Об административной ответственности за повреждение высоковольтных электрических сетей», введены нормы и правила по охране труда при работах на подстанциях и воздушных линиях электропередачи и т.д. [2].

В современной России приоритетом в энергополитике является поддержание активного развития цифровых технологий на основе указа Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 г.». Предусмотрен целый комплекс мер по высококачественному доступу рядовых участников энергетического рынка к информационному обслуживанию на базе цифровых платформ в современном будущем.

### **Библиографический список**

1. Баев, В. Г. Государственно-правовая политика в области управления национальными территориями Российской империи в XIX веке (на примере Царства Польского и Великого княжества Финляндского): к формированию опыта историко-теоретического анализа / В. Г. Баев, И. А. Воликова // ПРАВО: история и современность. – 2018. – № 2. – С. 7 – 16.

2. Мещерякова, С. В. Правовое обеспечение топливно-энергетического комплекса России (исторический аспект) : учебное пособие / С. В. Мещерякова, Е. Е. Орлова. С. А. Фролов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с.

## ДОГОВОР ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ДОГОВОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ

*Д. И. Олейник*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: danila-olejnik@yandex.ru)*

В ходе реформирования в нашей стране электроэнергетики трансформируется существовавшая система хозяйственных отношений в этой отрасли: созданы новые инфраструктурные субъекты, коренным образом пересмотрены договорные связи на электроэнергетическом рынке.

Договором энергоснабжения называется договор, по которому одна сторона обязуется поставлять энергию через присоединенную сеть другой стороне, которая обязуется оплачивать ее, а также обеспечивать установленный режим и безопасность потребления энергии.

Законодательной основой, регулирующей отношения договора энергоснабжения, являются нормы § 6 гл. 30 ГК РФ.

Договор энергоснабжения подразделяется на: консенсуальный, возмездный, двусторонний и публичный.

Своеобразие предмета договора энергоснабжения заключается в том, что энергия обладает естественными природными свойствами, такими как непрерывность ее производства, поставка и использование, невозможность создания запасов и хранения, невозможность доставки адресату без использования специальных инженерных коммуникаций. Потребление энергии создает необходимые условия – наличие специальных сетей, измерительных приборов, нуждающиеся в периодической метрологической поверке, а также специальные средства, обеспечивающие безопасность поставки энергии потребителю. Все эти технические средства в комплексе называются присоединительной сетью.

В сфере электроэнергетики применяется огромное количество различных договоров, из которых можно выделить – основные договоры (договоры купли-продажи, поставки, на электроснабжение) и вспомогательные договоры (договоры на присоединение к электросетям).

За неисполнение или ненадлежащее исполнение своих обязанностей по договору энергоснабжения стороны несут предусмотренную гражданско-правовую ответственность. Она имеет свои особенности, которые вызваны главным образом спецификой предмета договора, его особой значимостью для экономики страны и жизнедеятельности граждан. Прежде всего это выражено в нормативно-правовой конкретизации размера и мер ответственности.

По данным статистики ВАС РФ, количество судебных дел о заключении и исполнении договоров энергоснабжения с каждым годом имеет тенденцию к увеличению, свидетельствующее о несовершенстве законодательства.<sup>1</sup>

Для решения проблем законодательного регулирования правоотношений в сфере договора энергоснабжения необходимо проведение совокупности мероприятий, направленных на совершенствование норм уже существующего кодифицированного акта – ГК РФ. Также должно быть снижено регулирование энергоснабжения подзаконными нормативными актами.<sup>2</sup>

Таким образом, договор энергоснабжения является основой в системе договорных отношений, стимулирующий оборот энергетических товаров. Но, действующие нормы ГК требуют совершенствования в части учета условий процесса снабжения энергией и энергоресурсами.

### **Библиографический список**

1. Электронное правосудие. Решения арбитражных судов. – URL : <https://ras.arbitr.ru/>

2. Довбня, В. Б. Проблемы законодательного регулирования отдельных предприятий нефтегазового комплекса : сб. науч. тр. / В. Б. Довбня ; отв. ред. А. П. Альбов. – М. : Изд-во Академии бюджета и казначейства, 2011. – Вып. 2. – 197 с.

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРАВО И ПОЛИТИКО-ПРАВОВЫЕ ВЫЗОВЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РОССИИ**

***И. И. Санжаревский***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: sanzigor@yandex.ru)*

Ни для кого не секрет, что в настоящее время идет глобальный переход к зеленой энергетике, в основе основы которого положены процессы декарбонизации и увеличения доли в национальных энергетических системах возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что национальные энергетические системы находятся под постоянным политико-правовым и социально-экономическим прессингом.

---

<sup>1</sup> Электронное правосудие. Решения арбитражных судов. – URL: <https://ras.arbitr.ru/>

<sup>2</sup> Довбня, В. Б. Проблемы законодательного регулирования отдельных предприятий нефтегазового комплекса : сб. науч. тр. / В. Б. Довбня; отв. ред. А. П. Альбов. – М. : Изд-во Академии бюджета и казначейства, 2011. – Вып. 2. – 197 с.

Во-первых, это институциональное оформление принципов, направлений и путей решения геополитических проблем во взаимосвязи между изменением климата и глобальной энергетической политикой. Самым тревожным сигналом стало правовое оформление решения ЕС взимать с 2023 года углеродный налог с импортируемых товаров. В международной повестке энергетического права позиция России основывается на намерении активно участвовать в выработке норм международной торговли углеродными квотами, а не просто принять те, что выработают без нее.

Во-вторых, актуальность политико-правового вызова национальной энергетической системе России обусловлена также тем, по мнению авторитетных изданий и исследовательских групп [1], что последствия «зеленого» энергоперехода, основанное на политико-правовом ужесточении ограничений на выбросы и рост доли ВИЭ, резко увеличат частоту и размах ценовых колебаний в энергетике, что в свою очередь потребует пересмотр привычных тарифных схем.

В-третьих, при этом важно констатировать, что, исходя из-за неравномерности развития энергетической пространственной структуры России, обеспечение надежного энергоснабжения традиционно является более высоким приоритетом, чем экологические цели.

Таким образом, в настоящее время совокупность норм права как государственное регулирование отношений в сфере функционирования национальной энергетической системы, является не только развивающейся отраслью современного права, но и стратегическим направлением деятельности государства по обеспечению национальной безопасности страны.

Основной вектор развития современного энергетического права в России определены Доктриной энергетической безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2019 г. № 216, и Энергетической стратегией России на период до 2035 года, в которых подчеркивается, что «в рамках сформировавшегося в XX веке ресурсно-сырьевого и технологического уклада мировой энергетики Российская Федерация занимает уникальное место, являясь одновременно крупным производителем, потребителем и экспортером всех видов углеродных энергетических ресурсов, а также одним из мировых лидеров в атомной энергетике и гидроэнергетике. Однако в настоящее время в мировой энергетике, включая российскую, происходят процессы, которые с большой долей вероятности на рубеже 30 – 40-х годов XXI века приведут к смене указанного уклада» [2].

Главная неопределенность в отношении перехода к зеленой энергетике, являющаяся существенным риском, связана с тем, что достаточно трудно предсказать, когда именно технологии, привычки потребителей и бизнес-модели достигнут переломного момента, после которого ископаемые виды топлива стремительно устареют.

Основная задача энергетического права заключается в создании институциональных механизмов функционирования системы стратегического планирования развитием энергетической системы Российской Федерации в соответствии с целеполаганием государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 08.11.2021 № 633). При этом представляется важным акцентировать внимание, что для российской науки разработка научно обоснованных предложений и рекомендаций будет осуществляться в рамках новой номенклатуры научных специальностей, утвержденной Приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118, по юридическим наукам (5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые), политическим и экономическим наукам (5.5.3. Государственное управление и отраслевые политики).

### **Библиографический список**

1. См.: Electricity Price Distributions in Future Renewables-Dominant Power Grids and Policy Implications Dharik S. Mallapragada, Cristian Junge, Cathy Xun Wang, Johannes Pfeifenberger, Paul L. Joskow & Richard Schmalensee // New research by NBER (National Bureau of Economic Research) affiliates. – URL : <https://www.nber.org/papers/w29510> (дата обращения: 01.12.2021).

2. См.: Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р). – URL : <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (дата обращения: 01.12.2021).

## **ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПРАВОПРИМЕНТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

*И. А. Калинина*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: ia-kalinina@mail.ru)*

Сфера ЖКХ является важным сектором экономики, задачей которого выступает, в том числе, обеспечение благоприятных условий для проживания граждан и соответствующего качества жизни. Составляющим ЖКХ является

теплоснабжение. Теплоснабжение как разновидность коммунальной услуги в отношении многоквартирных домов (далее – МКД) характеризуется наличием собственной правовой базы, специфическим субъектным составом, сложной системой организации договорных связей между ними. При этом весомое влияние на реализацию данных отношений оказывает наличие здесь ресурсоснабжающей организации (далее – РСО) как монополиста в поставке коммунального ресурса в установленных границах территории (единая теплоснабжающая организация).

Правовое регулирование теплоснабжения МКД осуществляется на федеральном уровне в соответствии федеральным законом от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении», федеральным законом от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», Постановлением Правительства РФ от 08.08.2012 № 808 «Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» и др.

В МКД поставка тепла осуществляется в горячей воде. Такая технология отопления определяет наличие в МКД соответствующих инженерных сетей и иного оборудования, которые входят в состав общего имущества МКД. Также в жилых и нежилых помещениях МКД имеется индивидуальное имущество теплоснабжения – трубы, теплопринимающие приборы (батареи, теплые полы и проч.). Содержание, текущий и капитальный ремонт инженерных сетей отопления осуществляется собственниками помещений в МКД с учетом выбранного способа управления общим имуществом МКД, а оплата коммунального ресурса, используемого для собственных нужд, осуществляется либо напрямую поставщику (РСО) при наличии прямых договоров либо управляющей организации, которая в этом случае фактически выступает посредником между собственниками помещений в МКД и РСО. При этом между РСО и управляющей организацией заключается договор, обеспечивающий надлежащую эксплуатацию системы отопления с учетом точки поставки и разграничения зон эксплуатационной ответственности.

Несмотря на наличие сформировавшейся качественной правовой базы в теплоснабжении МКД, на практике имеется множество проблем, сказывающихся на имущественных интересах всех участников данных отношений. Приведем примеры. Отсутствие прямых договоров и наличие единого договора между РСО и управляющей организацией о теплоснабжении МКД порождает следующие проблемы: во-первых, управляющая организация обязана полностью оплачивать РСО поставленный коммунальный ресурс независимо от наличия и

размера задолженности у потребителей по оплате теплоснабжения; во-вторых, надлежащая платежная дисциплина потребителей не определяет добросовестность управляющей организации, которая может использовать полученную оплату не для расчетов с поставщиком тепла, а на «собственные» нужды, в результате чего формируется существенная задолженность по конкретному МКД перед РСО. Наличие в одном МКД индивидуального и общего отопления определяет неоднозначность в адекватном распределении нагрузки по оплате тепла потребителями в отношении собственного и общего его потребления. изнашивание систем теплоснабжения (труб, изоляционных материалов) в МКД приводит на практике к искажению распределения закрепленного законом бремени содержания такого имущества между собственниками помещений в МКД и управляющей организацией. Отсутствие надлежащего контроля со стороны управляющей организации, РСО и уполномоченных органов в отношении самовольных действий собственников в МКД по установке приборов отопления и теплых полов, в результате чего происходит внедоговорное и безучетное потребление коммунального ресурса, приводит к незаконному взиманию данной платы с остальных потребителей в МКД. Особо существенно это сказывается на имущественных интересах жильцов, когда такие действия совершают в нежилых помещениях, используемых для торговой и иной предпринимательской деятельности. Самостоятельную и повсеместно распространенную проблему представляет собой ситуация «перетопа», когда оплачивается потребителями «излишний» коммунальный ресурс.

Для обеспечения правильного (законного), оптимального и экономного разрешения гражданско-правовых споров в сфере теплоснабжения МКД необходимы: во-первых, более пристальный и широкий контроль со стороны органов общей и специальной компетенции; во-вторых, разработка алгоритмов действия потребителей при защите ими своих прав; в-третьих, формирование четкой позиции судебной власти по соответствующим разновидностям споров (типовых ситуации) с теплоснабжающими организациями.

# КОНСТИТУЦИОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СФЕРУ ЭНЕРГЕТИКИ

*Е. А. Кузнецова*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: kaesa5@yandex.ru)*

С принятием конституционных поправок по-новому зазвучала проблема государственного управления в основе, которой положен взятый из американского опыта управления делами государства принцип целеполагания, путем эффективного выстраивания отношений в том числе и в стратегической отрасли такой как энергетика. Для этих целей создан конституционный государственный орган – Государственный Совет. Первые кадровые решения уже произошли. Цель исследования напрямую связана с изучением происходящих процессов в реформировании органов власти и в оценке эффективности их деятельности. Задачи проанализировать управленческие изменения на примере энергетической отрасли.

Конституционно установлено, что «федеральные энергетические системы, ядерная энергетика» [1] находятся под юрисдикцией государства, что подчеркивает особую значимость данная отрасли. В настоящее время в системе органов государственной власти произошло перераспределение властных полномочий.

Орган законодательной власти участвует в формировании органов исполнительной власти. В связи с конституционными поправками кандидатуру министра энергетики утверждает Государственная Дума по представлению Председателя Правительства, а затем только Президент подписывает указ о назначении члена кабинета министров.

Взросла роль Президента в воздействии на исполнительную власть и в целом руководит Правительством Российской Федерации, а также учреждает Государственный совет. В соответствии с указом Президента было создано 18 комиссий Госсовета по различным направлениям, в том числе и по энергетике.

Представляется важным акцентировать внимание на том, что деятельность исполнительной ветви власти в соответствии с Федеральным конституционным законом «О Правительстве Российской Федерации» организуется по отраслевому принципу, а Государственный совет – по стратегическому и территориальному, с участием законодательной власти и субъектов Российской Федерации [2, 327].

Таким образом, создание Госсовета способствует усилению влияния со стороны главы государства за работой контрольно-надзорных органов в субъектах федерации. Эффективная работа Министерства энергетики строится на принципах взаимодействия с другими федеральными и региональными органами исполнительной власти, а также органами местного самоуправления, общественными объединениями и иными организациями. Госсовет призван объединить публичную власть в единую систему с целью эффективного социально-экономического развития страны в целом, в том числе и на международной арене.

### **Библиографический список**

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // Рос. газ. – 1993. – 25 декабря. Ст. 71 п. «и».
2. Санжаревский, И. И. Разделение властей и конституционная эволюция системы государственного управления в современной России / И. И. Санжаревский, Е. А. Кузнецова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. – 2021. – Т. 21, Вып. 3. – С. 327.

## **БЕЗДОГОВОРНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

***В. С. Кулабухов***

*Юридический институт ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия  
(e-mail: urist.russia86@mail.ru)*

Практика взыскания стоимости неоплаченной электрической энергии при отсутствии договора энергоснабжения сложилась еще в далеких 90-х годах в соответствии с Информационными письмами ВАС РФ от 05.05.1997 N 14 и от 17.02.1998 N 30, ссылки на которые применяются и по настоящее время. Тогда был сформирован следующий подход: отсутствие договора с потребителем, чьи установки присоединены к энергосети, не освобождает его от обязанности возместить стоимость потребленной энергии; фактическое пользование услугами (передачи по сети) рассматривается как акцепт абонентом оферты, поэтому данные отношения рассматриваются как договорные.

Между тем, в результате реформы электроэнергетики (2003 – 2008 гг.) структура отношений на энергорынках изменилась, фактическое определение бездоговорного потребления в электроэнергетике появилось только в 2012 году. Хотя в настоящее время принцип «если присоединился к энергосети – плати за потребление» никто не отменял, необходимо учитывать последствия произошедших изменений.

Одновременно с вступлением в силу ФЗ «Об электроэнергетике», в ст. 539 ГК РФ (§ 6 гл. 30 ГК «Энергоснабжение») введен п. 4, согласно которому к отношениям по договору снабжения электроэнергией правила данного параграфа применяются, если законом или иными правовыми актами не установлено иное. Основным нормативным актом, регулирующим отношения на розничных энергорынках, в том числе бездоговорного и безучетного потребления электроэнергии, являются Положения функционирования розничных рынков электроэнергии, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 N 442. Положения функционирования розничных рынков электроэнергии наиболее приоритетны по отношению к Гражданскому кодексу Российской Федерации и являются основным нормативным актом, регулирующим отношения на розничных энергорынках, в том числе для бездоговорного и безучетного потребления. В соответствии с пунктом 2 Положения функционирования розничных рынков электроэнергии, бездоговорным потреблением электроэнергии будет считаться, если подключение энергопринимающих устройств к объектам электросетевого хозяйства произведено: самовольно и в отсутствие заключенного в установленном порядке договора, обеспечивающего продажу электрической энергии (мощности) на розничных рынках, за исключением отсутствия договора в течение двух месяцев для принятия на обслуживание потребителей гарантирующим поставщиком; а также потребление электроэнергии в период приостановления поставки электрической энергии по договору, обеспечивающему продажу электрической энергии (мощности) на розничных рынках. При бездоговорном потреблении наступают такие неблагоприятные последствия, как полное или частичное ограничение режима потребления, которое сетевая организация обязана ввести, а также привлечение к административной ответственности в виде штрафа (статья 7.19 КоАП («Самовольное подключение и использование электрической, тепловой энергии, нефти и газа»)).

Основанием для взыскания стоимости бездоговорного потребления является факт неправомерного потребления энергии как материального блага, а не только лишь акт о неучтенном потреблении, как формализованный способ фиксации такого факта.

Закон об электроэнергетике и Правила N 442 не содержат правовых норм, придающих исключительное доказательственное значение безусловно составленному акту, т.е. при наличии иных доказательств порочность акта о неучтенном потреблении не является основанием для полного отказа во взыскании бездоговорной потребленной энергии как блага, от использования которого потребитель извлек определенные выгоды.

Таким образом, одной из главных проблем энергетических сетевых компаний является бездоговорное потребление электрической энергии или, называя вещи своими именами, ее воровство разными способами. Этим грешат как физические лица, так и компании. Формально закон на стороне сетевиков, которые могут взыскать существенные компенсации за подобные действия. самовольное присоединение к сети в отсутствие договора, как и нарушение правил учета энергии, как и прежде, незамедлительно обнаруживается и повлечет взыскание оплаты в совокупности с иными неблагоприятными последствиями. Однако кто вправе предъявить требование о взыскании, цене (тарифе), используемого в расчете, и объеме требований – вопросы, требующие серьезного анализа и привлечения специалистов.

### **Библиографический список**

1. Об электроэнергетике : федер. закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (II часть), параграф 6 главы 30).
3. Городов, О. А. Введение в энергетическое право : учебное пособие / О. А. Городов. – М. : РГГУ, 2015. – 218 с.

## **ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ**

***С. С. Белоглазова***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: sveta.beloglazova.2012@mail.ru)*

В настоящее время зеленой энергетике уделяется большое значение. «Зеленая» энергетика – часть энергопроизводящей системы, использующая возобновляемые источники энергии [1]. Их использование становится общим трендом для многих развитых и развивающихся стран мира. Однако несмотря на большой темп роста ВИЭ, их доля в общем мировом энергодобавке не так велика [2].

Важность зеленой энергии для окружающей среды заключается в том, что она является более экологически чистой альтернативой, заменяя негативное воздействие традиционных источников. Стоит отметить, что деятельность человека является одной из основных причин глобального потепления на планете. Предполагается, что к 2100 г. средняя температура на Земле повысится более чем на 2 °С, что может привести к резкому изменению климата. Чтобы этого не допустить, страны приняли Парижское соглашение. В рамках саммита G20, прошедшего в конце октября 2021 года, участники затронули вопрос карбоновой нейтральности. Страны пришли к выводу о том, что необходимо искать эффективные решения, чтобы удержать процесс потепления на уровне в 1,5 °С. Так же для достижения данной цели большое количество компаний активно участвуют в программе по сокращению выбросов парниковых газов, отказываясь от традиционных источников энергии в пользу возобновляемых.

Помимо этого, важной составляющей является правовое регулирование зеленой энергетики в России. Рассматривая зеленую энергетику на законодательном уровне, можно заметить, что чаще всего используется термин «возобновляемые источники энергии». В ряде других нормативно-правовых актов для обозначения источников альтернативной энергии используются иные термины – «нетрадиционные энергетические ресурсы», «нетрадиционные возобновляемые источники энергии» и др. Из-за такой большой вариативности терминов, которые использует законодатель в сфере альтернативной энергетики, можно отметить, что отсутствует четкий исчерпывающий понятийный аппарат в этой области. Большинство стран мира законодательно закрепили основные элементы поддержки генерации ВИЭ, а закон в России регулирует только основной принцип поддержки. Существуют основные положения стимулирования производства электрической энергии на основе использования возобновляемых источников энергии, которые определены соответствующими нормативными правовыми актами.

Зарубежные же страны поставили себе большие задачи по переходу на возобновляемую энергию. Например, Индия планируют запустить ряд ветряных и солнечных проектов. В Евросоюзе прогнозируется прирост мощностей. Так, около 40% электроэнергии в первом полугодии 2020 года в ЕС было произведено из возобновляемых источников. Лидерами инвестиций в развитие возобновляемой энергетики являются Китай, США, Япония и Великобритания. Анализ развития ВИЭ за рубежом и в России показывает, что наши задачи по ВИЭ в целом неплохо согласуются с общемировыми, но финансовая поддержка и объемы производства гораздо меньше, чем в крупнейших странах. Тем не менее можно заключить, что ускоренное развитие ВИЭ стало реальностью и в России.

Таким образом, стоит отметить, что на сегодняшний день государственная политика, направленная на стимулирование использования альтернативных источников энергии, реализуется постепенно. Однако, в правовом аспекте все еще отсутствует достаточная регламентация использования альтернативных источников энергии. Необходима систематизация, установление определенного свода правил и понятий, совершенствование законодательства и нормативно-правового регулирования в сфере развития альтернативной энергетики в России.

### **Библиографический список**

1. Лебедев, Ю. В. Зеленая энергетика: состояние и ожидания [Электронный ресурс] / Ю. В. Лебедев, Т. А. Лебедева // Российские регионы в фокусе перемен : сб. докл. XII Междунар. конф. – 2018. – С. 367 – 374. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37086131> (дата обращения: 12.12.2021).

2. Антонов, Н. В. Развитие зеленой энергетики в России и за рубежом. Достижения и перспективы [Электронный ресурс] / Н. В. Антонов, М. Ю. Евдокимов, В. А. Шилин // Энергосбережение. – 2020. – № 7. – С. 62 – 72. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44167781> (дата обращения: 12.12.2021).

### **ДОГОВОР РЕСУРСОСНАБЖЕНИЯ: СОДЕРЖАНИЕ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ**

***Т. М. Лаврик***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lavriktan@mail.ru)*

Договор является ведущим инструментом в рыночной экономике, в том числе в такой сфере как жилищно-коммунальное хозяйство, характеризующееся рядом специфических проблем [1, с. 127]. Договоры, используемые в указанной сфере, называют договорами ресурсоснабжения. Официальное определение договора ресурсоснабжения содержится в ст. 593 ГК РФ. П. 3 ст. 593 ГК РФ указывает, что к отношениям по договору энергоснабжения, не урегулированным ГК РФ, применяются законы и иные правовые акты об энергоснабжении, а также обязательные правила, принятые в соответствии с ними. Речь идет о ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», ФЗ «О теплоснабжении», ФЗ «Об электроэнергетике», ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации».

Договор энергоснабжения отнесен ГК РФ к разновидностям договора купли-продажи. Анализ понятия «энергия» приводит к пониманию энергии как вещи или иного имущества. Тем не менее, энергия и энергоносители – вещи весьма специфические. Поэтому договор энергоснабжения является специальным видом договора купли-продажи, обладающим собственными индивидуальными признаками, обособляющими его от других видов товарно-денежных обязательств. Можно выделить следующие отличительные признаки договора энергоснабжения.

Во-первых, предметом договора является энергия и энергоносители. Физическая сущность данных объектов заключается в процессе получения искомым благ, которые могут проявляться не сразу, как у других вещей, а вырабатываться в процессе их переработки. Так, природный газ, зажигаемый в газовой плите, приводит к удовлетворению интереса управомоченного лица в приготовлении пищи. Следует, однако, отметить, что данный признак ослабевает или утрачивается в ряде договоров энергоснабжения.

Во-вторых, договор энергоснабжения имеет особый способ исполнения. Согласно определению ст. 593 ГК РФ, энергия поставляется через присоединенную сеть. Данный признак ресурсоснабжения присущ всем договорам поставки энергии и ресурсов. Так, электрическая энергия поставляется по линии электропередач; тепловая энергия доводится до потребителя по тепловой сети (трубопроводу). Следует отметить, что не всегда жилищно-коммунальная услуга сопровождается присоединением через сеть, например, газ можно купить в баллонах. Однако именно здесь и кроется сущность ресурсоснабжения, ключевым звеном которого является ресурсоснабжающая организация, осуществляющая поставку энергии и ресурсов через присоединенную сеть, а не самообеспечение ресурсами и благами, как в приведенных примерах.

В-третьих, потребитель энергии (абонент), должен иметь энергопринимающее устройство, пригодное к использованию и соблюдать безопасность потребления энергии. Данный специальный правовой режим установлен прямым указанием п. 2 ст. 593 ГК РФ.

В-четвертых, говоря о ресурсоснабжении в сфере жилищно-коммунального хозяйства, следует иметь в виду, что ресурсы и энергия поставляются для бытового (а не промышленного) потребления. В связи с этим п. 1 ст. 540 ГК РФ установлен специальный режим заключения договора и потребления поставленной энергии.

Выделенные и охарактеризованные признаки характерны всем видам договоров энергоснабжения. В то же время, в разных вариациях договора могут

присутствовать особенные черты. Договор энергоснабжения имеет особый предмет – энергию и энергоносители, что образует специфику все договорной конструкции. Сама энергия поставляется через присоединенную сеть. Это отличает данный договор от других видов договора купли-продажи, предусмотренных главой 30 ГК РФ. В контексте жилищно-коммунального хозяйства – потребителями энергии выступают граждане, использующие энергию в личных бытовых целях. Это также накладывает определенную специфику на договорные отношения. Так, потребитель может присоединиться к сети и таким образом заключить договор, а также ему дано право потреблять энергию и ресурсы в нужном ему количестве. Договор энергоснабжения – это классический договор присоединения, который в это же время является публичным. Основным существенным условием договора является предмет. В целом, с точки зрения юридической техники, конструкция договора, предложенная ГК РФ представляется вполне удачной, обеспечивающей реализацию права граждан на получение энергии и энергоносителей.

### **Библиографический список**

1. Савин, К. Н. Обзор изменений жилищного законодательства РФ за 2019 год / К. Н. Савин // Право: история и современность. – 2020. – № 2(11). – С. 120 – 128.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Д. О. Перегудов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: dima.peregudov2017@yandex.ru)*

На данный момент общеизвестным является тот факт, что энергия является глобальным товаром, а энергетический рынок, как считают многие специалисты в данной области, по многим признакам стал схож с финансовым рынком. Роль энергетики в повседневной жизни начали понимать, к сожалению, только в конце XX – начале XXI века, в это же время соответственно получило развитие и правовое регулирование данной отрасли. Вероятно, ни в какой другой секции всех правовых норм, регулирующих отношения в сфере экономики Российской

Федерации, кроме как в секции норм энергетического законодательства, нет такой прямой, заметной и весьма значительной зависимости – качество правовых норм и состояние экономики [1].

Важнейшей характеристикой любой отрасли права российской правовой доктриной признается предметная сфера общественных отношений, по названию которой и определяется, как правило, название данной отрасли. В этом отношении не является исключением и энергетическое право. Сложность в определении предмета энергетического права состоит в том, что российская система права уже имеет в качестве элементов сформировавшиеся специальные отрасли права, которые вобрали в себя наиболее значимые и структурированные сферы общественной действительности. Между тем развитие социальной, экономической и научно-технической жизни общества порождает довольно нелегкие области общественных отношений, которые не уместаются в предметные сферы существующих отраслей права. Такой сложной областью общественных отношений и является энергетика [2].

Общественные отношения складываются между определенными субъектами, в связи с определенным объектом, по поводу которого у его участников возникают определенные правомочия и обязанности.

При исследовании общественных отношений в сфере энергетики, их субъектного состава и правового статуса субъектов энергетики, безусловно, следует учитывать особенности различных видов энергии, так как в каждой отрасли энергетики существуют свои субъекты (например: в отрасли теплоснабжения существует понятие лишь одного потребителя – потребителя тепловой энергии, а в сфере электроэнергетики их двое: потребители электрической энергии и потребители мощности, а так же потребители электрической энергии с управляемой нагрузкой) и общие, характерные для всех (например энергодобывающие организации, которые в большинстве случаев являются также и поставщиками энергетических ресурсов).

Как уже было сказано, специфика субъектов энергетики в большинстве случаев зависит от определенного вида энергии – объекта правоотношений в сфере энергетики. Объектом правоотношений в сфере энергетики является сама энергия, а конкретно различные ее виды: тепловая, электрическая, атомная и т.д. Но следует отметить, что в правовой литературе имеется дискуссия по вопросу о принадлежности самой энергии к тому или иному виду объектов гражданских прав. Так, выделяются следующие концепции понимая энергии: вещественная (имущественная) концепция энергии, товарная (обязательственная) концепция, концепция бестелесного имущества, ценностная концепция, неимущественная концепция и ресурсная. Из этого следует, что существование

множества концепция понимания энергии еще раз убедительно показывает необходимость дальнейшего научного исследования объектов энергетических правоотношений, а также совершенствования их правового регулирования, а ведь и помимо этого каждая отрасль обладает рядом своих специфических черт.

Таким образом, хотелось бы сказать, что отрасль энергетики является крайне важной, ввиду своей распространенности и имеет вес для каждого человека не только в нашей стране, но и в мире. Данная сфера деятельности обладает рядом характерных признаков, отличающую ее от других видов общественных отношений и, в связи с этим, требует более тщательного внимания со стороны государства.

### **Библиографический список**

1. Лаврик, Т. М. Правовое регулирование отношений в сфере энергетики : учебное пособие / Т. М. Лаврик, С. А. Фролов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 80 с.

2. Бушев, А. Ю. Коммерческое (предпринимательское) право / А. Ю. Бушев, О. А. Городов, В. Ф. Попондопуло. – М. : Проспект, 2020. – 608 с.

## **ОТДЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ В МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ЭНЕРГЕТИКИ**

*С. А. Иванов*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: seregatambov@mail.ru)*

Российская Федерация является крупнейшим экспортером энергетических ресурсов за рубеж. Причем экспорт производится через протянутые на несколько тысяч километров, зачастую по территории нескольких стран, линии электропередач, а также трубопроводы для перекачки нефти и газа. Огромный экспорт требует непосредственной добычи и большого объема энергетических ресурсов, для чего необходимы значительные территории. В настоящее время с развитием науки и техники, уменьшения легкоизвлекаемых запасов энергоресурсов, усложняются технологии добычи. Нефть и газ все больше начинают добывать в труднодоступных для этого местах, в том числе на шельфах морей и океанов. Все это может привести в конечном итоге к возникновению пограничных и территориальных споров, связанных с энергетической экспортной деятельностью или добычей энергоресурсов. Такие примеры уже имеются в истории.

В современном мире сухопутные границы между странами в значительной степени разделены. Однако из сводок новостей периодически поступает информация о возникновении в разных частях земного шара территориальных споров между странами за определенные территории суши. Не везде еще, как оказывается, заключены договоры о делимитации сухопутных территорий. Еще больше проблем с разделением морских границ. Озабоченность вызывает то, что почти половина заключенных государствами соглашений о границах не определяют конкретных точных их координат и линий их связывающих, о чем также, например, сообщается в зарубежной литературе [1]. А это очень важно, например, для разрешения территориальных споров по определению границ участка нефтегазовой добычи на дне Мирового океана. Конечно, правительства государств и их главы должны непосредственно быть заинтересованы в разрешении данных споров, как гаранты суверенитета своих стран над природными ресурсами, в том числе энергетического характера. Они вправе использовать как досудебные, так и судебные средства разрешения территориальных споров. Важная задача здесь – не допустить разрешения спора военным путем. Любой военный конфликт, локальный или крупномасштабный, неприемлем, поскольку приведет к нарушению главного права человека – права на жизнь, и мировому сообществу нужно сделать все, чтобы избежать этого. Крупнейшие нефтяные и газовые компании, которые создают совместные консорциумы, объединяя усилия для разработки конкретных крупных месторождений, требующих вливаний огромных финансовых средств, использования новейших технологий, большого количества трудовых ресурсов, также могут столкнуться с проблемами при получении концессий на право добычи. Трудности в данном случае могут быть связаны как с наличием согласованной границы между государствами, так и с тем, что потенциальному разработчику месторождения необходимо будет технически указать в своей концессии линии, определяющие район добычи. А это, как уже отмечено, надо сделать точно. Большой вклад в разрешение проблем определения морских границ внесла Конвенция ООН по морскому праву 1982 года [2]. Однако данная Конвенция далеко не в полной мере урегулировала все вопросы разграничения и, более того, есть примеры, что ее положения по-разному истолковывались государствами. Так стояла проблема разграничения территорий Баренцева моря и Северного ледовитого океана между Норвегией и СССР, а затем и Россией, где государства пытались применить разные подходы к определению территориальных морских границ, в том числе с учетом положений вышеназванной конвенции. Спор длился с 1967 года и закончился только в 2010 году подписанием соглашения о делимитации спорного района. Это позволило компании ПАО

«Газпром» в полной мере заняться освоением гигантского Штокмановского месторождения.

Таким образом, вопросы определения морских границ имеют важное значение для развития энергетической промышленности государств, напрямую влияют на возможности добычи природных ресурсов и их передачу по транснациональным транспортным артериям. Здесь существует много вопросов, которые требуют международного правового разрешения, в частности, совершенствование действующих международных правовых актов об определении территориальных границ государств, разработка и принятие двусторонних соглашений о делимитации спорных территорий, международная помощь в разрешении территориальных споров.

### **Библиографический список**

1. Martin T. Energy and international boundaries // Research Handbook on international energy law, edited by Talus K. – Cheltenham: Edward Elgar. – Pp. 181-195.

2. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10.12.1984 г. [Электронный ресурс]. – СПС «Гарант». – URL : <https://base.garant.ru/2540700/> (дата обращения: 27.05.2021).

## **ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СФЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

*Д. Д. Москвитина, С. П. Москвитин*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

Бурное развитие мобильного электротранспорта, такого как сигвеи, моноколеса, гироскутеры, электронные самокаты, в настоящее время влечет за собой множество проблем в области административно-правового регулирования. Данный вид транспорта является источником повышенной опасности для жизни и здоровья человека, а также представляет угрозу для окружающей среды вследствие нарушений требований утилизации, хранения и использования.

Вместе с тем четкой законодательной основы, определяющей отнесение данного транспорта к определенной совокупности транспортных средств, в настоящее время в юридических нормах нет. Кроме того, правовой статус лиц,

управляющих данными транспортными средствами и, соответственно, порядок отнесения их к определенной группе участников дорожного движения законодательством пока не предусмотрены, что, несомненно, порождает отдельные проблемы правового применения и научную полемику.

При этом лиц, управляющих данными транспортными средствами нельзя в полной мере отнести ни к велосипедистам, ни к лицам, управляющим мопедом. При детальном изучении Правил дорожного движения рассматриваемых участников дорожного движения нельзя однозначно отнести и к пешеходам. Основная нормативно-правовая полемика нормы права состоит в том, что такие технические средства имеют электрический двигатель, тем самым выполняя свое предназначение, связанное с перемещением людей, что вполне соответствует определению транспортного средства, но, по мнению Госавтоинспекции, таковым не является.

В современных реалиях законодателем не определены ни государственные органы, уполномоченные принимать экзамены на право управления сигвеями, моноколесами, гироскутерами, электронными самокатами, ни органы, уполномоченные выдавать водительские удостоверения для управления данными видами транспортных средств. Категория, к которой можно отнести мобильный электротранспорт, законодателем также не определяется.

Из всего вышесказанного следует выделить важные направления совершенствования нормативно-правового регулирования использования отдельных видов электротранспорта:

- во-первых, установить четкую законодательную основу, которая определяла бы принадлежность транспортного средства к определенной совокупности участников дорожного движения;
- во-вторых, определить правовой статус лиц, которые управляют мобильным электротранспортом;
- в-третьих, необходимо внести в ПДД пункты, которые будут регламентировать поведение участников дорожного движения, управляющих рассматриваемыми видами электротранспорта;
- в-четвертых, разработать и законодательно закрепить нормы безопасности, необходимые при управлении данным транспортом.

В заключение хотелось бы отметить, что только законодательное регулирование участия в дорожном движении лиц, управляющих мобильным электротранспортом, позволит обеспечить значительное снижение аварийности, окажет содействие в сохранении жизни и здоровья участников дорожного движения и повысит безопасность дорожного движения в нашей стране.

## Библиографический список

1. Калюжный, Ю. Н. Основные законодательные инициативы, связанные с фиксацией административных правонарушений в области дорожного движения техническими средствами / Ю. Н. Калюжный // Российская юстиция. – 2019. – № 4. – С. 67 – 70.
2. В Госдуме предложили регистрировать гироскутеры и сигвеи [Электронный ресурс]. – URL : <https://rg.ru/2018/08/15/v-gosdume-predlozhili-napisat-pdd-dlia-giroskuterov-i-sigveev.html>
3. Толочко, Е. И. Культура безопасного поведения на дорогах как многоаспектная социально-педагогическая проблема / Е. И. Толочко // Человек и образование. – 2015. – № 1(42). – С. 173 – 179.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Д. Д. Москвитина*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

Совершенствование законодательства в сфере электроэнергетики происходит с учетом как необходимости решения возникающих проблем, так и возникновения перспективных отраслей электроэнергетики. Подлежат рассмотрению проблемы в сфере оплаты энергетической энергии и мощности, в определения сроков и порядка осуществления технологического присоединения, реализации инвестиционных программ субъектами электроэнергетики.

Законодательное и нормативно-правовое регулирование отношений в сфере электроэнергетики и энергетики в Российской Федерации основывается на Конституции Российской Федерации и состоит из Гражданского кодекса Российской Федерации, Федерального закона «Об электроэнергетике» и иных регулирующих отношения в сфере электроэнергетики федеральных законов, а также указов Президента Российской Федерации, постановлений Правительства Российской Федерации и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, принимаемых в соответствии с указанными федеральными законами.

Одним из основных актов, регулирующих отношения в сфере энергетики, является Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике». Согласно статье 1, Федеральный закон устанавливает правовые основы

экономических отношений в сфере электроэнергетики, определяет полномочия органов государственной власти на регулирование этих отношений, основные права и обязанности субъектов электроэнергетики при осуществлении деятельности в сфере электроэнергетики (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии) и потребителей электрической энергии.

Часть вторая статьи четвертой Федерального закона «Об электроэнергетике» регламентирует полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления в сфере электроэнергетики: органы государственной власти субъектов РФ и органы местного самоуправления не вправе принимать нормативные правовые акты, направленные на регулирование отношений в сфере электроэнергетики, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами.

Наиболее актуальным вопросом для Российской Федерации в настоящее время являются вопросы энергосбережения, энергетической эффективности и возобновляемых источников энергии. В связи с возникшей необходимостью был принят Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный нормативный акт определяет основы создания правовых, экономических и организационных основ для стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

На сегодняшний день принципиально новым вопросом электроэнергетики становится появление электротранспорта на дорогах Российской Федерации. В частности, в Тамбовской области уже существуют специальные зарядные станции для электромобилей. В связи с этим возникает необходимость в правовом регулировании обслуживания данного транспорта. Перспективой развития нормативно-правовой и законодательной сферы Российской Федерации в области электроэнергетики станет принятие законопроектов, регламентирующих порядок обслуживания электротранспорта.

### **Библиографический список**

1. Актуальные проблемы энергетического права : учебник / В. В. Романова, И. А. Кашликова, А. А. Пахомов и др. ; под ред. В. В. Романовой. – М. : Юрист, 2015. – 380 с.
2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : комментарий к федер. закону от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ (постатейный). Специально для системы ГАРАНТ / Н. А. Петрусева, В. Ю. Коржов. – 2014.

# **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РОССИИ И СТРАН ЕС В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ: ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Ю. С. Тимофеева*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

*(e-mail: Yulya-timofeeva28082000@yandex.ru)*

Начиная говорить об отношениях России и Европейского Союза (ЕС) в сфере энергетики стоит отметить их взаимозависимый, но при определенных условиях, сложный характер. Взаимодействие России и ЕС в сфере энергетики имеет особое значение, потому что спрос на энергетические ресурсы в странах Евросоюза увеличивается с каждым годом, напротив как добыча значительно сокращается.

На сегодняшний день одной из главной и актуальной цели сотрудничества является бесперебойная транспортировка энергоресурсов. Россия является одним из главных поставщиков газо- и нефтепродуктов в Европу.

Европейский союз изначально рассматривал Россию в качестве наиболее важного партнера по «Северному измерению». Россия, в свою очередь, видела в «Северном измерении» привлекательный формат экономического сотрудничества с ЕС, с помощью которого ее северо-западные регионы могли найти свое место в процессах европейской интеграции. Она позитивно восприняла появление концепции «Северного измерения» и начала выстраивать свою политику в рамках данной инициативы, опираясь как на двусторонние контакты с заинтересованными странами (Финляндией, Швецией, Данией), так и на взаимодействие с европейскими субрегиональными объединениями [1].

Одними из современных и актуальных проектов России и ЕС является проект «Северный поток – 2».

Российская компания «Газпром» на протяжении долгих лет осуществляла план строительства двух веток газопровода. Политический характер осложнений, затрагивающий интересы большого количества стран, вызвал бурную реакцию на международной арене и в средствах массовой информации (СМИ).

Теоретические аспекты правового регулирования взаимодействия России и Европейского Союза рассмотрим так же на проекте «Северный поток – 2». Процесс его строительства регулировался международными конвенциями и национальным законодательством каждого государства, через территориальные воды и(или) исключительную экономическую зону которого проходит газопровод. Самым проблемным получением соглашения, были переговоры

с Данией. В связи с многочисленными наложениями санкций на Россию. Против его реализации так же выступали страны-транзитеры российского газа, страны Прибалтики и США.

Таким образом, Россия и ЕС считаются значимыми стратегическими партнерами. Их области интересов пересекаются в многочисленных аспектах, оба субъекта встречаются с трудностями мирового масштаба, которые на сегодняшний день невозможно решить в одностороннем порядке. Кроме того, географическая схожесть Российской Федерации и ЕС направляет стороны к тесной совместной работе, что также обуславливается мощной финансовой взаимозависимостью.

### **Библиографический список**

1. Александров, О. Б. «Северное измерение»: новая форма или новое содержание? / О. Б. Александров // Космополис. – 2017. – С. 95 – 104.

2. Никонов, И. А. Влияние «Северного потока – 2» на Балтийское море / И. А. Никонов // Молодой ученый. – 2020. – № 15(305). – С. 384 – 394. – URL : <https://moluch.ru/archive/305/68646/> (дата обращения: 12.12.2021).

## **ОБЪЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ОГРАНИЧЕНИЯ ПРАВОМОЧИЙ ПРАВООБЛАДАТЕЛЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ**

***В. А. Субочева***

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [cybochevav@mail.ru](mailto:cybochevav@mail.ru))*

В Федеральном законе от 26 марта 2003 года № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» электроэнергетика обозначена как основа функционирования экономики и жизнеобеспечения (ст. 3) [1]. При этом объекты электроэнергетики представляют собой имущественные объекты, непосредственно используемые в процессе производства, передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и сбыта электрической энергии, в том числе объекты электросетевого хозяйства. В свою очередь, объекты электросетевого хозяйства определены в Законе об электроэнергетике как линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты и иное предназначенное для обеспечения электрических связей и осуществления передачи электрической энергии оборудование. Многие из таких объектов, являясь

собственностью одних лиц – находится на земельных участках, находящихся в собственности других лиц.

Учитывая широкий спектр видов разрешенного использования земельных участков, установленного Классификатором видов разрешенного использования земельных участков [2], мы можем утверждать, что за исключением лишь некоторых видов, определяющих использование земельных участков, основная масса либо прямо указывает, либо предполагает размещение линейных объектов, а именно: хранение и переработка сельскохозяйственной продукции предполагает размещение зданий, сооружений, используемых для производства, хранения, первичной и глубокой переработки сельскохозяйственной продукции; обеспечение сельскохозяйственного производства, а именно размещение ... трансформаторных станций и иного.

Помимо вышеуказанных положений Земельным кодексом РФ регламентированы положения об установлении зон с особыми условиями использования территорий в них входящих. Предполагается, что новые положения Земельного кодекса РФ распространяют свое действие и на регулирование ограничений прав владельцев земельными участками, имеющими на своей территории линейные объекты.

Ограничения эксплуатации земельных участков определяются исходя из режима зоны и оценки влияния зданий, сооружений на объект и(или) территорию, для охраны которых установлена зона, либо обратная ситуация – оценка влияния объекта и(или) территории на здания, сооружения, находящиеся на земельном участке.

Эти исходные начала являются определяющими, в том числе при выяснении вопроса о возможности использования земельных участков с учетом категории и вида разрешенного использования земель под объекты электроэнергетики.

Во всех случаях после строительства линий электропередачи, например, на землях сельскохозяйственного назначения необходимо оформление прав на земельные участки, занимаемые данными объектами, в соответствии с размерами, определенными в действующем законодательстве. Однако обширная судебная практика свидетельствует о том, что энергетические компании не спешат оформить свои права на землю. В результате попыток собственников и других субъектов прав на земельные участки из состава земель сельскохозяйственного назначения устранить неоформленные с точки зрения земельного законодательства объекты с принадлежащих им земельных участков, как правило, обосновывая иски в суд с соответствующими требованиями защиты своих прав статьей 304 ГК РФ, энергетические компании в конце концов выступают

со встречным иском об установлении сервитута, который и устанавливается в ходе судебного разбирательства. До оформления прав на землю энергетических компаний складывается парадоксальная ситуация, когда собственники и другие субъекты прав на земельные участки не могут их использовать свободно, будучи ограниченными правилами установления охранных и иных зон с особыми условиями использования земель в связи с нахождением на этих земельных участках объектов электроэнергетики, в то время как сами объекты электроэнергетики располагаются на неоформленных земельных участках.

Определяя существующее положение российского законодательства в сфере использования земель, а именно земель энергетики и земель иных категорий при решении вопроса размещения линейных объектов, думается, что вопрос все еще остается открытым с возможностью дискуссий в данной сфере. По нашему мнению, указанное обстоятельство должно способствовать формированию более эффективной правоприменительной практики, а в перспективе – может привести к уточнению некоторых правовых норм. Например, в части размера предоставляемой площади земельных участков для размещения линий электропередач, линий связи.

### **Библиографический список**

1. Об электроэнергетике : федер. закон от 26 марта 2003 года № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2003. – № 13. – Ст. 1177.
2. Классификатор видов разрешенного использования земельных участков: Приложение к приказу Министерства экономического развития РФ от 1 сентября 2014 г. № 540. – URL : <https://base.garant.ru/70736874/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#friends> (дата обращения: 10.12.2021).

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Секция 1

### ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

<i>Д. В. Корпусов</i> Методы контроля микроклимата в тепловых камерах .....	3
<i>А. С. Назаров, В. В. Рыжов, О. Н. Попов</i> Энергосбережение в теплогенерирующих установках .....	5
<i>А. В. Гришин, И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, О. А. Овсянников</i> Математическая модель теплопереноса в трехслойном теле .....	7
<i>Р. Ю. Чубаров, О. Н. Попов</i> Влияние степени повышения давления на эффективность ГТУ .....	9
<i>Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков</i> Программно-техническая реализация информационно-управляющей системы процессом распределения топливных пеллет .....	11
<i>Д. Н. Базелюк, И. В. Рогов</i> Исследование температурных полей в измерительной ячейке с использованием среды Comsol Multiphysics .....	13
<i>С. С. Никулин</i> Моделирование движения границы фазового перехода .....	15
<i>А. А. Дурнов, С. А. Воеводкин, А. А. Балашов</i> Моделирование процесса теплопроводности для определения теплофизических свойств твердых тел .....	17
<i>Е. С. Романова</i> Имитационная модель работы водогрейного котла на основе сетей Петри .....	18
<i>В. В. Ерёмин, С. Н. Баршутин</i> Моделирование скорости движения электронов в пламени под действием электрического поля высокой напряженности .....	21
<i>Р. П. Беликов, Т. В. Енина, М. А. Тарасов, М. А. Больших</i> Анализ состояния ЛЭП 10 кВ Орловской области .....	23
<i>Т. И. Чернышова, П. А. Карелин</i> Применение информационных технологий при оценке метрологической надежности информационно-измерительных систем .....	24

## Секция 2

### ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

<i>В. А. Фролин, Е. П. Зацепин</i> Минимизация экономических убытков при распределении электроэнергии .....	26
<i>А. Ю. Кудинов, А. А. Терехова, Н. С. Кочетков</i> Применение технологии «Smart Grid» в электроэнергетике .....	27
<i>М. А. Каменская, Т. И. Чернышова, С. В. Артемова</i> Применение технологии цифровых двойников для оценки метрологической надежности измерительных средств .....	29
<i>Ю. А. Козлова, А. А. Терехова, О. В. Тормасин</i> Анализ данных беспроводной передачи электроэнергии на основе уравнений Максвелла .....	31
<i>И. А. Сапрыкин, Ю. Д. Гусева</i> Анализ возможностей применения ПИД-регуляторов в электроэнергетических сетях и установках .....	33

<i>Е. А. Семьянинова, И. Э. Родионова, С. Ю. Попов, М. А. Каменская</i> Повышение эффективности дистанционной защиты дальнего резервирования для линии с несколькими ответвлениями .....	35
<i>Е. А. Семьянинова, И. Э. Родионова, Н. Г. Семенов, М. А. Каменская</i> Анализ применения концепции «Умные сети» в городских электросетях .....	36
<i>В. Т. Сидорова, А. Н. Павлов, Р. П. Шариков</i> Моделирование работы фотоэлектрической системы в MATLAB Simulink .....	38
<i>А. Е. Кудрявцев, Е. П. Зацепин</i> Повышение уровня электроснабжения с помощью гибридного выключателя постоянного тока .....	40
<i>К. В. Седых, Е. П. Зацепин</i> Кибербезопасность современных терминалов релейной защиты и автоматики .....	41
<i>С. Р. Чекулдаева, В. И. Зацепина</i> Перспективы применения теории нечетких множеств для анализа надежности электроснабжения .....	44
<i>Р. А. Стаценко, Е. П. Зацепин</i> Тенденции развития энергоэффективности электросетевого комплекса Российской Федерации .....	46
<i>А. А. Терехова, В. А. Кобелева, Ю. Е. Жарков</i> Анализ возникновения аварийных ситуаций в электроэнергетических системах .....	47
<i>А. В. Кобелев, В. А. Кобелева, А. В. Остроухов</i> Анализ актуальности энергоэффективного освещения в общей динамике энергопотребления .....	49
<i>А. Ю. Кудинов, А. А. Терехова, Д. А. Долгов</i> Анализ применения искусственного интеллекта в электроэнергетике .....	51
<i>С. С. Баранов, В. А. Кобелева, Н. С. Юдаев</i> Солнечный трекер .....	53
<i>М. Л. Гогорян, Ю. А. Козлова, П. Н. Лазарев</i> Разработка суперконденсаторов на основе углеродной матрицы с регулируемыми характеристиками .....	55
<i>Р. В. Горшков, А. А. Терехова, А. М. Данов</i> Система «IPRO» в жизненном цикле объекта электроэнергетики и электротехники .....	56
<i>О. А. Пустовая, Е. А. Пустовой, Е. С. Вошина</i> Оценка выделения тепловой энергии светодиодами источниками оптического излучения бытового назначения .....	59
<i>В. С. Ячменников, В. Р. Мамонтова, А. Н. Кагдин, Таллиз В. Л.</i> Анализ систем автоматизации, применяемых в бытовой среде .....	61
<i>Д. С. Лыиков, А. А. Гордеев, А. В. Кобелев, Дембицкий А. В.</i> Умный стол .....	62
<i>Д. М. Востриков, В. И. Зацепина</i> Необходимость перехода на напряжение 20 кВ при передаче электроэнергии в России .....	63
<i>Е. М. Николюкина, А. В. Кобелев</i> Изучение современных решений энергоэффективного потребления осветительных установок для учебного корпуса ФГБОУ ВО «ТГТУ» .....	66
<i>К. И. Тулупов, Е. М. Николюкина, Я. В. Ельцов</i> Разработка устройства для автоматического включения освещения .....	68
<i>А. Е. Семенов, М. А. Климушкин, М. А. Авдеев</i> Современные дуговые защиты .....	69
<i>А. Е. Семенов, Д. В. Таничев</i> Дефекты ВЛ-35 кВ .....	71
<i>Н. В. Земцова, В. А. Кобелева</i> Исследование композитов на основе полимерных матриц и углеродных нанотрубок для нагревателей с эффектом саморегулирования температуры .....	73

### Секция 3

#### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>П. В. Кузовлев, Е. П. Зацепин</i> Оценка экономического ущерба от провалов напряжения .....	76
<i>И. В. Павлов, Е. П. Зацепин</i> Обзор энергоэффективности в умных домах и умных сетях .....	78
<i>Н. И. Шепелёв, И. В. Тюрин, Р. О. Козадаев</i> Архитектура ПЛИС FPGA и CPLD структуры .....	80
<i>М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов</i> Эффективность технического обслуживания цифровых систем связи .....	82
<i>В. Е. Гладышев, Е. В. Сенцов, Е. С. Мантухов</i> Модернизация системы автоматизации вальцешлифовального станка .....	84
<i>А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов</i> Особенности контроля определяющих параметров информационно-измерительной системы .....	86
<i>К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова</i> Повышение оперативности неразрушающего контроля теплопроводности материалов для энергоэффективных зданий .....	88
<i>А. В. Курприянов, З. М. Селиванова</i> Оперативность определения теплопроводности энергоэффективных материалов .....	90
<i>Э. М. П. Йиндула</i> Информационные технологии допускового контроля качественных характеристик теплоизоляционных материалов в энергетике .....	92
<i>Я. Э. Нгуба</i> Цифровые технологии построения телеизмерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов для предприятий энергетики ....	94
<i>С. Б. Долгов, В. Н. Шамкин</i> Перспективы развития радиотехники и электроники. Проблемы очистных сооружений на предприятиях .....	96
<i>Н. А. Хворова, В. Н. Шамкин</i> Грейдирование как инструмент мотивации персонала на производящем радиоэлектронную продукцию предприятии .....	98
<i>В. Ю. Курилов</i> Энергоэффективность: энергетическая стратегия развития гидро-электроэнергетики в РФ .....	99
<i>Д. О. Старцева, Е. П. Зацепин</i> Model Studio CS как инструмент для BIM-проектирования электрических сетей .....	102
<i>В. С. Жуков, Е. П. Зацепин</i> Основы визуального программирования в Dynamo для проектирования в Revit .....	103
<i>А. Н. Поляков, Е. В. Карелина, Н. Ю. Субботина</i> Анализ методов неразрушающего контроля изоляции кабельных изделий .....	105

### Секция 4

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>А. В. Медведева, А. А. Нечай, В. В. Леонов</i> Применение активных радиоэлектронных компонентов в модуле вывода шрифта Брайля для электронного тренажера .....	108
<i>И. А. Некрылов, А. В. Мальшиева, А. М. Чепелева, Ю. Н. Панасюк</i> Выбор методов синтеза алгоритмов фильтрации для оценки координат воздушных судов .....	110
<i>А. А. Нечай, А. В. Медведева, В. В. Леонов</i> Применение цифрового удаления шумов в слуховых аппаратах воздушной проводимости .....	112

<i>Е. А. Антонов, К. Д. Раев</i> Алгоритм поиска оптимальных параметров нелинейного усилителя мощности .....	114
<i>Д. Д. Горбачева</i> Эффективные биотехнические системы .....	116
<i>Е. А. Дудина</i> Внедрение аппаратов УВ и ЭУВ терапии для диагностики и профилактики заболеваний .....	117
<i>Одеджоби Одевале Элиа</i> ультразвуковые эхолокаторы .....	119
<i>Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, С. В. Проскуряков</i> Использование цифровых технологий для управления параметрами в кабинете МРТ .....	121
<i>В. О. Умаров</i> Применение технологий электроавтоматики в энергосистеме .....	123
<i>Е. В. Карелина</i> Информационно-измерительная система непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием .....	125
<i>М. В. Алексеев</i> Оценка точности реконфигурируемой системы фильтров, учитывающей скорость движения и расстояние до объекта .....	127
<i>В. С. Аистов</i> Оценка точности реконфигурируемой системы фильтров, учитывающая расстояние до объекта .....	129
<i>И. В. Кулешов, А. П. Пудовкин</i> устройство для исследования влияния зазора между вихретоковым преобразователем и объектом контроля .....	131
<i>А. А. Мжельский, Ю. Н. Панасюк, С. В. Панфилов</i> Разработка алгоритмов функционирования измерителя дальности со случайной структурой при траекторной обработке воздушных судов .....	133
<i>В. В. Евтеев, Ю. Н. Панасюк</i> Обоснование выбора метода синтеза алгоритмов фильтрации измерителя координат .....	135
<i>В. В. Крапивина, Т. А. Фролова</i> Информационная модель электрокардиографа с учетом инновационных решений .....	137
<i>С. Р. Штыркова</i> Как избежать квенча в магнитно-резонансной томографии .....	139
<i>А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин</i> Выделение основных составляющих электрокардиосигнала при помощи дискретного вейвлет-преобразования .....	141
<i>А. С. Кожевников, А. Е. Медведев, А. В. Мордовин, В. В. Попов, С. Н. Данилов</i> Умный город: обеспечение безопасности движения ТС с применением меток транспондеров и фазового метода отслеживания .....	143
<i>В. О. Лычагина, Т. А. Фролова</i> SMAS-лифтинг-эффективное решение для сохранения молодости .....	145
<i>М. Х. Альруйшид, Б. С. Дмитриевский, С. А. Скворцов, А. А. Терехова</i> Модель предикативного управления процессом адсорбции водорода .....	147
<i>К. А. Кретинин, В. И. Зацепина</i> Применение беспилотных летательных аппаратов для анализа воздушных линий электропередачи .....	149

## СЕКЦИЯ 5

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРАВО: МОДЕЛИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

<i>О. А. Пугина</i> Специалисты и юристы как субъекты энергетических правовых отношений .....	151
<i>Е. А. Кузнецова</i> Особенности правового регулирования естественно-монопольных и конкурентных сфер деятельности в энергетической отрасли на региональном уровне ...	152

<i>О. Л. Протасова</i> Энергетическая политика современной России: вызовы и перспективы .....	154
<i>С. А. Фролов</i> Энергополитика России: от плана ГОЭЛРО к цифровому развитию будущего (историко-правовой аспект) .....	156
<i>Д. И. Олейник</i> Договор энергоснабжения в системе договорных отношений .....	158
<i>И. И. Санжаревский</i> Энергетическое право и политико-правовые вызовы национальной энергетической системе России .....	159
<i>И. А. Калинина</i> Правовое регулирование и правоприменительные проблемы в теплоснабжении многоквартирных домов .....	161
<i>Е. А. Кузнецова</i> Конституционная эволюция системы государственного управления в современной России и ее влияние на сферу энергетики .....	164
<i>В. С. Кулабухов</i> Бездоговорное потребление электрической энергии .....	165
<i>С. С. Белоглазова</i> Зеленая энергетика: правовое регулирование в России и международный опыт .....	167
<i>Т. М. Лаврик</i> Договор ресурсоснабжения: содержание и отличительные признаки .....	169
<i>Д. О. Перегудов</i> Особенности правового регулирования отношений в сфере энергетики .....	171
<i>С. А. Иванов</i> Отдельные территориальные аспекты в международно-правовом регулировании энергетики .....	173
<i>Д. Д. Москвитина, С. П. Москвитин</i> Законодательное регулирование отношений, возникающих в сфере использования электротранспорта .....	175
<i>Д. Д. Москвитина</i> Законодательное регулирование отношений, возникающих в сфере электроэнергетики .....	177
<i>Ю. С. Тимофеева</i> Взаимодействие России и стран ЕС в сфере энергетики: теоретико-правовой аспект правового регулирования .....	179
<i>В. А. Субочева</i> Объекты энергетики как ограничения правомочий правообладателей земельных участков .....	180

*Научное электронное издание*

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

**Выпуск III**

Материалы Третьей Всероссийской научной конференции

Инженер по компьютерному макетированию Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2448-0



Подписано к использованию 28.02.2022.

Тираж 100 шт. Заказ № 4

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

Тел. 8(4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru