

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

№108, Апрель 2024  
(Часть 11)



Самара, 2024

T33

**Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №108, Апрель 2024 (Часть 11) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 180 с.**

**doi:** 10.18411/trnio-04-2024-p11

**Тенденции развития науки и образования** - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Чернопятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Пивоваров Александр Анатольевич**

Кандидат педагогических наук

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Ильященко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Бегидова Светлана Николаевна**

Доктор педагогических наук, Профессор

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Мирошин Дмитрий Григорьевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

**Афанасьева Татьяна Гавриловна**

Доктор фармацевтических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**

Доктор философии по техническим наукам

***Лыгин Сергей Александрович***

Кандидат химических наук, Доцент

***Заломнова Светлана Петровна***

Кандидат педагогических наук, Доцент

***Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна***

Кандидат педагогических наук, Доцент

***Радкевич Михаил Михайлович***

Доктор технических наук, Профессор

***Гуткевич Елена Владимировна***

Доктор медицинских наук

***Матвеев Роман Сталинарьевич***

Доктор медицинских наук, Доцент

***Шамутдинов Айдар Харисович***

Кандидат технических наук, Профессор

***Найденов Николай Дмитриевич***

Доктор экономических наук, Профессор

***Романова Ирина Валентиновна***

Кандидат экономических наук, Доцент

***Хачатурова Карине Робертовна***

Кандидат педагогических наук

***Кадим Мундер Мулла***

Кандидат филологических наук, Доцент

***Григорьев Михаил Федосеевич***

Кандидат сельскохозяйственных наук

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ XXIII. МАТЕМАТИКА</b> .....	8
<b>Трещев И.А.</b> О построении алгебр над множеством конвейерных систем с операциями параллельной и последовательной композиций .....	8
<b>Трещёв И.А., Трещева Е.А., Гулина Н.А., Монастырская Е.И.</b> Об оценки защищенности вычислительных систем с использованием статистических методов .....	10
<b>РАЗДЕЛ XXV. ФИЗИКА</b> .....	15
<b>Алешкова Д.В., Курбатов В.А.</b> Взаимодействие электромагнитных излучений радиочастотного диапазона с биологическими объектами .....	15
<b>Гончаров А.И.</b> Фокусировка нерелятивистских нейтрино от точечного удаленного источника гравитационным полем Солнца .....	20
<b>Кошман В.С.</b> О возможном развитии рабочей гипотезы В.Г. Фесенкова относительно происхождения Солнечной системы.....	23
<b>РАЗДЕЛ XXVI. МАШИНОСТРОЕНИЕ</b> .....	29
<b>Беляков Д.А.</b> Применение технологии 3D-печати для задач мелкой автоматизации на примере модульной котельной .....	29
<b>Беспалов В.В., Клочкова Н.С., Баевский А.А.</b> Влияние элементарных погрешностей зубчатых колес на шум зубчатой передачи .....	33
<b>Харитонов С.В.</b> Импортзамещение средств автоматизации в нефтегазохимической промышленности на примере автоматизации печи пиролиза .....	35
<b>РАЗДЕЛ XXVII. МОДЕЛИРОВАНИЕ</b> .....	39
<b>Куликова Е.М.</b> Моделирование МПП в армирующей ткани.....	39
<b>РАЗДЕЛ XXVIII. ТРАНСПОРТ</b> .....	42
<b>Горбенко А.А., Литвин Т.А.</b> Роль транспорта в освоении труднодоступных территорий... ..	42
<b>Синин Д.А.</b> Цифровые инструменты управления транспортной компанией .....	45
<b>РАЗДЕЛ XXIX. ЭНЕРГЕТИКА</b> .....	48
<b>Арчекова А.А.</b> Роль очистных сооружений на НПЗ .....	48
<b>Асанбекова Х.У.</b> Исследование локальных параметров теплообмена для повышения комфорта и эффективности.....	50
<b>Асанбекова Х.У.</b> Роль газоиспользующих теплогенераторов в устойчивом теплоснабжении .....	52
<b>Асанбекова Х.У.</b> ТОО в малой энергетике.....	55
<b>Беспалых В.В.</b> Особенности повышения маневренности на паротурбинных тепловых электростанциях.....	57
<b>Вершинина А.А.</b> Повышение энергоэффективности насосной станции .....	61

<b>Вершинина А.А.</b> Применение теплового насоса в системах вентиляции и отопления: принципы работы, типы и преимущества .....	63
<b>Воробьев А.Ю.</b> Оптимизация работы энергосистем: методы обнаружения мест повреждений на воздушных линиях .....	66
<b>Индерейкин А.В.</b> Расширение Сызранской ТЭЦ парогазовой установкой ПГУ-350 .....	68
<b>Кистойчева К.И.</b> Повышение эффективности и экономичность: программы модернизации теплоснабжения.....	73
<b>Мамбетов С.С.</b> Принципы и потенциал использования искусственного потока воздуха .....	75
<b>Мамбетов С.С.</b> Солнечные энергосистемы для устойчивого энергетического будущего.....	78
<b>Мамбетов С.С.</b> Трансформация газораспределительных систем.....	81
<b>Морозова С.С.</b> Повышение производительности: анализ эффективности в тепличном отоплении.....	83
<b>Мусина З.Р., Гильфанов К.Х.</b> Автоматизированные системы контроля учета электроэнергии и SCADA-системы в электроэнергетике.....	86
<b>Назарова Д.И.</b> Инженерные решения для складов: расчет теплопотерь и оптимизация отопительной системы.....	89
<b>Нечоса С.С.</b> Обеспечение безопасности и непрерывности энергоснабжения.....	91
<b>Нечоса С.С.</b> Оценка теплоэнергетической эффективности в промышленной вентиляции ....	93
<b>Нечоса С.С.</b> Энергоэффективное проектирование зданий: роль метода позонных балансов	96
<b>Рахматуллин С.С.</b> Исследование ключевых направлений интеллектуализации современной автоматики энергосистем .....	98
<b>Рахматуллин С.С.</b> Проблема возникновения в электроэнергетике повторной аварийной ситуации после срабатывания АПВ .....	101
<b>Фурсов В.П.</b> Газовые котлы: энергоэффективное решение для вашего дома .....	103
<b>Хакимова А.И.</b> Оптимизация тепловых процессов на электростанциях через регенерацию .....	106
<b>Хакимова А.И.</b> Парокомпрессионные теплонасосные установки в технологическом водоснабжении ТЭС .....	108
<b>Konoplev N.I., Deshpeta A.A.</b> Modeling of the power supply system of isolated objects.....	111
<b>РАЗДЕЛ XXVIII. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ .....</b>	115
<b>Галимова К.Р.</b> Радиосвязь коротких волн в арктических условиях при ЧС .....	115
<b>Коннов И.А.</b> Радиолокационные комплексы в превентивном контроле ЧС .....	117
<b>Плотицын Л.К., Семенова С.Н.</b> Создание FM-передатчика .....	120
<b>Школьникова Е.И.</b> Мобильные роботы и технологические перспективы: мастерство и качество в управлении.....	124
<b>РАЗДЕЛ XXX. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА .....</b>	127
<b>Воробьев А.Ю.</b> Обеспечение надежной работы асинхронных двигателей: этапы проверки	127
<b>Воробьев А.Ю.</b> Преодоление вызовов старения электродвигателей с помощью ОВХСЗ ....	129

<b>Гибадуллин Р.Р., Хайруллина А.М.</b> Исследование традиционных методов экономической оценки эффективности реализации систем электроснабжения.....	132
<b>Колобов М.А., Аносов М.С., Васин А.В., Устинов Б.В., Манцеров С.А.</b> Разработка математической модели для определения уровня помех.....	135
<b>Лаврин М.С.</b> Потенциал «ВЭД» - верньерных электроракетных двигателей.....	138
<b>Рахматуллин С.С.</b> Критические аспекты определения времени отключения устройств и систем АПВ .....	141
<b>Рахматуллин С.С.</b> Проблема определения длительности перерыва электроснабжения при использовании устройств АПВ.....	144
<b>Сумбаев С.Ю.</b> Оптимизация электрических систем в электросистемах летательных аппаратов .....	146
<b>РАЗДЕЛ XXXI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>150</b>
<b>Абдрашитова Р.С.</b> Меры по предотвращению и ликвидации аварий при обращении с отходами .....	150
<b>Вещицкий А.Т.</b> Загрязнение подземных вод в нефтегазовых регионах .....	152
<b>Комарова П.А.</b> Оптимизация технологических параметров в термощахтной добыче .....	155
<b>Комиссарова С.А.</b> Современные технологии контроля примесей в газовых и газоконденсатных скважинах .....	157
<b>Назарова Д.И.</b> Стратегии обеспечения надежности в сетях газораспределения .....	160
<b>Тауберт Ю.О.</b> Снижение рисков газопритоков в скважинах .....	162
<b>Худякова Е.А.</b> Сохранение природы в городском ландшафте: Зеленый урбанизм.....	165
<b>Цой Ю.И., Блинов А.К.</b> Использование клея-двустороннего скотча на полипропиленовой основе для приклеивания декоративных элементов из древесины.....	167
<b>Цой Ю.И., Блинов А.К.</b> Склеивание и защитно-декоративная отделка элементов декора из древесины и древесных материалов.....	170
<b>РАЗДЕЛ XXXII. ЦИФРОВИЗАЦИЯ .....</b>	<b>175</b>
<b>Бабкина А.О., Крицкая А.А., Мхитарян Л.А.</b> Переход политического управления в цифровое пространство: отечественный и зарубежный опыт.....	175

## РАЗДЕЛ XXIII. МАТЕМАТИКА

Трещев И.А.

**О построении алгебр над множеством конвейерных систем с операциями параллельной и последовательной композиций**

ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
(Россия, Комсомольск-на-Амуре)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-577

**Аннотация**

В работе рассмотрены конструкции и алгебры, построенные для конвейерных систем, доказано, что множество конвейерных систем совместно с операцией параллельной композиции образуют коммутативный моноид и не образуют группу, для последовательной композиции показано что соответствующее множество относительно данной операции образуют моноид и так же не образуют группу.

**Ключевые слова:** модель конвейерных вычислений, алгебры, последовательная композиция, параллельная композиция.

**Abstract**

The work examines constructions and algebras built for conveyor systems, it is proved that the set of conveyor systems together with the operation of parallel composition form a commutative monoid and do not form a group, for sequential composition it is shown that the corresponding set with respect to this operation form a monoid and also do not form a group.

**Keywords:** pipeline computing model, algebra, sequential composition, parallel composition.

**Введение**

Существует два основных подхода к повышению производительности вычислительных систем – использование массивной параллельной обработки и организация конвейеров [3]. Будем рассматривать конвейерные системы [1] как  $G = (V, E)$ ,  $V = I \cup O \cup V^*$ , Множество всех конвейерных систем обозначим как  $G^*$  и докажем что множество конвейерных систем с единицей  $G_0 = (\emptyset, \emptyset)$  образуют коммутативный моноид относительно параллельной композиции [2] заданной как  $G_1 \parallel G_2 = (V_1 \cup V_2, E_1 \cup E_2)$ , при этом должно выполняться  $I_1 \cap I_2 = \emptyset, O_1 \cap O_2 = \emptyset, V_1^* \cap V_2^* = \emptyset$  (далее обозначим данные свойства через (\*)). Наибольший интерес представляют именно операции параллельной и последовательной композиции [2], поскольку позволяют получать новые конвейерные системы на основе уже существующих. С точки зрения исследования свойств таких систем и их взаимосвязи, представляют интерес алгебры, носителями которых служит множество всевозможных конвейерных систем, а сигнатура содержит одну из вышеперечисленных операций.

Следует упомянуть, что натуральная  $n$ -я степень некоторой конвейерной системы относительно операции параллельной композиции фактически совпадает, в силу идемпотентности объединения, с исходной системой. Дополнительно оговорим что нулевая степень будет соответствовать единицам полученных моноидов.

*Утверждение 1.* Операция  $\parallel$  - коммутативна и ассоциативна.

Доказательство:

- 1) Коммутативность: Докажем, что  $G_1 \parallel G_2 = G_2 \parallel G_1$ .  
С одной стороны  $G_1 \parallel G_2 = (V_1 \cup V_2, E_1 \cup E_2)$ , с другой  $G_2 \parallel G_1 = (V_2 \cup V_1, E_2 \cup E_1)$  в силу коммутативности объединения результат не зависит от порядка применения операции. И свойства (\*) будут выполняться по построению.
- 2) Ассоциативность



Доказательство: Аналогично предыдущему и следует из ассоциативности и коммутативности объединения.

*Утверждение 2.* Алгебра с одной бинарной операцией  $(G^*, ||)$  – коммутативный группоид.

Доказательство: по определению  $\forall G_2, G_1 \in G^*, G_1 || G_2 = (V_1 \cup V_2, E_1 \cup E_2) = G \in G^*$  и в силу утверждения 1.

*Утверждение 3*  $(G^*, ||)$  – коммутативная полугруппа. Доказательство данного утверждения следует из верности утверждения 1 и 2.

*Утверждение 4.*  $(G^*, ||)$  – коммутативный моноид.

Доказательство:

Во первых отметим, что в соответствии с утверждением 3  $(G^*, ||)$  – коммутативная полугруппа. Далее необходимо доказать, что в полугруппе существует единица и она единственная.

Необходимость: единицей этого моноида является  $G_0$ . Не трудно убедиться в том, что  $\forall G_1 \in G^*, G_1 || G_0 = G_1 || G_0 = G_1$ .

Достаточность: докажем от противного. Предположим, что  $\exists G_x \in G^* = (V_x, E_x) G_x \neq G_0$  при этом  $\forall G \in G^*, G_x || G = G || G_x = G$ . По определению параллельной композиции  $G_x || G = (V_x \cup V, E_x \cup E)$ , а  $G || G_x = (V \cup V_x, E \cup E_x)$ . Единственный возможный вариант, если  $G_x = (\emptyset, \emptyset)$ , но это противоречит тому  $G_x \neq G_0$ , следовательно исходное положение неверно и единица единственна.

*Утверждение 5.*  $(G^*, ||)$  – не группа.

Доказательство: пусть  $\forall G_y \in G^*, G_y \neq G_0, \exists G_z \in G^*, G_z \neq G_0, G_y || G_z = G_0$ .

По определению

$$G_y || G_z = (V_x \cup V_z, E_x \cup E_z)$$

Отметим, что объединения соответствующих множеств будут пусты только в случае если они оба пусты, следовательно, исходное положение неверно и не для каждого элемента существует обратный. Вообще говоря, в данном моноиде только для единицы существует обратный элемент и это она сама, но рассматривать конечный подмоноид, состоящий только из единицы не представляет практического интереса.

Согласно [2] определим операцию последовательной композиции конвейерных систем

$$G_1 = (V_1, E_1), V_1 = I_1 \cup O_1 \cup V_1^* \text{ и } G_2 = (V_2, E_2), V_2 = I_2 \cup O_2 \cup V_2^*.$$

Если  $O_1 \subseteq I_2$ , тогда  $G_2 \circ G_1 = (V^\circ, E^\circ)$ , причем  $V^\circ = I_1 \cup I_2 \cup V_1^* \cup V_2^* \cup O_2, E^\circ = E_1 \cup E_2$ .

Исследуем множество конвейерных систем совместно с данной операцией.

*Утверждение 6.* Операция  $\circ$  - ассоциативна.

1) Ассоциативность

Доказательство: Ясно, что поскольку  $G_2 \circ G_1 = (V^\circ, E^\circ)$ , причем  $V^\circ = I_1 \cup I_2 \cup V_1^* \cup V_2^* \cup O_2 = ((V_1/O_1) \cup V_2)$ ,  $E^\circ = E_1 \cup E_2$ . При условии Если  $O_1 \subseteq I_2$  и  $O_2 \subseteq I_3$ , то рассматривая композицию как результат последовательного применения  $G_3 \circ (G_2 \circ G_1) = (V^\circ, E^\circ)$  получим

$$E^\circ = E_1 \cup E_2 \cup E_3$$

$V^\circ = I_1 \cup I_2 \cup I_3 \cup V_1^* \cup V_2^* \cup V_3^* \cup O_3 = (((V_1/O_1) \cup (V_2/O_2)) \cup V_3)$ , а с другой стороны изменив порядок расстановки скобок

$(G_3 \circ G_2) \circ G_1 = (V1^\circ, E^\circ)$  получим

$$E^\circ = E_3 \cup E_2 \cup E_1$$

$$V1^\circ = (((V_3 \cup V_2)/O_2) \cup (V_1/O_1))$$

При этом равенство  $V^\circ = V1^\circ$  следует из коммутативности объединения и дистрибутивности разности.

*Утверждение 7.* Алгебра с одной бинарной операцией  $(G^*, \circ)$  – группоид.

Доказательство: по определению  $\forall G_2, G_1 \in G^*, G_1 \circ G_2 = ((V_1 \cup V_2)/O_1, E_1 \cup E_2) = G \in G^*$ .

*Утверждение 8*  $(G^*, \circ)$  – полугруппа. Доказательство данного утверждения следует из утверждения 6 и 7.

Следует отметить, что операция  $\circ$  некоммутативна на  $G^*$  в отличие от  $||$ .

Утверждение 9.  $(G^*, \circ)$  – моноид.

Доказательство:

Во первых отметим, что в соответствии с утверждением 8  $(G^*, \circ)$  – полугруппа. Далее необходимо доказать, что в полугруппе существует единица и она единственная.

Необходимость: единицей этого моноида является  $G_0$ . Не трудно убедиться в том, что  $\forall G_1 \in G^*, G_1 \circ G_0 = G_0 \circ G_1 = G_1$ .

Достаточность: докажем от противного. Предположим, что  $\exists G_x \in G^* = (V_x, E_x), G_x \neq G_0$  при этом  $\forall G \in G^*, G_x \circ G = G \circ G_x = G$ . По определению последовательной композиции

$G_x \circ G = ((V_x \cup V)/O_x, E_x \cup E)$  и  $G \circ G_x = ((V \cup V_x)/O, E \cup E_x)$ , следовательно равенство будет достигнуто только если  $O=O_x$ , аналогично можно показать что  $I=I_x$  и далее  $V = V_x$  и при этом  $V \cup V_x = V$  и  $E \cup E_x = E$ . Единственный возможный вариант, если  $G_x = (\emptyset, \emptyset)$ , но это противоречит тому  $G_x \neq G_0$ , следовательно исходное положение неверно и единица единственна.

Утверждение 10.  $(G^*, \circ)$  – не группа. Доказательство проводится аналогично утверждению 5.

### Заключение

В работе рассмотрены алгебры с одной операцией параллельной и последовательной композиций. Выявлены свойства общие для обеих операций, доказано что множество конвейерных систем хоть и является моноидом относительно них, но группой не является. Дальнейшие исследования необходимо связывать с построением группы конвейерных систем относительно операции симметрической разности и изоморфизмов как полученных полугрупп, так и гомоморфизмов между полученными моноидами и свободными моноидами, порожденными  $G^*$ . Так же естественно возникают вопросы о построении полурешеток и решеток для введенных алгебр.

\*\*\*

1. Кудряшова, Е. С. Моделирование конвейерных и волновых вычислений / Е. С. Кудряшова, Н. Н. Михайлова, А. А. Хусаинов // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №1 (20) [Электронный ресурс] - М.: Науковедение, 2014. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/56TVNI14.pdf>
2. Трещев И.А. / Об оценке среднего ускорения параллельной композиции конвейерных систем с ограничениями / Тенденции развития науки и образования - №95 (Часть 6), 2023. С. 35-37.
3. Об оценке среднего ускорения для конвейерных систем с ограничениями / И. А. Трещев, Н. Г. Карпова, П. А. Бутов, Е. С. Кудряшова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 422-424. – EDN SZKZQD.

**Трещёв И.А., Трещева Е.А., Гулина Н.А., Монастырская Е.И.**

**Об оценки защищенности вычислительных систем с использованием статистических методов**

*ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»  
(Россия, Комсомольск-на-Амуре)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-578

### Аннотация

Статья посвящена проблеме моделирования и оценки уязвимости информационных систем с целью обеспечения их безопасности. В работе предложен методический подход к количественной оценке степени уязвимости, отличающийся от традиционных качественных критериев. В результате предлагается интегральный критерий оценки защищенности, основанный на характеристиках степеней уязвимости, что позволяет учитывать динамику изменений во времени.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, защита информации, математическая модель, стохастическая система, теория сигналов, теория случайных процессов, интегральные

критерии, ортогональные функции, система экспонент, тригонометрическая система, линейная эквивалентность.

### Abstract

The article is devoted to the problem of modeling and assessing the vulnerability of information systems in order to ensure their security. The paper proposes a methodological approach to quantifying the degree of vulnerability, which differs from traditional qualitative criteria. As a result, an integral criterion for assessing security is proposed, based on the characteristics of the degrees of vulnerability, which allows taking into account the dynamics of changes over time.

**Keywords:** information security, information protection, mathematical model, security tools, stochastic system, theory of random processes, integral criteria, orthogonal functions, exponential system, trigonometric system, linear equivalence.

### Введение

Одной из важных задач с точки зрения обеспечения информационной безопасности является моделирование и оценка степени уязвимости. При этом в настоящее время используются методики оценки рисков информационной безопасности, построение модели в соответствии с требованиями ФСТЭК РФ, событийные и предметно ориентированные модели. В данной работе авторами сделана попытка сформулировать не качественные критерии защищенности а количественные.

### Модель

Рассмотрим произвольную вычислительную систему некоторого предприятия и ее математическую модель. Модель состоит из множества  $A$  автоматизированных рабочих мест, средств защиты информации и коммутирующего оборудования. В дальнейшем, под АРМ будем понимать элемент  $a \in A$ .

Каждому элементу  $a \in A$  соответствует степень уязвимости:

$$X_a = \sum_{q \in E} x_{aq}$$

с соответствующими математическими ожиданиями, дисперсией и среднеквадратичным отклонением. Предполагается, что величины не коррелированы.

Рассмотрим стохастическую систему:

$$\Theta = \sum_{q \in A} X_q = \sum_{q \in A} \sum_{q \in E} x_{aq} \quad (1)$$

Данная система связывает между собой уязвимости рассматриваемой вычислительной системы в целом. Однако стоит отметить, что в данной виде предложенная система не отражает динамики тяжести уязвимостей (то есть динамику степеней уязвимости) во времени, что негативно сказывается на адаптации математической модели с практической точки зрения. Действительно, рассматривая интервал времени уязвимостей за 2020 год, и увеличивая интервал к 2024 году, мы имеем довольно серьезные изменения значений критериев.

Для учета временных особенностей уязвимостей вычислительных систем будем применять теорию сигналов и теорию случайных процессов. Представляя математическую модель уязвимости вычислительных систем как случайный процесс со спектральными характеристиками в виде характеристик степеней уязвимости АРМ, возможно построение интегральных критериев оценки защищенности.

Известно, что некоторый случайный процесс  $U(t)$  может быть представлен в виде суммы спектральных составляющих. Для этого, используется каноническое разложение случайных процессов в виде

$$U(t) = m_u(t) + \sum_k C_k \phi_k(t) \quad (2)$$

где  $m_u(t)$  – математическое ожидание случайного процесса,  $\phi_k(t)$  – неслучайные базисные (координатные) функции,  $C_k$  – некоррелированные случайные величины с математическими ожиданиями, равными нулю и дисперсией  $D_k$ .

Преобразуем систему (1) к следующему виду путем центрирования случайных величин  $X_a$ :

$$\Theta = M[\Theta] + \sum_{a \in A} (X_a - M[X_a]) = M[\Theta] + \sum_{q \in A} \sum_{q \in E} (x_{aq} - m_{aq}) \quad (3)$$

Заметим, что (3) является единичной реализацией случайного процесса (2) при  $C_k = X_a - M[X_a]$  и  $\phi_k(t) = 1$ , то есть относительно некоторой ортонормированной системы функций. В общем случае, условие ортонормированности является чрезмерно сильным, так как для случайных процессов достаточно требовать их ортогональности.

Таким образом, выражение (3) является частным случаем (2). Перепишем выражение (2) в следующем виде:

$$U(t) = m_u(t) + \sum_{q \in A} C_k \phi_k(t), \quad (4)$$

где  $C_k = X_a - M[X_a]$  – центрированная случайная величина,  $\phi_k(t)$  – ортогональная система функций,  $m_k(t)$  – математическое ожидание случайного процесса.

Важной математической характеристикой случайного процесса является корреляционная функция. Она показывает, в какой степени две реализации случайного процесса «близки», то есть коррелируют друг с другом. Корреляционная функция случайного процесса  $U(t)$  в виде (4) имеет вид:

$$K_u(t_1; t_2) = M[\dot{U}(t_1) * \dot{U}(t_2)] = M[\sum_{q \in A} C_a \phi_a(t_1) \sum_{\dot{q} \in A} C_{\dot{a}} \phi_{\dot{a}}(t_2)] = \sum_{q \in A} \sum_{\dot{q} \in A} M[C_a C_{\dot{a}}] \phi_a(t_1) \phi_{\dot{a}}(t_2) = \sum_{q \in A} D_a \phi_a(t_1) \phi_{\dot{a}}(t_2) \quad (5)$$

Дисперсия случайного процесса  $U(t)$  выражается как (6):

$$D_u(t) = K_u(t; t) = \sum_{a \in A} D_a [\phi_a(t)]^2 \quad (6)$$

Определим систему ортогональных координатных функций.  $\phi_a(t)$

Рассмотрим на линейном пространстве  $\mathcal{R}_2(X, C)$  интегрируемых функций, имеющие интегрируемый на  $X$  квадрат модуля. Тогда скалярное произведение функций  $\langle f, g \rangle$  определим как  $\langle f, g \rangle = \int_X f(x)g(x)dx$ .

Интеграл ниже удовлетворяет неравенству Шварца и, следовательно, он сходится.

$$|f \cdot g| \leq \frac{1}{2} (|f|^2 + |g|^2)$$

При  $m, n \in Z$  имеем ( $\delta_{nm}$  – символ Кронекера):

$$\int_{-\pi}^{\pi} e^{imx} e^{-inx} dx = 2\pi \delta_{nm} \quad (7)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx) \sin(nx) dx = 0 \quad (8)$$

Выражения (7) и (8) определяют ортогональные системы функций, – систему экспонент  $\{e^{inx}; n \in Z\}$  в пространстве  $\mathcal{R}_2([- \pi; \pi], C)$  и тригонометрическую систему  $\{1, \cos nx, \sin nx; n \in N\}$  в пространстве  $\mathcal{R}_2([- \pi; \pi], C)$ . Если рассматривать тригонометрическую систему как набор векторов в  $\mathcal{R}_2([- \pi; \pi], C)$ , то по формулам Эйлера оказывается, что рассматриваемые системы алгебраически эквивалентны, то есть линейно выражаются друг через друга.

С учетом того, что на практике случайный процесс рассматривается относительно некоторого произвольного промежутка  $[t_1; t_2]$ , то область  $[-\frac{t_2-t_1}{2}; \frac{t_2-t_1}{2}]$  интегрирования ортогональной системы функций определяется отрезком  $[-\frac{t_2-t_1}{2}; \frac{t_2-t_1}{2}]$ . Отсюда заменой

переменной получаем аналогичные ортогональные системы  $\{e^{\frac{i2\pi}{t_2-t_1}nx}; n \in Z\}$  и  $\{1; \cos(\frac{2\pi}{t_2-t_1}nx), \sin(\frac{2\pi}{t_2-t_1}nx); n \in N\}$ , ортогональные в  $[-\frac{t_2-t_1}{2}; \frac{t_2-t_1}{2}]$ .  $\mathcal{R}_2[-\frac{t_2-t_1}{2}; \frac{t_2-t_1}{2}], C..$   
 $\{1; \cos(\frac{2\pi}{t_2-t_1}nx), \sin(\frac{2\pi}{t_2-t_1}nx); n \in N\}$

Необходимо уточнить, исходя из того, что поток данных

$$I = \{CPI_i\}$$

преобразуется отображением

$$S: I \rightarrow T = \langle I, \rho \rangle$$

по естественному частичному порядку  $\rho$ , который упорядочивает данные математической модели в хронологическом порядке, рассмотрение случайного процесса в промежутке  $[t_1, t_2]$  ограничивает отбор входных данных следующим образом:

$$\forall Z_1, Z_2 \in I : Z_1 \rho Z_2 \leftrightarrow Z_1^t \leq Z_2^t, t_1 \leq Z_1^t, Z_2^t \leq t_2$$

Отсюда, для упрощения рассуждений, можно ввести индексное множество  $I_A \subseteq N$  и отображение  $Ind: A \rightarrow I_A$ , которое ставит в соответствие автоматизированному рабочему месту его порядковый номер. Аналогично, возможно и обратное отображение  $IndA^{-1}: I_A \rightarrow A$ .

При рассмотрении вычислительных систем большой емкости, не исключены случаи, когда случайный процесс стационарен, т.е. его математическое ожидание и дисперсия постоянны, а корреляционная функция не зависит от начала отсчета времени и является функцией одного аргумента  $\tau = t_2 - t_1$ .

В этом случае, корреляционная функция  $K_u(\tau)$  должна рассматриваться на интервале  $2(t_2 - t_1)$ , так как должно выполняться неравенство  $-(t_2 - t_1) < \tau < (t_2 - t_1)$ .

Условно продолжая  $K_u(\tau)$  с периодом  $2(t_2 - t_1)$ , можно положить

$$K_u(\tau) = \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} D_k e^{ik\omega_1\tau} = \sum_{a \in A} D_a e^{iInd(a)\omega_1 t_1} e^{-iInd(a)\omega_1 t_2}$$

$$D_a = \frac{2}{t_2 - t_1} \int_0^{t_2 - t_1} K_u(\tau) e^{-iInd(a)\omega_1 t_2} d\tau, \quad (10)$$

$$\text{где. } \omega_1 = \frac{\pi}{t_2 - t_1}$$

Заметим, что (9) суть каноническое разложение корреляционной функции, которой соответствует каноническое разложение централизованного случайного процесса

$$U(t) = \sum_{a \in A} C_a e^{iInd(a)\omega_1 t} \quad (11)$$

Где:

$$C_a: M \{(C_a)^2\} = D_a$$

В общем случае, в правую часть (11) необходимо добавить математическое ожидание стационарного случайного процесса  $m_u$ .

Отсюда, возможно представить стационарную случайную величину суммой гармоник

$$U(t) = m_u + \sum_{a \in A} (h_a \cos(Ind(a)\omega_1 t + l_a \sin(Ind(a)\omega_1 t)) \quad (12)$$

Где:

$$\omega_1 = \frac{\pi}{t_2 - t_1}, m_u = M[U(t)], M[h_a] = M[l_a] = 0, M[(h_a)^2] = M[(l_a)^2] = D_a$$

Исходя из вида спектрального разложения в тригонометрической форму (12) очевидно, что конечные спектры являются линейчатыми. Следовательно спектральную диаграмму возможно построить в виде вертикальных отрезков, длина которых пропорциональна дисперсии амплитуды  $D_a$ .

Общая концепция критериев заключена в их сравнении с заранее определенными нормами, полученными на основе защищенных руководящими документами регуляторов автоматизированным рабочим местом.

Однако используемые для оценки защищенности математические критерии не могут отразить реальную картину поведения случайного процесса. Главная особенность заключена в применении централизованных случайных процессов, для которых математическое ожидание всегда равно нулю, а сравнение по дисперсии не отражает связи между соседними реализациями  $t_1$  и  $t_2$ .

Пусть вычислительная система состоит из узлов АРМ, защищенных в соответствие с требованиями руководящих документов Гостехкомиссии и ФСТЭК РФ в области защиты информации. Рассмотрим корреляционную функцию во временной области действия  $[t_1; t_2]$ :

$$K_u(t_1; t_2) = \sum_{a \in A} D_a \varphi_a(t_1) \varphi_a(t_2) = \sum_{a \in A} D_a e^{iInd(a)\omega_1 t_1} e^{iInd(a)\omega_1 t_2} = \sum_{a \in A} D_a e^{iInd(a)\omega_1 (t_1 + t_2)}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi}{t_2 - t_1}$$

Тогда нормой для оценки защищенности вычислительной системы по корреляционному признаку может быть признана величина

$$\alpha = \max_{\forall t'_1, t'_2 \in [t_1; t_2]} \left( \left| \sum_{a \in A} D_a e^{i \text{Ind}(a) \omega_1 (t'_1 + t'_2)} \right| \right)$$

Отсюда, критерием защищенности некоторой вычислительной системы можно считать выражение (13)

$$\beta = \max_{\forall t'_1, t'_2 \in [t_1; t_2]} \left( \left| \sum_{a' \in A} D_{a'} e^{i \text{Ind}(a') \omega_1 (t_1 + t_2)} \right| \right) < \alpha \quad (13)$$

Стоит отметить, что сравнение актуально лишь в том случае, когда рассматриваемые области действия  $[t_1; t_2]$  идентичны.

### Заключение

Введенный критерий позволяет оценить защищенность вычислительной системы исходя из ее характеристик и может быть полезен при организации системы защиты достаточно крупных предприятий.

\*\*\*

1. Лекции по теории информации : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности и направлению «Прикладная математика и информатика» и по направлению «Информационные технологии» / В. А. Фурсов ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. С. П. Королева»; под ред. Н. А. Кузнецова. - Самара : Изд-во СГАУ, 2006. - 147 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-7883-0458-X
2. Трещев, И. А. Математическая модель уязвимостей на основе информации базы данных national vulnerability database / И. А. Трещев, А. А. Воробьев, Е. А. Трещева // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 418-421. – EDN GWKDUO.
3. Модель уязвимостей системы обеспечения информационной безопасности на предприятии / А. Н. Вознюк, А. В. Кригер, Г. В. Тумуров [и др.] // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2015. – № 1-2. – С. 196-200. – EDN VDDWOL.
4. Бутов, А. А. Математическое моделирование системы анализа окон уязвимости / А. А. Бутов, Е. Ю. Гуськов // Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 13-15. – EDN YSTNZR.
5. Воробьев, А. А. Анализ уязвимостей вычислительных систем на основе алгебраических структур и потоков данных National Vulnerability Database / А. А. Воробьев // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – № 5(18). – С. 33. – EDN RXOWWB.

## РАЗДЕЛ XXV. ФИЗИКА

Алешкова Д.В., Курбатов В.А.

### Взаимодействие электромагнитных излучений радиочастотного диапазона с биологическими объектами

*Московский технический университет связи и информатики  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-579

#### Аннотация

Источники электромагнитных излучений (ЭМИ) радиочастотного диапазона (РЧ) представляют собой определённый риск для здоровья как лиц, профессионально связанных с оборудованием, работающим в этом диапазоне длин волн, так и для населения.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, оборудование, лица профессионально связанных с оборудованием, население.

#### Abstract

Sources of electromagnetic radiation (EMP) in the radio frequency (RF) range pose a definite health risk to both persons professionally associated with equipment operating in this wavelength range and the public.

**Keywords:** electromagnetic fields, radio frequency range, equipment, persons professionally associated with equipment, population.

Рассмотрим диапазоны отдельно, с целью обосновать вклад каждого из них.

**Радиостанции ДВ** (частоты 30 - 300 кГц). В этом диапазоне длина волны относительно большая (например, 2000 м для частоты 150 кГц). На расстоянии одной длины волны или меньше от антенны ЭМИ может быть достаточно большим, например, на расстоянии 30 м от передатчика мощностью 500 кВт, работающего на частоте 145 кГц, напряжённость электрического поля может быть выше 630 В/м, а магнитное - выше 1,2 А/м. Сигналы мощных радиовещательных станций в этом диапазоне в любое время суток свободно распространяются на очень большие расстояния, огибая земную поверхность и находящиеся на ней препятствия (здания, растительность, неровности рельефа). Поэтому такие станции должны рассматриваться как источники ЭМИ, играющие важную роль в экологическом отношении.

**Радиостанции СВ** (частоты 300 кГц - 3 МГц). Данные для радиостанций этого типа говорят, что напряжённость электрического поля на расстоянии 200 м может достигать 10 В/м, на расстоянии 100 м - 25 В/м, на расстоянии 30 м - 275 В/м (приведены данные для передатчика мощностью 50 кВт). Кроме вещательных в этом диапазоне работают также связные судовые радиостанции и аэродромная радиослужба.

**Радиостанции КВ** (частоты 3 - 30 МГц). Передатчики радиостанций КВ имеют обычно меньшую мощность. Однако они чаще располагаются в городах, могут быть расположены даже на крышах зданий на высоте 10-100 м. Это излучение очень сильно поглощается почвой и для дальнего приёма используется их многократное отражение от земной поверхности и от ионосферы. В этом диапазоне работают также и связные станции. Передатчик крупной вещательной станции мощностью 100 кВт на расстоянии 100 м может создавать напряжённость электрического поля около 40 В/м и магнитного 0,12 А/м.

**Радиостанции УКВ и телевизионные передатчики метрового диапазона** (частота 30 - 300 МГц). Распространение ЭМИ этого диапазона возможно лишь в пределах прямой видимости. Эти передатчики располагаются, как правило, в городах. Передающие антенны размещаются обычно на высоте более 100 м. С точки зрения оценки влияния на здоровье интерес представляют уровни поля на расстояниях от нескольких десятков метров до

нескольких километров. Типичные значения напряжённости электрического поля могут достигать 15 В/м на расстоянии 1 км от передатчика мощностью 1 МВт. В России в настоящее время проблема оценки уровня ЭМИ телевизионных передатчиков особенно актуальна в связи с ростом числа телевизионных каналов и передающих станций.

Сравнительный анализ санитарно-защитных зон (СЗС) и зон ограничения застройки в зоне действия радиотехнических передающих центров показал, что наибольший вклад в суммарную интенсивность воздействия вносят «угловые» трёх- и шестиэтажные антенны ОВЧ ЧМ-вещания «старой постройки» с высотой антенной опоры не более 180 м.

**Промышленные установки.** В электромагнитных полях происходит нагрев металлов. Для этой цели используют ламповые генераторы, работающие на частотах от 60 кГц до 1 МГц и магнитные генераторы с частотой 2,5 и 8 кГц. Они применяются для закалки, отпуска, обжига, сварки деталей, плавки, напайки твёрдых сплавов на режущий инструмент и т. д. Диэлектрики нагревают в индукционных печах с частотой 5-50 МГц. При этом реализуются такие технологические процессы как сварка полимерных материалов, прессовка синтетических порошков, сушка древесины, термическая обработка пищевых продуктов, вулканизация резины, физиотерапия и др. Технологическими излучателями ЭМИ в установках являются рабочие индукторы, конденсаторы, рупорные и другие излучатели; побочными: щели в экранах и корпусах установок, высокочастотный трансформатор, токопроводы (фидеры, волноводы), а также неплотности в их сочленениях.

**Обоснование биологического действия.** Проведено значительное количество, медицинских, биохимических и биофизических исследований, посвящённых воздействию ЭМИ рассматриваемого диапазона частот на организм человека, животных, растений, микроорганизмов как во всём мире, так и в нашей стране. Конечно, прежде всего проводились систематические обследования лиц, профессионально связанных с такого вида излучениями. Однако большинство населения Земли проживает в районах, где интенсивность ЭМИ вполне может быть измерена, причём приборами далеко не самой высокой чувствительности. Поэтому проводились также и статистические медицинские исследования групп населения, которые по условиям проживания могли быть подвержены систематическому периодическому или непрерывному, в течение длительного времени облучению ЭМИ данного диапазона.

Эксперименты на животных проводились в очень широких пределах изменений интенсивностей и частот ЭМИ. Хотя необходимо заметить, что экстраполяция результатов экспериментальных исследований с животных на людей до настоящего времени является сложным и часто спорным вопросом.

Относительно неплохо изучены реакции организма человека, как обратимые так и патологические, при воздействии ЭМИ, рассматриваемых частот больших интенсивностей, происходящего по тепловому механизму. Исследования периодического или непрерывного воздействия слабых полей не тепловой интенсивности в течение длительного времени, а также кумулятивный эффект, наблюдающийся при этом до сегодняшнего дня ставят много вопросов и требуют своего продолжения.

Результаты исследований констатируют следующие реакции организма человека на воздействие ЭМИ, рассматриваемого частотного диапазона.

- **Субъективные расстройства**, наблюдаемые во время работы, а именно: общая сонливость, слабость, повышенная утомляемость, потливость, а также расстройства сна, головные боли, боли в области сердца. Появляются раздражительность, потеря внимания, растёт продолжительность речедвигательной и зрительно-моторной реакций, повышается порог обонятельной чувствительности.
- **Влияние на нервную систему.** ЭМИ радиочастот снижает активность белковых SH - групп, активно участвующих в передаче нервных импульсов, нервно-гуморальной регуляции, условно-рефлекторной деятельности, окислительно-восстановительных процессах в тканях. Исследования на животных показали статистически достоверное снижение количества SH-



белков крови по сравнению с контрольной группой при облучении ОВЧ полем напряжённостью 0,5 - 6 В/м. С увеличением срока облучения возрастала степень инактивации SH - групп. Наиболее низкое их содержание наблюдалось в последний период облучения (3-4 месяца облучения). Необходимо отметить также, что под действием прямого нагревания в рефлекторной деятельности спинного мозга происходят изменения противоположные тем, которые наблюдаются при облучении, что доказывает специфическое его действие.

- **Влияние на белковый обмен веществ.** Нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК) играют важную роль в жизнедеятельности организма. Они принимают участие в синтезе тканевых белков, в процессах размножения клеток, регенерации и роста. Результаты исследований показали, что ЭМИ вызывает выраженные изменения в количественном содержании РНК и ДНК. Происходит их снижение в головном мозге, причём количество ДНК снижается более резко. В селезёнке и печени наблюдалось достоверное повышение содержания РНК и ДНК. Снижение нуклеинового обмена в головном мозге соответствует изменениям условно-рефлекторной деятельности и подчёркивает угнетение нервной системы. Повышенное содержание РНК и ДНК в печени и селезёнке, по-видимому, является стремлением организма к восстановлению нормальной функции органов. На это указывают признаки морфологической регенерации этих органов - увеличение их размера и веса.
- **Влияние на углеводно-фосфорный обмен.** Опыты на животных показали, что длительное систематическое воздействие ЭМИ радиочастот вызывает нарушение углеводно-фосфорного обмена, снижение содержания гликогена с образованием в тканях молочной кислоты, уменьшение количества АТФ. Очевидно, воздействие ЭМИ приводит к изменению пластичности клеточных мембран и биохимических процессов, протекающих в мембранах, нарушению их транспортных и регуляторных функций, снижению энергетической экономичности обмена веществ.
- **Влияние на минеральный обмен веществ.** ЭМИ вызывает изменение минерального обмена. Под его влиянием происходит значительное перераспределение жизненно важных микроэлементов (меди, цинка, железа и кобальта) и изменение их количественного содержания в отдельных органах и тканях. Предполагается, что это проявление защитной реакции на воздействие ЭМИ. Изменение содержания микроэлементов, участвующих в биологическом окислении, существенно сказывается на состоянии окислительно-восстановительных процессов в организме.
- **Влияние на морфологический состав крови.** ЭМИ радиочастот вызывает изменение в количественном составе эритроцитов, лейкоцитов, ретикулоцитов и тромбоцитов. Под влиянием общего воздействия коротких волн ( $\lambda=42$  м) наблюдается ускорение свёртываемости крови, повышение количества тромбоцитов, увеличение вязкости крови, замедление кровотоков. Одновременно выявлены сдвиги в составе белой крови - увеличение количества лейкоцитов. При воздействии УВЧ поля значительно снижается количество эритроцитов, особенно на 3-4 месяце облучения. После прекращения облучения их число быстро возвращается к исходному. Аналогичные изменения наблюдаются и в процентном содержании гемоглобина. В опытах на животных были обнаружены изменения фагоцитарной и бактерицидной функции крови.
- **Морфологические изменения в органах и тканях.** При хроническом воздействии радиочастотным ЭМИ малой интенсивности в органах

подопытных животных отмечались дистрофические изменения, расстройства кровообращения и в отдельных случаях воспалительные явления. Дистрофия наблюдалась миокарде, печени, почках. В спинном и головном мозге обнаруживались дистрофические изменения отдельных групп нервных клеток. Воспалительные изменения наблюдались в мышце сердца, строме почек и печени.

- **Влияние на развитие эмбриона.** Особенно резкие нарушения под действием ЭМИ малых интенсивностей наблюдаются в формирующихся организмах - в эмбрионах - в период роста и развития. На этих стадиях биологические процессы могут быть не только нарушены, но и полностью подавлены.
- **Кумулятивный эффект.** Наиболее высока чувствительность организма к многократным воздействием ЭМИ. При этих условиях наблюдается кумулятивный эффект: реакции возникают в результате ряда воздействий, каждое из которых самостоятельно не вызывает реакции.

**Нормирование.** Общей методологической основой работ по обоснованию гигиенических нормативов различных факторов окружающей среды является проведение многоплановых исследований - опытах на лабораторных животных, а также наблюдений за людьми в соответствующих реальных или моделируемых ситуациях. На этой основе за допустимые уровни факторов окружающей среды принимают такую их выраженность, которая при воздействии на организм человека периодически или на протяжении всей жизни не вызывает соматических или психических заболеваний (в том числе скрытых или временно компенсируемых) или других изменений состояний здоровья, выходящих за пределы приспособительных реакций, обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдалённые сроки жизни настоящего или будущих поколений. Таким образом, соблюдение допустимых уровней должно обеспечить сохранение средней продолжительности жизни, показателей физического развития, состояния высшей нервной деятельности, работоспособности, поведения, репродуктивной функции, способности адекватной адаптации к среде обитания, биохимических и физиологических констант организма человека.

Учитывая специфику воздействия ЭМИ на население (возможность круглосуточного и в течение всей жизни воздействия на большие контингенты людей, в том числе детей, обладающих повышенной чувствительностью к вредным влияниям), неблагоприятными следует считать существенные отклонения от нормы любой жизненно важной функции организма.

В России в Системе стандартов безопасности труда существует ГОСТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», а также СанПиН «Санитарные нормы и правила. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона».

Таблица 1

*Допустимые уровни ЭМИ НЧ, СЧ, ВЧ, ОВЧ - диапазонов для производственных условий.*

<i>Диапазон частот</i>	<i>Допустимый уровень</i>
<i>60 кГц - 3 МГц</i>	<i>50 В/м</i>
<i>3 МГц - 30 МГц</i>	<i>20 В/м</i>
<i>30 МГц - 300 МГц</i>	<i>10 В/м</i>

Таблица 2

*Предельно допустимые уровни ЭМИ НЧ, СЧ, ВЧ, ОВЧ - диапазонов, создаваемых радиотехническими объектами для основного населения.*

<i>Источник</i>	<i>Диапазон</i>	<i>ПДУ</i>	<i>Примечание</i>
<i>Радиотехнические объекты</i>	<i>30-300 кГц</i>	<i>25 В/м</i>	<i>Для всех случаев облучения</i>
	<i>0,3-3 МГц</i>	<i>15 В/м</i>	
	<i>3-30 МГц</i>	<i>10 В/м</i>	
	<i>30-300 МГц</i>	<i>3 В/м</i>	

Таблица 3

Предельно допустимые уровни (ПДУ) для потребительской продукции, являющейся источником ЭМИ.

Источник	Диапазон	ПДУ	Условия измерения
Бытовые индукционные печи	20-22 кГц	$E=500 \text{ В/м}$ $H=4 \text{ А/м}$	расстояние 0,3 м от корпуса
Прочая продукция	30-300 кГц	25 В/м	расстояние 0,5 м от корпуса изделия
	0,3-3 МГц	15 В/м	
	3-30 МГц	10 В/м	
	30-300 МГц	3 В/м	

**Средства защиты и контроля.** Для защиты от ЭМИ персонала в производственных условиях, применяются организационные, технические мероприятия, а также средства контроля за интенсивностью ЭМИ. Основным организационным мероприятием является правильный выбор режима работы оборудования и персонала, позволяющий уменьшить время пребывания человека в зоне действия ЭМИ. Среди технических средств защиты можно выделить следующие: работа на пониженной мощности, используемая для настройки, регулировки и при профилактических работах; работа на эквивалентную нагрузку, когда установка подключена не к излучающей антенне, а к её эквиваленту, что позволяет контролировать режимы работы при полной мощности, но без излучения; снижение интенсивности отражённой волны за счёт согласования нагрузок; использование дистанционного управления, позволяющего персоналу исполнять свои функции, находясь вне зоны действия ЭМИ; использование экранирование установок материалами с высокой электрической проводимостью (алюминий, медь сталь) в виде листа или сетки. Контроль осуществляется специальными приборами по методике, утверждённой Минздравом России в местах возможного нахождения персонала, подвергающегося воздействию ЭМИ.

Площадки для размещения передающих радио-, телецентров и телевизионных ретрансляторов необходимо выбирать с учётом мощности объекта, конструктивных особенностей антенн с таким условием, чтобы уровень электромагнитного поля на территории жилой застройки не превышал допустимого. Передающие центры при мощности одного передатчика или суммарной мощности нескольких передатчиков более 100 кВт следует размещать за пределами населённых пунктов с выполнением условий, обеспечивающих соблюдение установленных предельно допустимых нормативов. Технические территории этих объектов должны быть ограждены в соответствии с требованиями строительных норм и правил для предотвращения случайных попаданий на эти территории населения.

В целях защиты населения от воздействия ЭМИ, устанавливаются санитарно-защитные зоны между перечисленными объектами и жилой застройки. Размер санитарно-защитной зоны должен обеспечить на её внешней границе предельно допустимый уровень электромагнитной энергии.

Таблица 4

Размеры санитарно-защитных зон для типовых передающих радиостанций.

Мощность одного передатчика	Наименование объекта	Санитарно-защитная зона, м
Малой мощности - до 5 кВт	длинноволновые	10
	средневолновые	20
	коротковолновые	175
Средней мощности - от 5 до 25 кВт	длинноволновые	10 - 75
	средневолновые	20 - 150
	коротковолновые	175 - 400
Большой мощности - от 25 до 100 кВт	длинноволновые	75 - 480
	средневолновые	150 - 960
	коротковолновые	400 - 2500
Сверх мощные - свыше 100кВт	длинноволновые	более 400
	средневолновые	более 960
	коротковолновые	более 2500

Таблица 5

*Размеры санитарно-защитных зон для типовых телецентров и телевизионных ретрансляторов.*

<i>Мощность одного передатчика</i>	<i>Количество программ</i>	<i>Суммарная мощность объекта</i>	<i>Санитарно-защитная зона, м</i>
<i>Малой мощности до 5/2,5 кВт</i>	<i>одна</i>	<i>до 10 кВт</i>	<i>в пределах техн. территории</i>
<i>Средней мощности до 25/7,5 кВт</i>	<i>одна</i>	<i>до 75 кВт</i>	<i>200 - 300</i>
<i>Большой мощности до 50/15 кВт</i>	<i>две</i>	<i>до 160 кВт</i>	<i>400 - 500</i>
<i>Сверхмощные свыше 50/15 кВт</i>	<i>три</i>	<i>около 200 кВт</i>	<i>500 - 1000</i>

Основной принцип обеспечения безопасности населения - соблюдение установленных Санитарными нормами и правилами предельно допустимых уровней электромагнитного поля. Каждый радио или телепередающий центр, а также объекты связи имеют санитарный паспорт, в котором определены границы санитарно-защитной зоны. Только при наличии этого документа территориальные органы Госсанэпиднадзора разрешают эксплуатировать передающие объекты. Периодически они производят инструментальный контроль электромагнитной обстановки.

\*\*\*

1. Костюк Е.В., Курбатов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Конспект лекций для бакалавров. – М.: МТУСИ, 2019, 56 с., ЭБС МТУСИ.
2. Щеголькова Д.Г., Курбатов В.А. Роль технических средств в обеспечении пожарной безопасности. Тенденции развития науки и образования. 2023. № 104-13. С. 185-189. – URL <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61466002>.
3. Бурцев, С. П. Безопасность жизнедеятельности: курс лекций / С. П. Бурцев. — Москва: Московский гуманитарный университет, 2017. — 296 с. — ISBN 978-5-907017-03-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74714>.
4. Вострикова П.В., Курбатов В.А. Инновационные подходы к обеспечению безопасности жизнедеятельности. Тенденции развития науки и образования. 2023. № 102-1. С. 174-180.– URL <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54802172>

**Гончаров А.И.**

**Фокусировка нерелятивистских нейтрино от точечного удаленного источника гравитационным полем Солнца**

*Алтайский государственный университет о  
(Россия, Барнаул)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-580*

**Аннотация**

Рассмотрена возможность использования Солнца как гравитационной линзы для концентрации стабильных нейтральных частиц, имеющих массу, излучаемых удаленными астрофизическими объектами. Считается, что детектор, регистрирующий частицы, находится на расстоянии 1 а.е. от Солнца. Показано, что усиление возможно только в случае достаточно мягкого энергетического спектра, характерного, например, для нейтрино, образующихся при квантовом испарении черных мини-дыр.

**Ключевые слова:** Солнце, гравитационная линза, массивные нейтрино, испарение черных дыр.

**Abstract**

The possibility of using the Sun as a gravitational lens for the concentration of stable neutral particles with mass emitted by distant astrophysical objects is considered. It is believed that the

detector registering the particles is located at a distance of 1 AU from the Sun. It is shown that amplification is possible only in the case of a sufficiently soft energy spectrum, typical, for example, for neutrinos formed during the quantum evaporation of black mini-holes.

**Keywords:** The Sun, the gravitational lens, massive neutrinos, evaporation of black holes.

В наших работах [1,2] были рассмотрены проблемы фокусировки пучков релятивистских частиц (нейтрино, гравитонов) от удаленных точечных источников гравитационным полем Солнца. Кроме того, в [2] в разделе «Примечания» были кратко описаны результаты расчета геометрического коэффициента усиления  $K$  пучка массивных нерелятивистских частиц, фокусирующихся вблизи орбиты Земли. Впоследствии фокусировке массивных частиц гравитационным полем Солнца был посвящен ряд работ других авторов (в частности, в [3,4] обсуждалась возможность использования фокусирующего действия Солнца для обнаружения потоков частиц темной материи). Поскольку к этой проблеме существует определенный интерес, мы приводим здесь более подробное описание использованной в [2] модели расчета  $K$  для массивных частиц. Численные расчеты для нейтрино проведены заново с использованием более надежных данных об их энергетическом спектре.

Пусть на Солнце падает широкий параллельный пучок частиц, движущихся с одинаковой скоростью  $v$ . Рассмотрим частицы, имевшие прицельный параметр  $\rho > R$  ( $R$  – радиус Солнца). Известно, что под действием гравитационного поля Солнца частицы отклоняются от первоначального направления на угол

$$\varphi = \frac{r_g}{\rho} \frac{1 + \beta^2}{\beta^2}, \quad (1)$$

где  $r_g = 2MG/c^2 \approx 3$  км – гравитационный радиус Солнца,  $\beta = v/c$ ,  $c$  – скорость света,  $M$  – масса Солнца,  $G$  – гравитационная постоянная (см. рисунок 1). Формула (1) справедлива при  $\varphi \ll 1$  рад. В рассматриваемой задаче это условие всегда выполняется.

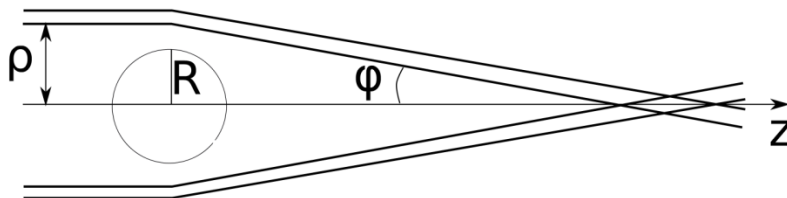


Рисунок 1. Фокусировка частиц гравитационным полем Солнца (не в масштабе).

Отклонение приводит к фокусировке частиц на расстоянии от Солнца  $Z_0 = \rho / \tan \varphi \approx \rho / \varphi = (\rho^2 / r_g) \beta^2 / (1 + \beta^2)$ . Нас будут интересовать только частицы, фокусирующиеся на расстояниях  $Z_0 \approx 1$  а.е. (астрономическая единица 1 а.е.  $\approx 1,5 \cdot 10^{11}$  м приблизительно равна среднему расстоянию от Земли до Солнца). Если частицы имели прицельный параметр  $\rho > R$ , то их скорость

$$\beta < \sqrt{r_g Z_0 / (R^2 - r_g Z_0)} \approx 0,03.$$

Благодаря фокусирующему действию Солнца, число частиц, которые попадут в детектор, может быть значительно большим по сравнению с числом частиц, попадающих в детектор при отсутствии линзы. В данной статье мы рассматриваем нейтрино. Но Солнце само является источником нейтрино низких энергий; такие нейтрино будут создавать фон при регистрации нейтрино, приходящих из космоса. Для того, чтобы иметь хотя бы принципиальную возможность отличить космические нейтрино от солнечных, нужно рассматривать нейтрино с прицельными параметрами  $\rho > R$ , а также использовать реальные физические детекторы с достаточно высоким угловым разрешением.

В математической модели полагаем, что детектор представляет собой круглую пластинку радиусом  $r$  с центром в точке  $Z$  на оси  $z$ , расположенную перпендикулярно оси  $z$ . Обозначим  $O$  ту область пучка, падающего на Солнце, из которой частицы попадают в детектор. Область  $O$  определяется с помощью неравенства [1]

$$|\rho - \varphi Z| \leq r, \quad (2)$$

где  $\varphi = 2k/\rho$ ,  $k = r_g(1 + \beta^2)/(2\beta^2) \approx r_g/(2\beta^2)$ . Из (2) находим, что область  $O$  имеет форму кольца  $\rho \in [\rho_1, \rho_2]$ , где

$$\rho_{1,2} = \sqrt{2kZ + (r/2)^2} \mp r/2.$$

Площадь области  $O$  – эффективная площадь экспериментальной установки, состоящей из детектора и Солнца-линзы – равна  $S = 2\pi [(\rho_1 + \rho_2)/2](\rho_2 - \rho_1)$ . Так как для любых реальных детекторов  $(r/2)^2 \ll 2kZ$ , то

$$S = 2\pi r\sqrt{2kZ} = A/\beta, \quad (3)$$

где  $A = 2\pi r(r_g Z)^{1/2}$ .

Пусть теперь пучок содержит частицы с разными импульсами. Вместо импульса  $p$  будем использовать безразмерную величину  $q = p/mc$ . Для нерелятивистских частиц  $q \approx \beta$ . Обозначим  $\Phi(q)$  дифференциальную по  $q$  плотность потока частиц. Число частиц, которые имели  $\rho > R$  и за единицу времени попадут в детектор, можно найти по формуле

$$N = \int_0^Q S(q)\Phi(q) dq. \quad (4)$$

Верхний предел  $Q$  соответствует  $\rho = R$ :  $Q = (Zr_g)^{1/2}/R$ .

Число частиц от того же источника, попадающих в детектор за единицу времени при отсутствии линзы, равно

$$N_0 = \pi r^2 \int_0^\infty \Phi(q) dq. \quad (5)$$

В данной статье мы вычисляем только геометрический коэффициент усиления  $K = N/N_0$ , оставляя в стороне вопрос о взаимодействии нейтрино с детектором.

Величина  $K$  существенно зависит от спектра нейтрино  $\Phi(q)$ . Пусть спектр удаленного источника совпадает со спектром нейтрино, излучаемых Солнцем. Большинство солнечных нейтрино образуются в процессе термоядерного синтеза при столкновении двух протонов. Дифференциальная по энергии плотность потока солнечных электронных нейтрино низких энергий вблизи Земли приблизительно равна  $\Phi_E = F_E (E/1 \text{ эВ})^a$  при  $E < E_S$  и  $\Phi_E = 0$  при  $E > E_S$ , где  $E_S = 0,42 \cdot 10^6$  эВ,  $a = 1,7$ ,  $F_E \approx 1 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1} \text{ эВ}^{-1}$  [5];  $E = (c^2 p^2 + m^2 c^4)^{1/2} = mc^2(1 + q^2)^{1/2}$  – полная энергия нейтрино. Известно, что энергия покоя нейтрино  $mc^2 < 0,12$  эВ. С учетом  $E dE = m^2 c^4 q dq$  найдем дифференциальный по  $q$  спектр нейтрино:  $\Phi(q) = F(1 + q^2)^{(a-1)/2} q$  при  $q \leq Q_S$ ,  $\Phi(q) = 0$  при  $q > Q_S$ , где  $Q_S = E_S/mc^2$  (учтено, что  $Q_S \gg 1$ ),  $F$  – константа.

Вычисление интегралов (4), (5) с учетом  $Q \ll 1$ ,  $Q_S \gg 1$  приводит к  $N \approx AFQ$ ,

$N_0 \approx \pi r^2 F Q_S^{(a+1)}/(a+1)$ ,  $K = N/N_0 \approx (r_g Z/rR) 2(a+1)/Q_S^{(a+1)} \approx (0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м})/r < 1$  для детекторов любых реальных размеров  $r$ . Таким образом, в случае нерелятивистских нейтрино, образующихся в термоядерных реакциях и приходящих от удаленного источника к Солнцу с прицельным параметром  $\rho > R$ , усиления не происходит.

Усиления можно ожидать в случае спектров, характеризуемых малыми значениями эффективной верхней границы  $E_S$ . Этому требованию удовлетворяет, в частности, спектр нейтрино, образующихся в процессе испарения черных мини-дыр. Согласно [6], спектр импульсов нейтрино, возникающих в процессе испарения шварцшильдовской черной дыры, определяется формулой

$$\Phi_p \sim \frac{1}{\exp(E/kT) + 1} \cdot \frac{p^3}{E},$$

где  $E$ ,  $p$  – соответственно полная энергия и импульс нейтрино,  $T$  – абсолютная температура черной дыры,  $k$  – постоянная Больцмана. Согласно [7],  $kT = \hbar c^3/(8\pi MG) \approx 0,86 \cdot 10^{11} \cdot (M_\odot/M)$  эВ, где  $M$  – масса черной дыры,  $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$  кг – масса Солнца,  $\hbar$  – постоянная Планка. Интенсивное образование частиц с ненулевой массой происходит тогда, когда температура черной дыры достаточно велика:  $kT \geq mc^2$ . Отсюда следует  $M \leq \hbar c/(8\pi Gm) =$

$0,88 \cdot 10^{20}$  кг =  $0,44 \cdot 10^{-10} M_{\odot}$  (при  $mc^2 = 0,12$  эВ). Согласно [7], время жизни черных дыр массой  $M > 10^{12}$  кг – больше или порядка возраста Вселенной. Поэтому представляющие для нас интерес черные дыры должны существовать в настоящее время.

Спектр нейтрино, дифференциальный по  $q$ , имеет вид

$$\Phi(q) = \frac{F}{\exp(mc^2 \sqrt{q^2 + 1/kT}) + 1} \cdot \frac{q^3}{\sqrt{q^2 + 1}}, \quad (6)$$

где  $F$  – константа. Формулы (4), (5) с учетом (3), (6) и  $Q \ll 1$  приводят к

$$K = N/N_0 = \frac{2}{3C} \frac{R}{r} Q^4 / [\exp(mc^2/kT) + 1], \quad (7)$$

где

$$C = \int_0^{\infty} \frac{q^3}{\exp(mc^2 \sqrt{q^2 + 1/kT}) + 1} \cdot \frac{dq}{\sqrt{q^2 + 1}}.$$

Результаты расчета по формуле (7) при  $r=1$  м и разных  $T$  приведены в таблице 1. При  $kT/mc^2 < 4,6$  геометрический коэффициент усиления  $N/N_0 > 1$ .

Таблица 1

Зависимость коэффициента усиления от температуры черной дыры.

$kT/mc^2$	1/10	1/5	1/3	1/2	1	2	3	5
$N/N_0$	17890,0	4078,7	1279,0	474,9	76,6	13,3	3,5	0,8

В заключение отметим, что спектр нейтрино, образующихся при испарении черных дыр, является модельно-зависимым. В [2] был использован более мягкий спектр по сравнению с (6), что привело к более высоким значениям коэффициента усиления.

\*\*\*

1. Гончаров А.И., Дашкова И.М. Солнце как гравитационная линза. Препринт АГУ № 99/1. Барнаул, 1999. 12 с.
2. Гончаров А.И., Охин В.И. Солнце как прозрачная гравитационная линза. Расчет рассеяния нейтрино конвективными неоднородностями // Известия Алтайского гос. ун-та. 2004. № 5. С. 89-95.
3. Patla B.R., Nemiroff R.J., Hoffmann D.H.H., Zioutas K. Flux Enhancement of Slow-moving Particles by Sun or Jupiter: Can they be Detected on Earth? // The Astrophysical Journal. 2014. No. 780:158. P. 1-10.
4. Bertolucci S., Zioutas K., Hofmann S., Maroudas M. The Sun and its Planets as detectors for invisible matter // Physics of the Dark Universe. 2017. No. 17. P. 13-21.
5. Боум Ф., Фогель П. Физика массивных нейтрино. М.: Мир, 1990. 303 с.
6. Lunardini C., Perez-Gonzalez Y.F. Dirac and Majorana neutrino signatures of primordial black holes // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. 2020, Issue 8, paper No. 014. DOI:https://10.0.4.64/1475-7516/2020/08/014. Arxiv: 1910.07864v2[hep-ph] 2020.
7. Шапиро С., Тьюколски С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. Ч. 2. М: Мир, 1985. 400 с.

Кошман В.С.

**О возможном развитии рабочей гипотезы В.Г. Фесенкова относительно происхождения Солнечной системы**

Независимый исследователь  
(Россия, Пермь)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-581

#### Аннотация

В статье предложена схема становления Солнечной системы. Приняты во внимание гравитационное сжатие, радиоактивность, вращение, а также генетическое родство Солнца и планет.

**Ключевые слова:** модель, строительный материал звезд, гравитация, родительское тело, его сжатие, вращение, выброс масс, орбиты планет.



**Abstract**

The article proposes a scheme for the formation of the Solar system. Gravitational compression, radioactivity, rotation, as well as the genetic relationship of the planets and the Sun are taken into account.

**Keywords:** model, building material of stars, gravity, parent body, its compression, rotation, mass ejection, planetary orbits.

Современное понимание Вселенной отличается от ранних взглядов физиков прежде всего представлением о ее нестатичности. Когда мы говорим о расширении Вселенной, то подразумеваем обычно под этим разбегание далеких скоплений звезд, которые не связаны друг с другом иными силами помимо сил тяготения. У истока расширения Вселенной, как полагают, в течение первых трех минут в плотном горниле термоядерных реакций температура понижается от  $10^{32}$  К до  $10^9$  К, и это благоприятствует производству строительного материала и звезд, и планетных систем. Естественно возникает неясный важный и принципиальный вопрос: как они могли произойти?

В предисловии к самому первому изданию своих «Начал» И. Ньютон писал, что он видит цель физики в том, чтобы «по явлениям движения распознавать силы природы, а затем по этим силам объяснять остальные явления». Возможно, что помощь в расшифровке вопроса о происхождении Солнечной системы может оказать новое прочтение формулы для силы притяжения  $F_{пр} = G_H \frac{m_i m_j}{r_{ij}^2} = \frac{m_i}{m_{pl}} \frac{m_j}{m_{pl}} \left( \frac{L_{pl}}{r_{ij}} \right)^2$  [4], где  $G_H$  – гравитационная постоянная,  $G_H = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} t_{pl}^2}$  [8],  $m_i$  и  $m_j$  – массы элементарных частиц,  $r_{ij}$  – расстояния между ними, а  $F_{pl}$ ,  $m_{pl}$ ,  $t_{pl}$  и  $L_{pl}$  – соответственно плаковские сила, масса, время и длина.

И сегодня ныне реликтовые фотоны, барионы (протоны, нейтроны), нейтрино движутся с одной и той же скоростью от центра мира к его периферии. Полагаем, у истока движения элементарных частиц – благодаря действию ответственной за сферичность небесных тел гравитации – зарождаются разные по масштабу колонии барионов (разномасштабные родительские тела), из которых далее формируются звезды и системы планет. Солнце – одна из многих звезд во Вселенной и единственная звезда Солнечной системы. Вокруг Солнца обращаются планеты (большие и карликовые), их спутники, астероиды, кометы, космическая пыль – см. рисунок 1.



Рисунок 1. Схема движения планет Солнечной системы [9].

При массе  $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$  кг температура поверхности такого самородного термоядерного реактора как Солнце составляет 5780 К, а в его ядре, где давление гравитационного сжатия уравновешивается давлением газа рождающихся фотонов, она составляет [3, 7] 15...20 миллионов градусов. Это в  $10^{25}$  раз меньше температуры  $T_{pl}$  до начала термоядерных реакций.

В 1944 году академик В.Г. Фесенков опубликовал работу [7], в которой изложил рабочую гипотезу относительно происхождения Солнечной системы. В предложенной схеме важная роль отведена характерному для природы вращательному движению. Только что



выделившееся из газовой среды Солнце было сравнительно разреженным гигантом низкой температуры. По мере гравитационного сжатия уменьшается объем Солнца, возрастают скорость его вращения и температура, изменяется форма вращающейся звезды. Рост температуры необходим для запуска механизма термоядерных реакций. «Имея...вытянутую вследствие быстрого вращения форму, ...вытянувшись на значительное расстояние в одном направлении, Солнце отпочковало сразу или в несколько приемов краевые массы, забравшие с собой значительную долю всего момента количества движения» [7, с. 108]. В дальнейшем планеты увеличивают размеры своих орбит до наблюдаемых сегодня величин. В числе недостатков гипотезы, в частности, отмечается и слабое звено: «Существование длинного выступа у Солнца (который можно сравнить с иглой, воткнутой в арбуз), да еще вращающегося вместе с ним, выглядит неправдоподобно» [11]. Но ресурс гипотезы в вопросе уяснения уникального явления природы не исчерпан.

«Пытаясь объяснить возникновение планет, естественно...стремиться найти во Вселенной...механизм, обуславливающий разделение одной массы на две или больше составляющих, и установить, возможна ли аналогия в данном случае» [7, с. 104]. Также автор гипотезы полагает, что решение проблемы «требует...соединенных усилий различных специалистов – физиков, химиков, астрономов и геологов» [там же, с. 111]. Выскажем свои соображения.

В глубинном космологическом прошлом возникает родительское тело массой  $M_{\Sigma} \approx 2 \cdot 10^{30}$  кг. К числу физических особенностей родительского тела относятся следующие: 1) оно является термодинамическим телом в состоянии полностью ионизированной плазмы; 2) оно является горячим, в его объеме  $V$  протекают термоядерные реакции, сопровождающиеся изменением средней молярной массы вещества  $\mu$  и числа степеней свободы  $j$  частиц; 3) время от времени сразу же вслед за локальными, разными по мощности термоядерными взрывами (с мгновенным выделением обилия частиц и тепла, способным совершить механическую работу) за пределы родительского тела в окружающую его космическую среду выбрасываются сгустки материи. Масса  $\Delta M_{\Sigma}$  каждого из них не превышает 0,1 процента от  $M_{\Sigma}$ . Сегодня, пожалуй, самое большее можно стремиться лишь к общему объяснению пути становления Солнечной системы.

Согласно первому началу термодинамики, количество энергии  $dE$ , уходящей за поверхность родительского тела, связано с изменением его внутренней энергии  $U$  соотношением

$$dE = dU + pdV, (1)$$

где  $p$  – давление. В астрофизике звезд для оценки давления  $p$  используется уравнение состояния идеального газа [2]:

$$p = \frac{A \cdot \rho_{\Sigma} \cdot T}{\mu} = \frac{A \cdot M_{\Sigma} \cdot T}{\mu \cdot V}. (2)$$

Здесь  $\rho_{\Sigma}$  – объемная плотность массы родительского тела, а  $A$  – универсальная газовая постоянная. При средней температуре  $T$  внутренняя энергия плазмы [1, 2]:

$$U = \frac{j}{2} \frac{A \cdot M_{\Sigma} \cdot T}{\mu}. (3)$$

При условии постоянства объема родительского тела:  $V_i = const$  на мгновения времени  $t_i$  особой термоядерной активности из формул (1) и (2) следует равенство энергетических величин

$$\Delta E_i = \frac{j}{2} \frac{A \cdot T}{\mu} \Delta M_{\Sigma i}. (4)$$

Эта формула отвечает идее автора [7] о генетическом сродстве Солнца и движущихся вокруг него небесных тел. Поиск числовых значений величин  $j$  и  $\mu$  наталкивается на затруднения, но в них заметна как физическая, так и химическая индивидуальность отделившихся от родительского тела массивных сгустков материи.

На этапах пути между выбросами масс (при  $dE = 0$ ) формулы (1) – (3) позволяют получить

$$\frac{V_2}{T_2^{j/2}} = \frac{V_1}{T_1^{j/2}} \cdot (5)$$

При известном одном из состояний процесса становления Солнечной системы формула (5) позволяет определить любое другое состояние, если в нем известен хотя бы один из параметров. Из (5) видим, что по мере уменьшения объема родительского тела его средняя температура также уменьшается. Понижение объема объясняется естественным гравитационным сжатием, а снижение температуры можно увязать, по крайней мере отчасти, со взаимодействием при вращении внутренних слоев родительского тела. В (5) явная зависимость  $T$  от  $V$  является нелинейной. Ниже интервалы времени между ближайшими выбросами масс ныне больших планет Солнечной системы обозначены как  $\Delta t_{12}$ .

Если идеализировать явление, то в модели ньютоновой траектории время прохождения каждого из этапов пути становления Солнечной системы  $\Delta t_{12}$  зависит только от линейных величин:

$$\Delta t_{12} = \frac{(l_1 - l_2)t_{pl}}{L_{pl} \left( \frac{L_{pl} M_{\Sigma}}{l_2 m_{pl}} \right)^{1/2} \left( 1 - \frac{l_2}{l_1} \right)^{1/2}}, (6)$$

где  $l_i$  – удаление  $i$ -го сгустка материи массы  $\Delta M_{\Sigma i}$  от Солнца ( $i = 1, 2$ ),  $M_{\Sigma}$  – масса родительского тела, которое со временем становится Солнцем,  $(l_1 - l_2)$  – отрезок пути между выбросами предыдущего и последующего сгустков материи,  $t_{pl} = 10^{-44}$  сек. Исходная для записи (6) формула приведена ниже.

Родительское тело с характерным размером  $r$  – см. рисунок 2 – изначально вращается вокруг центральной оси (сила  $F_t$ , направленная «не к центру главной массы, а по касательной к движению» [7, с. 104], нами показана условно).

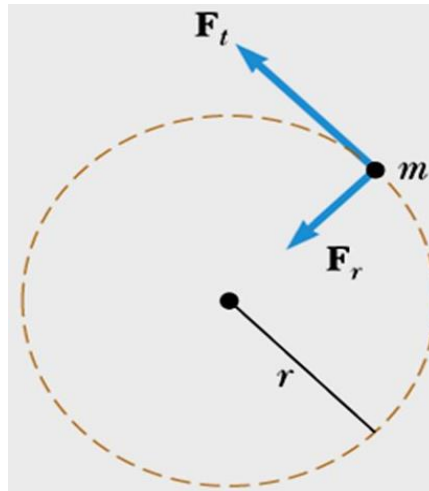


Рисунок 2. Схема сил, действующих в плоскости бросания.

На все частицы родительского тела действует центральная сила притяжения  $F_{пр}$ , которая обычно стремится стянуть сферу в точку, а также центростремительная сила инерции  $F_{цб}$ , которая стремится отбросить частицы тела от оси его вращения к периферии. Для материальной точки массой  $m$ , лежащей на периферии тела в его экваториальной плоскости, величину центростремительного ускорения  $a = \frac{F_r}{m}$  можно оценить по формуле

$$a = \frac{dV}{dt} = G_H \frac{M_{\Sigma}}{r^2} - \frac{V^2}{r} = G_H \frac{M_{\Sigma}}{r^2} - \omega^2 r, (7)$$

где  $V$  и  $\omega$  – соответственно линейная и угловая скорости вращения. Полагаем, что наблюдаемые астрономами удаления  $l$  планет от Солнца имеют непосредственное отношение к изменчивости иллюстрируемой рисунком 2 величины характерного для рассматриваемого диска (от греч. δίσκος, дискос — круглое блюдо) размера  $r$ .

Выделения сгустков материи массой  $\Delta M_{\Sigma i}$  от  $3,30 \cdot 10^{23}$  кг до  $1,90 \cdot 10^{27}$  кг (а также менее) из родительского тела происходят во времена, когда Солнца как такового еще не было.

Орбиты выброшенных в свободный полет сгустков лежат в плоскости бросания. Вспомним ракету, которая стартует в космос с поверхности планеты. На ракету действуют сила тяжести  $G$ , сила тяги  $P$ , сила аэродинамического сопротивления  $Q$  и управляющая сила  $Y$ , причем  $P > G$ . Аналогичное (при  $Q = Y = 0$ ) наблюдается и в случае выброса сгустков материи за пределы родительского тела. Числовые значения силы  $P$  (ускоряющая сила в терминах Ньютона), а также и высоты активного участка траектории полета сгустка (равной высоте упомянутой выше иглы)  $H_k$ , и угла бросания  $\theta_k$  неизвестны. Покинувший родительское тело, скажем, земной сгусток получает орбитальное движение. Завершив через 365 дней первый виток вокруг родительского тела, он возвращается в точку, которая отвечает точке  $k$  (то есть точке конца активного участка его начальной траектории).

Масса Солнца  $M_\odot$  в  $\sim 740$  раз больше общей массы  $\Sigma \Delta M_{\Sigma i}$  восьми больших планет Солнечной системы, шесть из которых имеют спутники [10]. То, что изначально было сгустками материи, сегодня представляет собой планеты и их спутники. В таблице приведены числовые значения масс планет  $\Delta M_{\Sigma i}$ , их объемной плотности массы  $\rho$  и средней орбитальной скорости  $v$ , величины  $\bar{l}$  (они отвечают расстояниям планет от Солнца при условии, что до Земли это расстояние можно принять равным 10).

Таблица 1

Числовые значения величин  $\Delta M_{\Sigma i}$ ,  $\rho$ ,  $v$ ,  $\bar{l}$ ,  $l$  и  $\Delta t_{12}$ .

Название планеты	$\Delta M_{\Sigma i}, 10^{25},$ кг	$\rho, \text{кг/м}^3$	$v, \text{км/с}$	$\bar{l} [5]$	$l, 10^{10}, \text{м}$	$\Delta t_{12},$ $10^7, \text{сек}$
Нептун	10,3	1630	5,44	307	459,2	53,0
Уран	8,7	1240	6,80	192	287,2	33,9
Сатурн	56,8	710	9,66	95,4	142,7	21,1
Юпитер	190,0	1330	13,0	52	77,79	8,8
Астероиды				28	41,88	3,0
Марс	0,0644	3930	24,1	15,2	22,74	1,1
Земля	0,598	5520	29,8	10	14,96	0,45
Венера	0,49	5250	35,0	7,2	10,77	0,21
Меркурий	0,033	5430	47,8	3,9	5,83	0,15

Также в таблице приведены и числовые значения величин интервалом времени между выбросами сгустков материи  $\Delta t_{12}$ , которые вычислены по равносильной (6) формуле

$$\Delta t_{12} = \frac{l_1 - l_2}{\sqrt{\frac{G_H \cdot M_\Sigma}{l_2} \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right)}}, \quad (8)$$

которая непосредственно вытекает из (7). Здесь для каждой пары сгустков материи определяются расстояния между их выбросами  $l_1 - l_2$  (по радиусу  $r$  – см. рисунок 2) из родительского тела. Средние расстояния планет от Солнца (средние радиусы их орбит)  $l$  известны. В итоге выходим на результат: общее время процесса отделения масс будущих планет от родительского тела ( $\Sigma \Delta t_{12}$ ) составляет  $1,2 \cdot 10^9$  сек = 38 земных лет. Это примерно в 9,6 раз меньше времени одного витка Земли вокруг Солнца. Действительное числовое значение величины  $\Sigma \Delta t_{12}$  неизвестна, но меньше многих тысяч лет.

По данным таблицы в изменчивости величин массы планет  $\Delta M_{\Sigma i}$  и плотности  $\rho$  какая – либо направленность по мере их удаления от Солнца не отслеживается, но чем дальше планета от Солнца, тем меньше ее средняя орбитальная скорость  $v$ .

Планеты движутся вокруг Солнца в одну и ту же сторону, а плоскости их орбит мало наклонены друг к другу и к экваториальной плоскости Солнца [9, 10]. В данной связи рассмотренное выше обращение к радиоактивному родительскому телу вряд ли является логически ошибочным. Не исключено, что допускаемая в согласии с законом сохранения энергии возможность генетического сродства родительского тела с небесными телами – см. (4) – для Солнечной системы подтверждается результатами астрономических наблюдений – см. рисунок 1.

В попытках «ухватить нить» ранних космических событий желательно следовать рекомендациям [6], согласно которым, с одной стороны, «наука занимается изучением причин, а не случая», а с другой, «любое явление обусловлено теми или иными предшествующими явлениями, и поэтому любое явление может быть объяснено или предсказано». Удивительный факт существования Солнечной системы требует разгадки в той же мере, как и алгоритм происхождения всех элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Необходимо проведение дальнейших исследований.

\*\*\*

1. Журавлев В.М. Термодинамическая модель эволюции нормальных звезд // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2015. Вып. 2. С. 19 – 27.
2. Иванов В.В. Астрофизика звезд: методическая разработка. СПб.: Изд – во С. – Петерб. ун - та. 2002. – 254 с.
3. Кожевников Н.М. Концепции современного естествознания: учебное пособие. М.: Лань. 2022. – 384 с.
4. Кошман В.С. Закон всемирного тяготения и уравнения связи между параметрами космологического расширения Вселенной // The scientific heritage. 2021. № 80 – 2 . P. 49 – 51.
5. Кэри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. История догм в науках о Земле / пер. с англ. М.: Мир. 1991. – 447 с.
6. Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы / пер. с англ. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2000. – 208 с.
7. Фесенков В.Г. Космогония солнечной системы. М. – Л.: Изд – во АН СССР. 1944. – 112 с.
8. Цвибах Б. Начальный курс теории струн / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС, 2011. – 784 с.
9. Глава 2. Устойчивость системы планет [Электронный ресурс]. URL: [https:// C:\Users\user\Desktop\ГЛАВА 2 Устойчивость системы планет. Лаплас. Небесная механика \[Вселенная работает как часы\]](https://C:\Users\user\Desktop\ГЛАВА 2 Устойчивость системы планет. Лаплас. Небесная механика [Вселенная работает как часы] (дата доступа 26.11.2023).) (дата доступа 26.11.2023).
10. Солнечная система [Электронный ресурс]. URL: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_система) (дата доступа 26.11.2023).
11. Б.А. Воронцов – Вельяминов. Лаплас [Электронный ресурс]. URL: <https://astro-cabinet.ru/library/vvbal/laplas94.htm> (дата доступа 15.03.2023).

## РАЗДЕЛ XXVI. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Беляков Д.А.

## Применение технологии 3D-печати для задач мелкой автоматизации на примере модульной котельной

Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е. Алексеева  
(Россия, Нижний Новгород)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-582

**Аннотация**

В современном мире существует множество разнообразных задач, требующих автоматизации. От простых, таких как управление дверными замками, до более сложных, таких как контроль движения роботов. Один из способов решения таких задач - использование технологии 3D-печати.

В данной статье рассмотрены возможности существующих технологий трехмерной печати, их преимущества и недостатки, проведено сравнение с традиционными методами производства. На примере модульной котельной продемонстрировано применение 3D-печати в создании автоматизированной механической системы управления металлическими задвижками. Сделаны выводы и определены перспективы развития технологии для автоматизации и возможных областей применения.

**Ключевые слова:** автоматизация, 3D-печать, трёхмерная печать, механические системы, управление задвижками, модульная котельная, технология, точность, надёжность, адаптация, условия эксплуатации.

**Abstract**

In the modern world, there are many different tasks that require automation. From simple ones, such as controlling door locks, to more complex ones, such as controlling the movement of robots. One way to solve such problems is to use 3D printing technology.

This article examines the capabilities of existing 3D printing technologies, their advantages and disadvantages, and compares them with traditional production methods. Using the example of a modular boiler room, the use of 3D printing in the creation of an automated mechanical control system for metal valves was demonstrated. Conclusions are drawn and prospects for the development of technology for automation and possible areas of application are identified.

**Keywords:** automation, 3D printing, three-dimensional printing, mechanical systems, valve control, modular boiler room, technology, accuracy, reliability, adaptation, operating conditions.

История 3D-печати началась в 1984 году, когда американский инженер Чак Халл создал первый 3D-принтер на основе фотополимера. С тех пор технология значительно развилась и стала доступной для массового использования.

Сегодня существует около дюжины технологий 3D-печати, наиболее распространённые из которых — стереолитография (SLA), селективное лазерное спекание (SLS) и моделирование методом наплавления (FDM).

Технология SLA применяется для создания твёрдых и полупрозрачных моделей с хорошей детализацией, формообразующей оснастки для различных видов точного литья, для изготовления конструкторских и дизайнерских прототипов, макетов изделий и сборок. Служит для восстановления объектов по данным рентгеновской, акустической или ЯМР-томографии в медицине, криминалистике, археологии и других областях.

Технологию SLS используют для изготовления металлических и пластиковых прототипов с высокой точностью. Она также применяется в следующих областях:

- Авиакосмическая промышленность: изготовление функциональных прототипов и мелкосерийных деталей.
- Машиностроение: производство деталей для автомобилей, станков, робототехники и других механизмов.
- Литейное производство: создание моделей для литья по выплавляемым моделям.
- Строительство: изготовление шлангов, труб, прокладок и изоляционных шайб.
- Архитектура, искусство и дизайн: создание макетов и прототипов зданий, скульптур и других объектов.
- Инженерная отрасль: производство запасных и быстроизнашиваемых частей механизмов.

SLS-технология позволяет изготавливать детали со сложной геометрией и высокой точностью, что делает её востребованной в различных отраслях промышленности.

Технология FDM актуальна для создания единичных и серийных изделий с различными функциями. Используется она в следующих сферах:

- Прототипирование: создание тестовых моделей и механизмов для проверки функциональности и дизайна.
- Медицина: изготовление ортезов, тяговых механических протезов и других медицинских изделий.
- Образование: создание наглядных пособий для слабовидящих и слепых детей, а также для обучения студентов.
- Ремонт бытовой техники: изготовление оригинальных шестерёнок и других деталей для замены изношенных или сломанных пластиковых элементов.
- Интерьер: создание предметов декора, таких как подставки, вазы, светильники и коробочки для мелочей.

FDM-технология позволяет создавать изделия с различными свойствами и функциями, что делает её универсальной и применимой в разных областях.

3D-печать имеет ряд преимуществ перед традиционными методами производства, такими как литье, штамповка и фрезеровка. Она позволяет быстро и эффективно создавать прототипы и единичные изделия, а также обеспечивает гибкость и адаптивность производства. 3D-печать позволяет сократить время производства и снизить затраты на материалы и рабочую силу. Однако 3D-печать также имеет свои ограничения, такие как ограничения в материалах и размерах деталей, а также необходимость постобработки и отделки.

Перспективы развития технологии связаны с расширением областей применения, улучшением качества и точности печати, а также с разработкой новых материалов и технологий. В будущем 3D-печать станет более доступной благодаря массовому распространению 3D-принтеров и снижению цен на оборудование.

На практике от предприятия автору удалось поработать с возможностями 3D-печати. Была поставлена задача автоматизировать управление металлическими жалюзи в помещении модульной котельной, поскольку раньше этим занимался оператор вручную. Целью этой работы является повышение точности и эффективности регулирования температуры в здании. В рамках единичного применения было решено спроектировать механическую систему и затем её распечатать на 3D-принтере.

На фото ниже приведены жалюзи до автоматизации:



Рисунок 1. Металлические задвижки в модульной котельной.

Исходя из размеров вспомогательных деталей была разработана механическая система привода на основе трехмерной модели сборки, созданной в программе КОМПАС 3D.

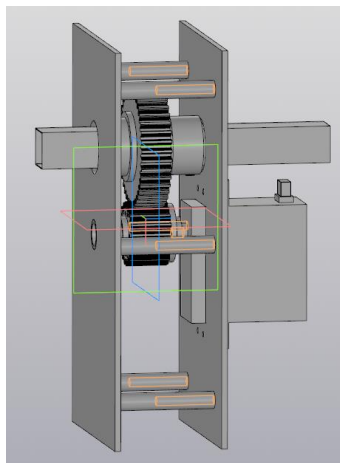


Рисунок 2. Модель сборки механической системы.

Файл с моделями был отправлен для распечатки в формате stl. 3D принтер начинает процесс печати шестеренки с создания основы или так называемого «первичного слоя». Он наносит на рабочую поверхность тонкий слой пластика. Затем принтер начинает добавлять новые слои пластика поверх первичного слоя, формируя таким образом объемную модель шестеренки.

Каждый новый слой наносится с небольшим смещением относительно предыдущего слоя, что создает эффект «трехмерности» и позволяет получить деталь с объемной формой. Принтер использует специальную технологию наплавления, называемую Fused Deposition Modeling (FDM), которая заключается в нагревании пластиковой нити до температуры плавления и нанесении ее на рабочую поверхность слой за слоем.

По мере увеличения количества слоев принтер формирует точную модель шестеренки, учитывая все особенности и параметры, заданные в исходном файле 3D модели. В данном эксперименте был использован 3D-принтер Tronxy X5SA-2E, имеющим скорость печати: ~ 60мм/с; точность печати: 0,05-0,2 мм.

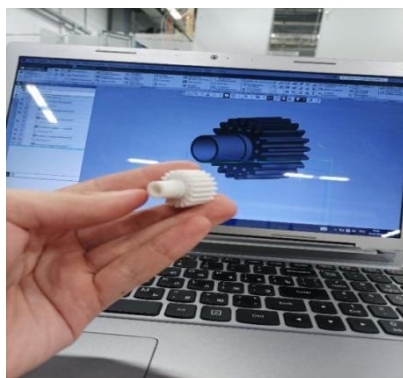


Рисунок 3. Распечатанная модель шестерни на 3D-принтере.

Итоговая система состоит из шестеренок, пластин для крепления сервоприводов, термодатчиков и блока управления, который обеспечивает автоматическое открытие и закрытие задвижек.

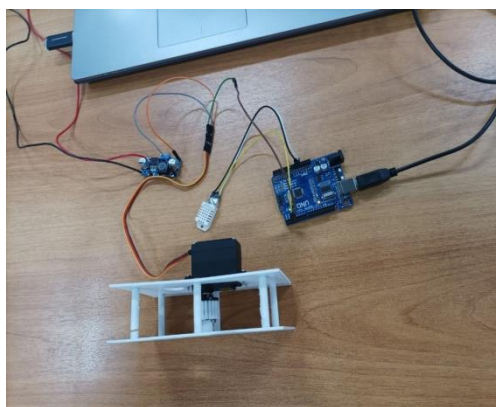


Рисунок 4. Подключение механической системы к датчикам и контроллеру.

Затем был произведен монтаж деталей при помощи крепежных элементов:



Рисунок 5. Металлические жалюзи в помещении после автоматизации.

Использование трехмерной печати позволило мне создать механическую систему с высокой точностью и надежностью. Благодаря возможности создания объектов любой сложности, система может быть адаптирована под любые требования и условия эксплуатации.

Таким образом, 3D-печать является эффективным инструментом для автоматизации различных задач и процессов, позволяя повысить качество и точность производства. Она успешно применяется во многих отраслях промышленности и повседневной жизни, снижая себестоимость готовых изделий и сокращая время на производство.



\*\*\*

1. Горьков Д. Е. 3D-печать с нуля. – БХВ-Петербург, 2020.
2. Гурко А. 3D-печать и право интеллектуальной собственности: взгляд в будущее //Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права. – 2016. – №. 5. – С. 29-42.
3. Канесса Э., Фонда К., Марко Д. (ред.). Доступная 3D печать: для науки, образования и устойчивого развития. – Станция трёхмерной печати, 2014.С. 9-17.
4. Лисяк В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать. – Litres, 2021.
5. Мартынов Р. С., Головнина Н. В. 3d моделирование и 3d печать. Методы, технологии, инновации //v международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная. – 2015. – С. 190-193.
6. Никонов В. В. КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать. – «Издательский дом»«Питер», 2019.

**Беспалов В.В., Ключкова Н.С., Баевский А.А.****Влияние элементарных погрешностей зубчатых колес на шум зубчатой передачи**

*Нижегородский государственный технический  
университет им. Р. Е. Алексеева  
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-583

**Аннотация**

В данном исследовании была проведена экспериментальная проверка влияния элементарных погрешностей зубчатых колес на шум зубчатой передачи. В результате математической обработки экспериментов были получены математические зависимости уровня шума от элементарных погрешностей цилиндрических зубчатых колес.

**Ключевые слова:** элементарная погрешность, погрешность профиля, погрешность направления, погрешность шага, уровень шума.

**Abstract**

The present research deals an experimental verification of the influence of elementary errors of gears on gear noise. As a result of mathematical processing of experiments mathematical dependences of the noise level from the elementary errors of gears were obtained.

**Keywords:** elementary error, profile error, direction error, pitch error, noise level.

Шевингование цилиндрических зубчатых колес является финишной операцией при изготовлении редукторов, зубчатых передач в автомобилестроении, станкостроении, турбостроении для улучшения плавности работы передачи и снижения шума. Боковые поверхности зубьев колеса генерируются при обкатывании производящей поверхности шевера, которая образуется режущими кромками шевера. Режущие кромки шевера представляют собой пересечение боковых поверхностей зубьев шевера с передними поверхностями стружечных канавок. Различные погрешности изготовления и заточки дискового шевера искажают производящую поверхность, что приводит к погрешностям зубчатых колес при их изготовлении.

Погрешности изготовления зубчатых колес являются основной причиной шума зубчатых передач [1,2,3].

В промышленности сложилась практика двухпрофильной проверки и поэлементный контроль зубчатых колес. Для прогнозирования уровня шума зубчатой передачи важно установить математическую зависимость его от элементарных геометрических погрешностей зубчатых колес.

Проводился поэлементный контроль зубчатых колес ( $f_f$ ,  $F_\beta$ ,  $f_{pt}$ ). После этого измерялся уровень шума зубчатой передачи. Результаты замеров сведены в таблицу, представленную на рис.1.

В результате математической обработки экспериментов были получены математические зависимости уровня шума от:

1. погрешности профиля  
 $Y = 77,58 + 132,69X1$
2. погрешности направления  
 $Y = 78,34 + 118,63X2$
3. погрешности шага  
 $Y = 78,69 + 18,93X3$
4. погрешности профиля и погрешности направления  
 $Y = 75,85 + 134,91X1 + 121,29X2$
5. погрешности профиля и погрешности шага  
 $Y = 76,99 + 114,61X1 + 13,28X3$
6. погрешности направления и погрешности шага  
 $Y = 77,56 + 100,96X2 + 14,91X3$
7. погрешности профиля, погрешности направления и погрешности шага  
 $Y = 75,62 + 123,24X1 + 111,06X2 + 8,44X3$

Дисперсионный анализ с помощью F-критерия Фишера = 121 показал адекватность полученных уравнений.

№	Уровень шума	$\xi_1$ $X_1$	$F_{ij}$ $X_2$	$\xi_{ij}$ $X_3$	№	Уровень шума	$\xi_1$ $X_1$	$F_{ij}$ $X_2$	$\xi_{ij}$ $X_3$
1	80	0,0185	0,0145	0,07	51	80	0,018	0,013	0,072
2	81	0,022	0,0175	0,071	52	80	0,019	0,014	0,07
3	80,5	0,0225	0,0135	0,078	53	81,5	0,023	0,0165	0,082
4	80	0,0225	0,011	0,061	54	79,5	0,016	0,0115	0,086
5	79,5	0,0165	0,0115	0,054	55	81	0,021	0,0175	0,07
6	79,5	0,0155	0,012	0,074	56	79,5	0,0155	0,012	0,093
7	81	0,021	0,017	0,092	57	80	0,019	0,0135	0,067
8	80,5	0,0185	0,017	0,073	58	81	0,0215	0,017	0,078
9	80	0,0225	0,011	0,08	59	80	0,02	0,012	0,081
10	81	0,0225	0,0185	0,092	60	80	0,019	0,014	0,068
11	80	0,0145	0,019	0,077	61	80	0,019	0,014	0,086
12	79	0,0155	0,014	0,043	62	80	0,021	0,0105	0,083
13	79,5	0,0165	0,0165	0,063	63	79	0,017	0,0105	0,1
14	80	0,017	0,014	0,069	64	80	0,021	0,009	0,08
15	80	0,0195	0,0135	0,062	65	80	0,023	0,011	0,057
16	80	0,018	0,0125	0,066	66	79,5	0,022	0,015	0,031
17	80	0,0195	0,013	0,078	67	80	0,0225	0,014	0,054
18	80	0,018	0,0145	0,062	68	79,5	0,0185	0,011	0,084
19	79	0,013	0,0125	0,04	69	79,5	0,023	0,009	0,049
20	80	0,0185	0,013	0,068	70	81	0,0225	0,012	0,1
21	80,5	0,0215	0,0125	0,074	71	80	0,0175	0,0125	0,066
22	79	0,0155	0,0105	0,042	72	80,5	0,0215	0,0135	0,075
23	80	0,0175	0,0165	0,066	73	80	0,0185	0,0135	0,055
24	80	0,0195	0,012	0,061	74	79,5	0,019	0,0095	0,07
25	80	0,0175	0,0185	0,062	75	80	0,017	0,018	0,094
26	79	0,0145	0,0125	0,039	76	80	0,0165	0,0185	0,085
27	79,5	0,019	0,011	0,04	77	81	0,0225	0,018	0,092
28	79,5	0,019	0,007	0,06	78	80	0,0195	0,013	0,074
29	81	0,019	0,019	0,097	79	80,5	0,02	0,0135	0,076
30	79,5	0,02	0,007	0,114	80	81	0,0205	0,019	0,083
31	78	0,013	0,006	0,035	81	79,5	0,0165	0,015	0,062
32	80	0,016	0,0185	0,098	82	81	0,0215	0,0125	0,09
33	79	0,013	0,013	0,062	83	81,5	0,0235	0,019	0,091
34	79,5	0,0095	0,0185	0,059	84	81	0,019	0,0185	0,09
35	79	0,01	0,01	0,074	85	81	0,021	0,012	0,084
36	79,5	0,0135	0,0135	0,078	86	80,5	0,021	0,0115	0,066
37	79,5	0,016	0,012	0,073	87	81	0,022	0,013	0,08
38	80	0,0165	0,0195	0,076	88	79,5	0,0185	0,01	0,092
39	80	0,009	0,0175	0,073	89	81,5	0,0235	0,0195	0,083
40	80	0,009	0,02	0,061	90	80	0,02	0,011	0,064
41	80	0,016	0,0185	0,076	91	80	0,017	0,0125	0,01
42	79	0,014	0,012	0,04	92	78,5	0,013	0,0095	0,063
43	81	0,0205	0,019	0,081	93	80	0,0175	0,015	0,061
44	80	0,019	0,0155	0,037	94	80	0,014	0,015	0,061
45	79	0,015	0,0145	0,046	95	81	0,016	0,018	0,093
46	79,5	0,0175	0,012	0,044	96	80	0,0195	0,014	0,061
47	79,5	0,016	0,014	0,057	97	79,5	0,019	0,01	0,045
48	79	0,0155	0,0135	0,063	98	81,5	0,026	0,0165	0,062
49	80	0,016	0,0205	0,037	99	79	0,0175	0,007	0,045
50	79,5	0,011	0,013	0,06	100	80,5	0,021	0,0115	0,065

Рисунок 2. Результаты замеров влияния элементарных погрешностей зубчатых колес на шум зубчатой передачи.

Для анализа зависимостей между уровнем шума и элементарными погрешностями зубчатого колеса использовался метод корреляционного анализа. Были определены парные коэффициенты корреляции, а также множественной корреляции  $r = 0,88$ . Зависимость считается сильной, если  $r > 0,75$ .

Проверка достоверности коэффициента множественной корреляции определялась по  $t$ -критерию Стьюдента ( $tx_1 = 12$ ,  $tx_2 = 10$ ,  $tx_3 = 4$ ). Связь между признаками считается неслучайной, если  $t > 2$ .

Все вышеприведенные критерии и коэффициенты получены в программе Excel с помощью функции «регрессия» и отражены в таблицах регрессионной статистики на рис. 2.

Вывод итогов				
<b>Регрессионная статистика</b>				
Множественный R	0,889720585			
R-квадрат	0,791602898			
Нормированный R-квадрат	0,785090489			
Стандартная ошибка	0,323629147			
Наблюдения	100			
<b>Дисперсионный анализ</b>				
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Регрессия	3	38,19286083	12,73095361	121,5529991
Остаток	96	10,05463917	0,104735825	
Итого	99	48,2475		
<b>Коэффициенты</b>				
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>
Y-пересечение	75,62433499	0,231331238	326,9093078	4,5201E-148
Переменная X 1	123,237007	9,879123577	12,47448785	8,41721E-22
Переменная X 2	111,0620937	10,14743172	10,9448476	1,41105E-18
Переменная X 3	8,435724192	1,925083811	4,382003602	3,00453E-05

Рисунок 2.  $F$ -критерий Фишера, коэффициент множественной корреляции и  $t$ -критерии Стьюдента в таблицах Excel.

Подводя итоги проделанной работы, приходим к следующим заключениям:

1. Результаты экспериментальной проверки показали, что между уровнем шума и элементарными погрешностями цилиндрических зубчатых колес существует линейная корреляционная связь.
2. Полученные уравнения прямой регрессии позволяют определять возможный уровень шума зубчатой передачи в зависимости от элементарных погрешностей цилиндрических зубчатых колес.

\*\*\*

1. Беспалов В. В. Повышение точности цилиндрических зубчатых колес при шевинговании: дис. канд. тех. наук: 05.02.08: защищена 20.03.1996. Н. Новгород, 1996. 122 с.
2. Беспалов В. В. Повышение точности изготовления цилиндрических зубчатых колес. Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования», Май 2019 г. №50, Часть 2 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2019. – С. 15-18.
3. Беспалов В.В., Туманова Л.А. Методика исследования влияния элементарных погрешностей зубчатых колес на шум зубчатой передачи. Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов V Международной научно-практической конференции (19-20 октября 2021 года), Кемерово [Электронный ресурс]/ ФГБУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева»; редкол.: Д.М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2021. – с. 505-507.

**Харитонов С.В.**

**Импортозамещение средств автоматизации в нефтегазохимической промышленности на примере автоматизации печи пиролиза**

*КНижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-584

#### **Аннотация**

Данная статья представляет собой анализ возможности импортозамещения средств автоматизации, в частности датчиков и программируемых логических контроллеров, для печей

пиролиза в нефтегазохимической промышленности. Проводится обзор существующего оборудования, его производителей, а также доступных предложений на отечественном рынке. Анализируются возможности замены импортных средств автоматизации.

**Ключевые слова:** импортозамещение, датчики, отечественный, контроллеры, печь пиролиза, средства автоматизации.

### Abstract

This article is an analysis of the possibility of import substitution of automation tools, in particular control and measuring devices, programmable logic controllers, for pyrolysis furnaces in the petrochemical industry. An overview of the existing equipment, its manufacturers, as well as available offers on the domestic market is being conducted. The possibilities of replacing imported automation tools are analyzed.

**Keywords:** import substitution, sensors, domestic, controllers, pyrolysis furnace, automation tools.

Автоматизация промышленности предприятия является важнейшим этапом в развитии современного производства. Средства автоматизации технологическими процессами остаются ключевым инструментом в обеспечении эффективной работы промышленных предприятий.

На сегодняшний день в условиях внешнего санкционного давления прекращены сотрудничество со многими иностранными компаниями и вместе с этим поставки и обслуживание средств автоматизации. В связи с этим появляется стремление к экономии средств и увеличению независимости от иностранных поставок, соответственно, возникают задачи по импортозамещению.

Практически все, что связано с автоматизацией и управлением технологического процесса на нефтегазохимических предприятиях работает на импортном оборудовании, к примеру печь пиролиза, которая предназначена для высокотемпературного разложения углеводородного сырья с целью получения этилена и пропилена, имеет в своем составе большое количество подводящих к себе трубопроводов, по которым осуществляется подача тех или иных компонентов, необходимых для правильной и безопасной работы установки. К примеру, подвод сырья, контроль за показателями давления и расхода сырья осуществляется следующими датчиками: японскими датчиками давления «Yokogawa» (рис.1) и швейцарскими датчиками расхода «Endress-Hauser» (рис.2). Для реализации системы управления используются программируемые логические контроллеры той же фирмы «Yokogawa».



Рисунок 1. Датчик давления Yokogawa EJX530A.

Как и любое другое оборудование, датчики, контроллеры требуют технического и сервисного обслуживания, связанного с заменой комплектующих, или попросту выходят из строя. Как обслуживание так и поиск такой продукции сегодня, в условиях санкций, задача труднореализуемая. Можно приобретать через альтернативные каналы поставок, параллельный импорт или через серые рынки, но это несёт за собой такие риски, как отсутствие гарантии и сервисной поддержки, длительные или вовсе неопределённые сроки поставки, в разы

увеличенная стоимость. Зачастую такой способ становится нецелесообразным и экономически невыгодным. В связи с этим возникает необходимость импортозамещения аналогичным оборудованием и поиска новых партнеров и поставщиков. Таким образом, цель данной статьи: провести анализ возможности замены импортного установленного оборудования для систем автоматизации печей пиролиза доступными аналогами.



Рисунок 2. Вихревой расходомер Endress-Hauser Prowirl 72f25.

Доступными решениями на данный момент являются отечественный производитель, а также предложения средств автоматизации дружественных стран. Собственно говоря, в последние годы в нашей стране наблюдаются тенденции по разработке такого оборудования для автоматизации технологических процессов. Производители активно разрабатывают и испытывают свою продукцию, которая, по сегодняшним меркам, не уступает зарубежным аналогам. Примерами являются отечественные компании: «Метран», «Элемер», «Овен», «Эмис». Это стабильно развивающиеся компании, ведущие российские разработчики и производители средств, систем автоматизации и технологического контроля.

Возьмем, например, датчик давления Метран (рис.3), он схож с японским датчиком и способен выполнять требуемые задачи аналогичным образом. Также стоит отметить еще один доступный отечественный аналог швейцарскому расходомеру: вихревой датчик Эмис-вихрь-200 (рис.4), который является идентичным первому и не уступает по своим показателям.



Рисунок 3. Датчик давления Метран 150 TG TA.



Рисунок 4. Вихревой расходомер Эмис-Вихрь-200.

В плане использования программируемых логических контроллеров, существует ряд компаний, выпускающих аналогичный продукт. К примеру, компании «Овен», «Нефтеавтоматика», производящие отечественные контроллеры, способные заменить импортные. Имеется и ряд научно-инженерных центров, например «Инкомсистем», которые занимаются разработкой импортозамещающего оборудования, востребованного при реализации стратегических нефтегазовых проектов, представляющие контроллер «Абак ПЛК» (рис. 4), созданный специалистами центра, является российским аналогом приборов известных зарубежных компаний, таких как Siemens, Yokogawa Electric, Schneider Electric, Emerson Process Management. При этом он не уступает им в надежности, характеристиках и функциональности.

Помимо этого, существует множество компаний, которые поддерживают сотрудничество, независимо от внешней политики. Среди них есть китайские партнеры, у которых также представлен широкий спектр средств автоматизации. Их список очень велик и, к примеру, отметим одни из крупных: «Shenzhen Beilai Technology», «Zhejiang Junlin Electric Technology Co» и др. Компании специализируются на исследованиях и разработке средств автоматизации и являются одними из ведущих производителей датчиков давления, расхода, температуры.

Существует ряд китайских поставщиков, представляющие широкий ассортимент программируемых логических контроллеров, не уступающих мировым конкурентам. К таким можно отнести компании «Wecon», «Gcan», они разрабатывают и поставляют программируемые логические контроллеры для автоматизации производства. Благодаря своей гибкости, такие контроллеры способны адаптироваться под разные задачи.

Выполнив анализ, можно смело сказать, что несмотря на уход многих зарубежных компаний по производству средств автоматизации с нашего рынка, быстро возникшая проблема в плане импортозамещения средств автоматизации, уверенно решилась появлением доступных отечественных и китайских аналогов, из которых есть, что выбрать и которые станут достойной заменой импортным.

Для печи пиролиза, важным является: надежность используемого оборудования и в случае возникающих сбоев или отказов, необходима быстрая их замена или сервисное обслуживание, поэтому переход на отечественные или средства автоматизации дружественных стран, которые предоставляют гарантию и обслуживание, решит это требование и позволит повысить экономическую эффективность предприятия.

\*\*\*

1. Антонова И.И. Качество и импортозамещение / И.И.Антонова, В.Я.Белобрагин // Стандарты и качество. - 2015. - N 4. - С.68-70.
2. Аннушкин С.Л. О достижениях, сложностях и перспективах импортозамещения компонентной базы для отечественных промышленных автоматизированных систем управления (АСУ) // Информационные ресурсы России. 2015. № 6(148). С.15–19.
3. Майоров, А. В. Безопасность функционирования автоматизированных объектов / А.В. Майоров, Г.Н. Москатов, Г.П. Шибанов. - М.: Машиностроение, 2014. - 264 с.
4. Жданев О. В., Лукьянченко П. П. К вопросу импортозамещения микросхем в отраслях топливно-энергетического комплекса. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2020. № 2 (182). С. 5-9
5. Тюкавкин, Н.М. Процессы импортозамещения в промышленности России: теоретические и практические аспекты / Н.М. Тюкавкин, В.Ю. Анисимова // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). - 2023. - Т. 14, № 1. -С. 43-57.



## РАЗДЕЛ XXVII. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Куликова Е.М.

### Моделирование МПП в армирующей ткани

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-585

#### Аннотация

Метод компьютерного моделирования является важным инструментом в исследовании и оптимизации механических свойств композитных материалов. В статье описываются основные шаги построения модели, начиная от сбора данных и выбора метода моделирования, заканчивая валидацией и использованием модели для оптимизации материала.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, армирующая ткань, композитные материалы, механические свойства, методы моделирования.

#### Abstract

The computer simulation method is an important tool in the study and optimization of the mechanical properties of composite materials. The article describes the basic steps of building a model, starting from data collection and choosing a modeling method, ending with validation and using the model to optimize the material.

**Keywords:** computer modeling, reinforcing fabric, composite materials, mechanical properties, modeling methods.

У армирующих материалов, используемых в различных инженерных конструкциях, в том числе в композитных материалах, одним из важных параметров является их межнитевое поровое пространство, оказывающее значительное влияние на механические свойства конечного изделия.

Межнитевое поровое пространство (далее по тексту – МПП) – это область внутри армирующей ткани, разделенная между отдельными волокнами, которое содержит воздух или другие материалы, и его структура имеет существенное значение для механических свойств ткани в целом.

Построение компьютерной модели МПП позволяет виртуально воссоздать структуру армирующей ткани и изучить её свойства при различных условиях, что существенно сокращает время и затраты на исследования новых материалов в сравнении с традиционными экспериментальными методами. Компьютерные модели также позволяют более глубоко понять взаимодействие между различными компонентами материала и предсказать их поведение в реальных условиях эксплуатации.

Первый шаг в разработке компьютерной модели – это сбор данных о структуре и свойствах армирующей ткани. Этот шаг может включать в себя микроскопические изображения, данные о распределении волокон и поров, а также механические характеристики материала. Затем идет выбор метода моделирования: методы конечных элементов, молекулярная динамика или дискретные элементы. Выбор метода зависит от конкретных целей и особенностей исследования. На основе собранных данных создается компьютерная модель МПП, а именно создание геометрии модели, определение материальных свойств и установка граничных условий. После построения модели её необходимо валидировать, то есть проверить, насколько хорошо она соответствует реальным экспериментальным данным. После валидации модель можно использовать для исследования различных аспектов структуры и свойств армирующей ткани, а также для оптимизации дизайна новых материалов.

Процесс пропитки обрабатываемым раствором материала ткани играет ключевую роль в большинстве технологических процессов, связанных с химической обработкой текстильных и композитных материалов. Пропитка армирующей ткани составом смолы и отвердителя, учитывая высокую вязкость пропитывающего состава, является одной из сложных задач в этом контексте. В данном контексте при изготовлении композитных деталей в авиастроении, для обеспечения полноты пропитки, применяется специальная вакуумная технология.

При вакуумной технологии вручную выполняются следующие этапы: предварительная пропитка текстильного материала составом, его перенос в форму, раскатывание валиком по форме, прижимание кистью, укладка разделительной ткани, пористого материала (мешковины) и изолирующей полимерной пленки. После герметизации пленки с формой, вакуумная система создает разрежение, и материал остается для полимеризации. В этот период лишний состав переходит в специальный слой пористого материала, а вакуум удаляет избыточный состав с ткани. Тем не менее, даже с использованием современных технологий, пропитываемая структура ткани может содержать пузырьки воздуха и излишки состава. Данные неоднородности негативно влияют на монолитность и прочность композитных материалов. Наличие излишков на поверхности также может ухудшить характеристики изделий, особенно в авиастроении, что отражается на летных свойствах. Несмотря на систему допусков и запасов при конструировании, исследование возможных резервов уменьшения массы является актуальным.

В области аэрокосмической промышленности используется метод получения углерод-углеродных композитов, основанный на инфльтрации химических паров в подогреваемую заготовку из волокнистого материала, который позволяет создать матрицу в поровом пространстве материала, но экспериментальное определение оптимальных параметров процесса является сложным и дорогостоящим.

МПП заключается в получении изображений внутренней структуры образца композитного материала с помощью рентгеновской томографии и последующей компьютерной обработки изображений для вычисления геометрические и транспортные характеристики материала. Так как в процессе получения композита происходит изменение его внутренней структуры, моделирование предсказывает эволюцию пористой среды при инфльтрации.

Исследования в области моделирования структуры текстильных материалов и композитов имеют большое значение для разработки новых технологий и материалов в аэрокосмической промышленности. Методы, основанные на компьютерном моделировании и анализе внутренней структуры, позволяют снизить объем экспериментальных исследований и оптимизировать процессы производства. Эти подходы открывают новые перспективы для создания более эффективных и надежных композитных материалов, что играет важную роль в современной аэрокосмической индустрии. Из вышеизложенного следует, что изогнутый профиль плоских нитей, составляющих переплетение ткани, приводит к изменению расстояния между профилями нитей взаимноперпендикулярного направления. В продольном сечении, расстояние между профилями минимально в точках перехода нити с одной поверхности ткани на другую, а максимально - в середине этого участка.

В ходе пропитки ткани между нитями образуется слой смолы, который имеет переменную толщину, которая минимальна на краях участка и максимальна в середине участка перехода профиля нити с поверхности на поверхность. В результате межнитевые поры в трехмерном пространстве образуют сложную форму с переменным сечением, что имеет важное значение для процесса пропитки, так как форма и размер пор влияют на капиллярные процессы, определяющие объем заполняющей поры смолы. Такие условия становятся более сложными, если пропитывать не одиночный слой ткани, а пакет из нескольких слоев с разной ориентацией переплетения нитей.

Элемент МПП представляет два одинаковых компонента, ограниченных сверху поверхностью с профилем и толщиной, равной ширине нити. Снизу он ограничен горизонтальной плоскостью. Компонент сзади пристыковывается к компоненту спереди снизу



в перевернутом положении и с поворотом на 90 градусов. Форма элемента межнитевого порового пространства представлена на рис. 1.

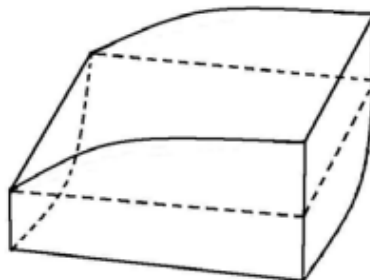


Рисунок 1. Форма элемента МПП ткани.

В заключение, данная работа описывает построение модели армирующей ткани, учитывая изогнутый профиль плоских нитей и форму межнитевых пор в трехмерном пространстве.

Построение компьютерной модели межнитевого порового пространства армирующей ткани играет важную роль в разработке новых композитных материалов с улучшенными свойствами. Этот подход позволяет инженерам и ученым более глубоко понять структуру материала и оптимизировать его свойства, что способствует развитию новых технологий в области материаловедения и инженерии.

\*\*\*

1. Бузов Б. А., Алыменкова Н. Д., Петропавловский Д. Г. Практикум по материаловедению швейного производства [Текст]. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 416 с.
2. Николаев С. Д., Мартынова А. А., Юхин С. С., Власова Н. А. Методы и средства исследования технологического процесса ткачества // Монография. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003. – 400 с.
3. Зелинг, Ш. Мода и стиль. Современная энциклопедия. «Аванта» / Ш. Зелинг. - М.: Кенеман, 2002. - 655с.: цв. ил.

## РАЗДЕЛ XXVIII. ТРАНСПОРТ

Горбенко А.А., Литвин Т.А.

### Роль транспорта в освоении труднодоступных территорий

*Государственный морской университет  
имени адмирала Ф.Ф. Ушакова  
(Россия, Новороссийск)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-586

#### **Аннотация**

В статье рассмотрены основные факторы, определяющие специфику функционирования транспорта в условиях Арктики, подчеркнута роль государства в развитии транспортной инфраструктуры. Доказано, что объективные трудности и высокие риски эксплуатации транспорта в арктических регионах обусловлены не только сложными природно-географическими условиями, но и систематическим недофинансированием транспортной отрасли в целом.

**Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, Северный морской путь, государственное регулирование.

#### **Abstract**

The article considers the main factors determining the specifics of the functioning of transport in the Arctic, emphasizes the role of the state in the development of transport infrastructure. It is proved that the objective difficulties and high risks of operating transport in the Arctic regions are due not only to difficult natural and geographical conditions, but also to the systematic underfunding of the transport industry as a whole.

**Keywords:** transport infrastructure, the Northern Sea Route, government regulation.

Роль транспорта в Арктике, помимо интеграции месторождений природных ресурсов, в частности углеводородов, в экономический оборот, заключается в формировании конкурентоспособной транспортно-коммуникационной системы на основе новейших технологий. Эта система должна соответствовать стратегическим целям развития страны и обеспечивать единство экономического пространства, способствуя социально-экономическому росту как в Арктике, так и в России в целом. Особое внимание уделяется развитию Северного морского пути как ключевой транспортной артерии, имеющей функции международного транспортного коридора и обеспечивающей поставку продукции ресурсодобывающих отраслей на внутренние и внешние рынки. Этот маршрут также играет важную роль в обеспечении жизнеспособности местного населения и выполняет другие геополитические и практические функции. Значимость других видов транспорта в развитии арктических территорий, а также обеспечении их связи с другими регионами страны, также подчеркивается. Успешность реализации транспортных проектов зависит от использования инновационных технологий и управленческих решений, согласованных с различными социально-экономическими интересами, включая интересы коренных северных народов.

Один из важных аспектов стимулирования экономического роста в стране заключается в улучшении инфраструктуры, включая развитие транспортной системы, что необходимо для эффективного функционирования различных сфер общественной жизни. Особое внимание уделяется этому аспекту в рамках международных социально-экономических взаимосвязей, где важно наличие современных транспортных коммуникаций. Решение данных задач требует комплексного подхода, включая использование различных политико-социально-экономических механизмов и разработку современной транспортной инфраструктуры.

Для России, где значительная часть территории занята малонаселенными областями Сибири, Дальнего Востока и особенно арктическими территориями, развитие транспортной системы становится одним из главных направлений современной экономической политики. За последние два десятилетия особое значение в арктической экономике приобрела деятельность по добыче минеральных ресурсов, в особенности углеводородов, в связи с обнаружением крупных месторождений на континентальном шельфе Северного Ледовитого океана. Современная стратегия освоения арктических территорий предполагает создание арктических опорных зон, которые являются объектами специального государственного управления с установленным статусом.

Этот подход позволяет объединить национальные и местные мероприятия для укрепления населения и улучшения качества жизни. Опорные зоны – это пространственные структуры, созданные для развития территории Арктики на основе природных ресурсов и крупных инфраструктурных проектов, включая модернизацию транспортной и сопутствующей инфраструктуры. Планируется создать восемь опорных зон: Кольская, Архангельская, Ненецкая, Воркутинская, Ямало-Ненецкая, Таймыро-Туруханская, Северо-Якутская и Чукотская.

Некоторые из опорных зон в восточной части Арктической зоны Российской Федерации не имеют прямого доступа к северным морям, однако благодаря выгодному географическому положению являются перспективными логистическими и промышленными центрами. Государственная политика в отношении арктических территорий направлена на создание арктического транспортного блока, проекты которого способствуют началу широкомасштабной эксплуатации Арктической зоны РФ. Одной из ключевых задач арктической транспортной системы является обеспечение связи с северными территориями страны, а также с Центральной Россией, Уралом, Сибирью, Дальним Востоком, что откроет путь для «неарктических» регионов к Мировому океану.

Среди важнейших проектов инфраструктуры в Арктической зоне России можно выделить возрождение Северного морского пути, модернизацию Мурманского транспортного узла и создание железнодорожных осей развития. В настоящее время Росатомфлот успешно обеспечивает ледокольную поддержку крупных национальных арктических проектов, включая экспорт нефти с Новопортовского месторождения. С начала эксплуатации терминала «Ворота Арктики» с 25 мая 2016 года осуществляется морская отгрузка сырой нефти с этого месторождения. Одной из проблем, с которой сталкивалось Новопортовское месторождение до недавнего времени, было отсутствие эффективной логистической схемы.

В 2012 году была протестирована «сухопутная» схема доставки, при которой более 20 тысяч тонн нефти из Новопортовского месторождения были перевезены автоцистернами на железнодорожную станцию Паюта, отстоящую на 200 км от месторождения, а затем далее до Усинского НПЗ. Однако использование железнодорожных перевозок в качестве основного способа доставки нефти стало невозможным по двум причинам: автоцистерны могли перемещаться к станции только зимой, и пропускная способность железнодорожного сообщения была сильно ограничена.

Было рассмотрено использование трубопроводного транспорта для транспортировки нефти, но специалисты компании «Газпром нефть» отклонили эту идею из-за высоких затрат на строительство нефтепровода. Вместо этого был выбран морской маршрут, который требовал прокладки нефтепровода до берега, например, к Мысу Каменному, порту Сабетта или Харасавэю, для последующей отгрузки на нефтяные танкеры. Для обеспечения эффективной и безопасной круглогодичной отгрузки нефти было найдено специальное решение. На расстоянии 3,5 км от берега был построен мощный нефтеналивной терминал «Ворота Арктики», который соединен с берегом подводным нефтепроводом. Благодаря удаленному расположению от берега и мелководью морским танкерам удается приближаться к терминалу для непосредственной загрузки.

Для развития инфраструктуры в Арктике необходимо вложить значительные средства в строительство основных объектов и реализацию крупных проектов. Это также подразумевает

инвестиции в улучшение транспортной доступности и создание сложной сети перевалок и баз. Уникальные погодные условия и сложный рельеф подчеркивают важность специализированного транспорта для исследования и освоения труднодоступных территорий. Без специального транспорта и соответствующего оборудования невозможно организовать безопасные и результативные экспедиции. Планируется существенное улучшение инфраструктуры не только в арктическом регионе, но и в других удаленных районах мира, чтобы обеспечить полное освоение этих территорий.

### **Наземный транспорт**

Во многих областях развитие наземного транспорта является значительным. Это включает Октябрьскую и Северную железные дороги, а также федеральные автодороги. Транспортная инфраструктура в Республике Коми и Ненецком Автономном округе имеет автономный характер. Однако в некоторых областях длина железнодорожных путей значительно уменьшилась. Железнодорожный транспорт, как правило, специализируется на грузоперевозках, в то время как объемы пассажирских перевозок снижаются. В настоящее время проводятся работы по нескольким проектам по развитию железнодорожной инфраструктуры.

### **Северный широтный ход**

В марте 2017 года «Газпром» и РЖД подписали соглашение о строительстве железнодорожного пути на севере Западной Сибири, включая мост через реку Обь, прокладку линии Салехард-Надым, и возведение моста в конечной точке. Этот проект является заключительным этапом для создания Северного морского пути и предполагает перевозку грузов для нефтегазовых компаний, способствуя развитию инфраструктуры Ямала и увеличению добычи сырья из Сибири.

**Автомобильный транспорт** в основном используется для пассажирских перевозок, причем большинство дорог имеют твердое покрытие, но лишь небольшая часть обладает усовершенствованным покрытием. Протяженность дорог увеличивается благодаря строительству новых дорог в Якутии и Красноярском крае. Воздушный транспорт играет важную роль в обеспечении медицинской помощи и реагировании на чрезвычайные ситуации, так как строительство наземной инфраструктуры нередко сталкивается с высокими затратами и проблемами эксплуатации.

### **Воздушный транспорт**

В период советской истории России происходило активное развитие воздушного транспорта, однако кризис 1990-х годов привел к разрушению системы воздушного сообщения. Многие аэродромы перестали быть использованы из-за сложностей с их реконструкцией и оборудованием. В настоящее время ведется работа по восстановлению аэродромов, разработке новых самолетов и строительству взлетно-посадочных полос. Несмотря на это, ситуация с воздушным транспортом в Арктике остается критической из-за высоких тарифов на его использование, что делает его недоступным для большинства жителей региона.

Северный морской путь играет важную роль в транспортной системе России в Арктике, связывая порты на европейской части страны с устьями судоходных рек Сибири и Дальнего Востока. В августе 2022 года был утвержден план развития Северного морского пути до 2035 года, в рамках которого планируется реализация более 150 мероприятий по различным направлениям развития данного маршрута. Важными компонентами плана являются строительство атомных ледоколов, включая ледокол проекта «Лидер», а также создание грузовых и снабженческих судов для обеспечения транспортировки товаров и продукции из Арктики.

Для обеспечения безопасности плавания по Северному морскому пути планируется создание арктической группировки спутников для контроля гидрометеорологических условий и радиолокационного наблюдения. Также планируется размещение подразделений МЧС в Сабетте, Диксоне, Тикси и Певеке. Для управления и развития судоходства в арктических водах будут внедрены информационные и цифровые сервисы. Развитие транспортной системы в Арктике имеет важное стратегическое значение как для этого региона, так и для всей страны.

Приоритетными задачами являются восстановление и развитие портовой инфраструктуры, ледокольного флота, системы авиасообщения и других элементов бывшего «советского наследия», утраченных в 1990-х годах.

Однако следует отметить, что стратегические планы сосредоточены на стимулировании роста экспорта сырьевых материалов и поддержке развития промышленности, что может привести к недостаточному уделению внимания развитию транспортной инфраструктуры, необходимой для удовлетворения потребностей населения. Важно найти баланс между интересами промышленности и потребностями местных жителей при реализации арктических программ.

\*\*\*

1. Митрюкова К.А. Транспортный каркас Арктической зоны Российской Федерации // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Том 13. № 5. doi: 10.18334/epp.13.5.117587.
2. Коданева С.И. Устойчивое развитие российской Арктики: основные направления, проблемы и перспективы // Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – № 2. – С. 80–100.
3. Журавель В.П. Северный морской путь: оценки и прогнозы // Научно-аналитический вестник ИЕ РАН. 2023. №2. С. 125-135. DOI: 10.15211/vestnikieran2023125135
4. Залян К.В., Картунова О.В. Перспективы развития Северного морского пути// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 10-4. С. 88-91. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-10-4-88-91 EDN: ZWNFOR

Синин Д.А.

### Цифровые инструменты управления транспортной компанией

Транспортная компания  
ООО «Покровское АТП»  
(Россия, Энгельс)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-587

#### Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы инновационных решений в транспортно-логистической отрасли, которые по мнению автора, становятся неотъемлемым элементом формирования устойчивого конкурентного преимущества. В качестве метода использовался теоретико-методологический анализ, который наиболее конкретно позволяет раскрыть обозначенную тематику. В процессе исследования автор пришел к выводу о необходимости формирования новых моделей управления для достижения эффективных результатов в процессе деятельности транспортно-логистической компании.

**Ключевые слова:** транспорт, цифровизация, ИТ, управление, менеджмент.

#### Abstract

The article discusses the current problems of innovative solutions in the transport and logistics industry, which, according to the author, become an integral element of the formation of a sustainable competitive advantage. The theoretical and methodological analysis was used as a method, which most specifically allows us to reveal the designated topic. In the course of the research, the author came to the conclusion that it is necessary to form new management models in order to achieve effective results in the process of activity of a transport and logistics company.

**Keywords:** transport, digitalization, OT, management, management.

Несмотря на импортозависимость, в целом, к 2010 г. в России складывается благоприятная ситуация для развития ИТ-технологий и высокий уровень ожидания индивидов по их применению. В тоже время по-прежнему сохранялись незавершенность нормативно-правовой базы и низкие масштабы использования информационно-коммуникативных технологий частным бизнесом и государственных корпораций, что осложняло производство инновационных конкурентоспособных продуктов и создание новых организационных

экосистем взаимодействия. Комплекс данных событий и государственных программ все больше трансформировал российское общество в формат цифровой экономики, где цифровизация постепенно охватывает все сферы коммерческих взаимодействий и создает основы конструирования новых организационных типов рыночных субъектов.

Сам термин «цифровая экономика» предполагает деятельность по производству инновационных продуктов, их последующему распределению и обмену посредством высокотехнологичных устройств, обеспечивающих быстроту и высокую ликвидность результатов.

В числе динамично внедряющихся цифровые технологии отраслей, как в России, так, собственно, и во всем мире, является транспортная логистика, где Digital – инструменты становятся неотъемлемыми элементами операционной деятельности и менеджмента. Вполне очевидно, что потребности в мобильном информационном обмене между всеми субъектами взаимодействия в отрасли, потребности в оперативном реагировании на запросы целевой аудитории, оптимизация бизнес-процессов поставок грузов, требуют активного внедрения современных технологий, формируя устойчивое конкурентное преимущество.

Процессы модернизации транспортной инфраструктуры, которые последнее время активно проводились в России, сформировали определенный фундамент, который обеспечил доминирование в грузоперевозках именно коммерческого сектора. При этом следует подчеркнуть, что в соответствии с программой «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» стратегическая цель развития отрасли, должна быть основана на всестороннем мониторинге процессов и активном внедрении инновационных технологий в деятельность всех участников коммерческих транзакций. [1]

В процессе внутреннего мониторинга, безусловно стоит учитывать политическую ситуацию, введение ограничений на передвижение людей и товаров и, как следствие, трансформацию географии грузоперевозок. В этих условиях цифровые технологии продолжают активно внедряться в сферу транспортной логистики, модернизируя основные элементы отрасли.

Таким образом, в широком смысле цифровизация транспортно-логистической отрасли рассматривается, как процесс внедрения инновационных технологий, направленных на оперативный обмен информацией, предполагающий сокращение времени на обработку партии грузов и полный переход на электронный документооборот. [2, с.87-92]

Инновационные трансформации в логистике должны обеспечить снижение издержек, обеспечение быстрого доступа к информации о клиентах, перевозчиках и продуктах компании.

В более узком смысле, предстоит большая работа по реализации программ внедрения инновационных решений, который предполагает систему взаимосвязанных мероприятий, а именно:

- полную автоматизацию ручного труда;
- дальнейшее развитие корпоративных сайтов и маркетплейсов;
- онлайн-сервисы и мобильные приложения для секторов B2B и B2C;
- сервисы для коммерческих коллабораций и формирование экосистем.

Главными результатами процессов цифровой модернизации отрасли должны стать:

- тщательно продуманная стратегия;
- увеличение клиентского портфеля;
- расширение географических границ;
- высокая ценность продукта для конечного потребителя;
- отличное качество клиентского сервиса

Следует подчеркнуть, что использование цифровых технологий для транспортных компаний крайне важно для обеспечения выполнения заказа от крупных ритейлеров, которые предъявляют особые требования под каждого конкретного клиента. Отметим, что на транспортно-логистический рынок активно внедряются, новые игроки, у которых именно цифровые технологии становятся ключевым преимуществом и есть риски, что если у средней

компании ограничены ресурсы на инновационные преобразования, то в течении нескольких лет они могут утратить свои позиции в сегменте. [3, с.356-360]

Важными факторами внедрения технологий, компаниями, которые стремятся к лидерским позициям, являются не только экономические, но отчасти, и социально-психологические, а именно:

- внутреннее осознание команды о необходимости провести изменения;
- ментальная готовность к инвестициям в трансформацию бизнес-процессов;
- затраты на профессиональное обучение руководителей и специалистов;
- «покупка» топ –менеджмента
- внедрение технологий изучения потребности клиента и конкурентный анализ;
- психологическая уверенность в увеличении размера компании и ее доли на рынке.

Иными словами, речь идет о формировании принципиально новых моделей управления, предполагающий наряду с традиционными затратами, инвестиции в кадры и высоколиквидные проекты, а также отказ от устаревших технологий, которые только развивают низкую производительность труда, а, следовательно, снижают уровень конкурентоспособности.

Новая модель управления должна способствовать переходу от экстенсивных форм развития к интенсивному формату, в основе которого должны лежать цифровые технологии, что будет способствовать повышению скорости и качества услуг, ускорению процесса документооборота, финансовых расчетов, найма персонала, и как результат, формирование устойчивого конкурентного преимущества.

К числу ключевых факторов цифровизации можно отнести:

- развитие информационно-цифровых платформ;
- использование технологий искусственного интеллекта
- внедрение цифровых технологий в бизнес- процессы транспортно-складского оборудования.

Таким образом, цифровая трансформация транспортно-логистической компании, является стратегически управленческой задачей, предполагающей, предполагающей внедрение инновационных решений, что позволяет эффективно выполнять взятые обязательства по срокам, качеству транспортировки и хранения.

\*\*\*

1. Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р (ред. от 12.05.2018) «О Транспортной стратегии Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_82617](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82617) (дата обращения: 01.03.2024).
2. Аكوпова, Е. С., Пиливанова, Е. К., Самыгин, С. И. Мировая транспортно-логистическая инфраструктура: цифровая трансформация 2020 года // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. - 2021. - № 1. - С. 87-92. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2021-1-1-87-92>
3. Горишняя, А. А. Моделирование стоимости деловой репутации транспортных компаний в условиях цифровизации экономики // Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию: сборник научных трудов. - 2020. - № 2. - С. 356-360.

## РАЗДЕЛ XXVIII. ЭНЕРГЕТИКА

Арчекова А.А.

## Роль очистных сооружений на НПЗ

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-588

**Аннотация**

Статья рассматривает ключевые аспекты разработки и эксплуатации очистных сооружений. Обсуждаются необходимость таких сооружений, основные этапы проектирования, а также важность эксплуатации и обслуживания для обеспечения эффективной работы и соблюдения экологических стандартов.

**Ключевые слова:** нефтеперерабатывающие заводы, очистные сооружения, проектирование, эксплуатация, экологическая защита, технологии очистки, мониторинг, обслуживание, устойчивое развитие.

**Abstract**

The article examines the key aspects of the development and operation of wastewater treatment plants. The necessity of such facilities, the main stages of design, as well as the importance of operation and maintenance to ensure efficient operation and compliance with environmental standards are discussed.

**Keywords:** refineries, sewage treatment plants, design, operation, environmental protection, purification technologies, monitoring, maintenance, sustainable development.

Разработка и эксплуатация очистных сооружений становятся необходимыми процессами, чтобы минимизировать негативное воздействие нефтеперерабатывающей промышленности на окружающую среду.

Нефтеперерабатывающие заводы обрабатывают сырую нефть для производства различных нефтепродуктов, таких как бензин, дизельное топливо, мазут, и другие. В процессе переработки нефти образуются разнообразные отходы, включая загрязненные воды, газы, и твердые отходы, которые содержат токсичные вещества, наносящие серьезный ущерб окружающей среде и человеческому здоровью.

Очистные сооружения необходимы для обработки и очистки сточных вод, а также для снижения выбросов в атмосферу. Они помогают уменьшить загрязнение водных и воздушных ресурсов, что способствует поддержанию экологического баланса.

Проектирование очистных сооружений для нефтеперерабатывающих заводов требует комплексного подхода, учитывающего специфику производственных процессов, объемы обрабатываемых веществ, а также законодательные требования в области защиты окружающей среды. Первоначальный этап включает в себя анализ всех этапов производства, чтобы определить основные источники загрязнения и их характеристики. На основе анализа выбираются наиболее подходящие технологии очистки для удаления загрязняющих веществ из сточных вод и газовых выбросов.

Разрабатываются инженерные решения для построения сооружений, включая системы очистки воды, а также системы очистки и рециркуляции газов. Важно учитывать экологические факторы и нормативные требования при проектировании, чтобы обеспечить соответствие законодательству и максимальную эффективность очистных сооружений.

После построения очистные сооружения требуют регулярного обслуживания и технического контроля, чтобы гарантировать их эффективную работу и соответствие стандартам качества. Но одним из важных аспектов эффективности является обеспечение



обильного использования очищенной воды. Нефтехимическая отрасль, как один из крупнейших потребителей водных ресурсов в промышленности, находится под пристальным вниманием экологических организаций.

Следует отметить, что сточные воды, выделяемые нефтеперерабатывающими заводами, существенно различаются по составу и степени загрязненности. Характеристики этих стоков зависят от многих факторов, включая качество перерабатываемой нефти и ассортимент производимых нефтепродуктов. Обычно сточные воды НПЗ содержат или могут содержать в себе различные вещества, такие как масло и нефтепродукты, парафины, сульфаты, жирные кислоты, поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенол, карбамид, циклические органические углеводороды, аммонийные ионы и другие. Для оценки количества нефтепродуктов, проникающих в сточные воды, обычно принимают долю в 2% от общего количества сырьевой нефти. Однако в некоторых случаях этот показатель может быть значительно выше. Сложности в удалении нефтепродуктов из сточных вод связаны с особенностями эмульгированной нефти, особенно в случаях, когда присутствует стойкая нефтяная эмульсия.

При разработке проектов очистных сооружений для нефтеперерабатывающих заводов, обычно первым этапом предусматривается установка нефтеловушки (нефтеуловителя) в качестве первичной стадии очистки сточных вод. Экспериментальные исследования и визуальные наблюдения подтверждают целесообразность применения нефтесепараторов или коалесцентных полочных сепараторов (см. таблицу 1) для эффективной очистки больших объемов сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Таблица 1

*Эффективность очистки сточных вод ФНПЗ полочными сепараторами.*

Загрязнитель сточных вод	После очистки ФНПЗ (мг/л)	После очистки на аэротенках (мг/л)	После очистки полочными сепараторами (мг/л)	ПДК для водоемов (мг/л)
нефтепродукты	5	3	1,2	до 0,05
фенол	1,5	1,1	0,8	до 0,01
хлориды	500	200	150	до 300
сульфаты	146	124	108	до 100
взвешенные вещества	8	3	1,0	–
ХПК	30	24	18	до 15
БПК <sub>5</sub>	20	12	5	до 3
аммонийный азот	10	5	3	до 0,39

Работа таких устройств основана на использовании силы тяжести и разницы в плотности между водой и загрязняющими веществами. Нефтепродукты поднимаются на поверхность воды и собираются с помощью скрубберов, в то время как более тяжелые частицы осаждаются и удаляются с помощью скребков и шламовых насосов. Применение коалесцентных сепараторов дополнительно улучшает процесс отделения нефтепродуктов от воды, так как они обеспечивают увеличение размера капелек нефти, что делает процесс очистки более эффективным.

На нефтеперерабатывающих заводах, а также в нефтехимической отрасли, неотъемлемой частью производственных процессов стала потребность в увеличении эффективности. Эффективность функционирования таких заводов напрямую связана с использованием значительных объемов очищенной воды.

Одним из методов, используемых для удаления растворенных нефтепродуктов и взвешенных веществ из сточных вод, является процесс флотации. В ходе этого процесса в сточную воду под давлением вводится воздух, что создает мельчайшие пузырьки. Эти пузырьки всплывают вверх, унося с собой частицы загрязнений. На поверхности специальной камеры флотации эти пузырьки образуют слой флотошлама, который затем собирается при помощи скребков. Тяжелые частицы оседают в донном бункере и могут быть легко удалены. Затем осветленная вода поступает на дальнейшие этапы очистки. Для повышения эффективности процесса флотации, предлагается использование коагулянтов и полимерных флокулянтов. Это особенно важно в случаях, когда эмульгированные нефтепродукты могут

разрушаться под воздействием различных факторов. Коагулянты и флокулянты помогают улучшить процесс образования флокулянтов и более эффективно удалять загрязнения из сточных вод.

Также известна аэробная обработка сточных вод. В этом процессе вода насыщается воздухом для улучшения очистки стоков. Рекомендуется использовать аэробный реактор (аэротенк) совместно с вторичным осветлителем для дополнительной очистки воды. Это также способствует возвращению части активного ила в систему, что увеличивает время пребывания ила и позволяет бактериям лучше адаптироваться к питательным веществам.

Введение систем оборотного водоснабжения снижает потребление воды на предприятии и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду. Мембранная очистка становится все более популярным методом для достижения высокого уровня очистки сточных вод при сравнительно низком энергопотреблении. Она также позволяет повторно использовать очищенную воду в производственных процессах. Применение биофильтров и обратной осмоса также является эффективными методами для очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. Внедрение современных методов обработки сточных вод на нефтеперерабатывающих заводах имеет важное значение как с экологической, так и с экономической точки зрения, которые помогут сократить негативное воздействие на окружающую среду, соблюсти экологические нормативы и уменьшить издержки предприятий. Это также способствует устойчивому и ответственному ведению бизнеса в нефтепереработке и нефтехимии, что является важным аспектом в современном мире.

Разработка и эксплуатация очистных сооружений для нефтеперерабатывающих заводов являются важным шагом в направлении минимизации негативного воздействия промышленности на окружающую среду. Эффективное управление отходами и выбросами способствует созданию более устойчивой и экологически чистой промышленной среды, что является ключевым для обеспечения устойчивого развития и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

\*\*\*

1. Браго Е.Н., Ермолкин О.В., Гавшин М.А. Новые технологии и информационно-измерительные системы контроля нефтегазодобычи // Тр. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2009. – № 1. – С. 92–104.
2. Ермолкин О.В., Храбров И.Ю. Система контроля расходных параметров потока продукции нефтяных скважин «Поток-3М» // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – № 4. – С. 19–24.

**Асанбекова Х.У.**

**Исследование локальных параметров теплообмена для повышения комфорта и эффективности**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-589

**Аннотация**

Данная статья рассматривает значимость локальных значений параметров теплообмена на внутренних поверхностях ограждений зданий для обеспечения энергоэффективности и комфортного микроклимата внутри помещений. Обсуждаются факторы, влияющие на локальные значения теплообмена, такие как геометрия поверхности, материалы, температурные градиенты и скорость воздушного потока.

**Ключевые слова:** теплообмен, локальные значения, ограждения зданий, энергоэффективность, коэффициент теплоотдачи, теплопроводность материалов.

**Abstract**

This article examines the importance of local values of heat transfer parameters on the inner surfaces of building fences to ensure energy efficiency and a comfortable indoor microclimate. The

factors influencing the local values of heat transfer, such as surface geometry, materials, temperature gradients and air flow velocity, are discussed.

**Keywords:** heat transfer, local values, building fences, energy efficiency, heat transfer coefficient, thermal conductivity of materials.

Локальные значения параметров теплообмена относятся к характеристикам теплопередачи на конкретных участках поверхности ограждений здания, которые могут варьироваться в зависимости от множества факторов, включая геометрию поверхности, материал, температурные градиенты и скорость воздушного потока внутри помещения. Изучение локальных значений параметров теплообмена помогает инженерам и дизайнерам оптимизировать системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также повышает энергоэффективность зданий.

Теплообмен – это фундаментальный процесс, который определяет комфорт и энергоэффективность зданий. В последние годы инженеры и архитекторы все больше обращают внимание на локальные параметры теплообмена, поскольку они имеют критическую роль в создании оптимальных условий внутри помещений. Исследование этих параметров становится ключом к повышению комфорта жильцов и снижению затрат на энергию.

Одним из важных параметров теплообмена является коэффициент теплоотдачи (или теплопередачи) ( $U$ ), который определяет количество тепла, передаваемого через единицу поверхности при определенной разнице температур. Локальные значения  $U$  могут существенно отличаться на различных частях поверхности ограждения, что может быть обусловлено, например, наличием структурных элементов, препятствующих свободному потоку воздуха.

Еще одним важным параметром является коэффициент теплопроводности материала ( $k$ ), который определяет способность материала проводить тепло. Внутренние стены и потолки могут иметь разные материалы и толщины, что приводит к различным локальным значениям  $k$  на поверхности. Факторы, влияющие на локальные значения параметров теплообмена:

- Неровности, выступы и пустоты на поверхности могут изменять характер теплообмена, создавая локальные различия в теплопередаче.
- Различные материалы имеют разные теплофизические характеристики, что влияет на локальные значения параметров теплообмена.
- Разница в температуре между внутренним и внешним окружением здания также влияет на теплопередачу через ограждения.
- Внутренние конвекционные потоки воздуха могут изменять локальные значения теплообмена на внутренних поверхностях.

Ограждения выполняют не только функцию защиты от внешних факторов, но и влияют на параметры микроклимата внутри помещений, что особенно важно в условиях изменяющихся требований к теплоизоляции ограждений, что делает исследование процессов теплообмена на их поверхностях актуальным и научно значимым.

Температура поверхности является одним из важнейших локальных параметров, влияющих на теплообмен. Высокие или низкие значения температуры поверхности могут вызывать дискомфорт для пользователей и приводить к неэффективному распределению тепла или холода.

Скорость воздушного потока влияет на эффективность теплообмена в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Локальные колебания скорости потока могут приводить к неравномерному распределению тепла или холода, что может снизить комфорт и эффективность системы.

Влажность, особенно в условиях кондиционирования воздуха. Локальные изменения влажности могут повлиять на ощущение комфорта и эффективность систем управления климатом, так как влажный воздух может ощущаться более жарким или холодным, чем сухой воздух при одной и той же температуре.

В разработанных моделях учитывается сопряженность различных видов переноса теплоты в ограждениях и внутри помещений, а также влияние типа отопительного прибора.

Модели учитывают конструктивную неоднородность ограждений и наличие световых проемов. Программы расчета также включают блоки для учета радиационного теплообмена между поверхностями внутри помещения, оконными стеклами и окружающей средой.

Математическое моделирование широко применяется для анализа теплообмена в ограждениях и определения энергопотребления зданий, что позволяет исследователям оценивать эффективность различных систем отопления и вентиляции, а также проводить энергоаудит существующих зданий.

Согласно законам теплового излучения, уменьшение температуры поверхности остекления обычно должно привести к увеличению радиационного теплообмена на поверхность стекла по сравнению с поверхностью деревянных элементов. Но это не всегда так из-за различий в коэффициентах поглощения материалов. Например, остекление с селективным покрытием имеет низкий коэффициент поглощения (0,1), что значительно меньше, чем у деревянных элементов, что приводит к тому, что удельный радиационный поток, поглощаемый стеклянной поверхностью, оказывается ниже по сравнению с деревянными элементами.

Одним из практических примеров применения исследований локальных параметров теплообмена является разработка инновационных оконных конструкций. Инженеры и архитекторы стремятся создать окна с улучшенными теплоизоляционными характеристиками, используя новые материалы и технологии. Исследования локальных параметров позволяют оптимизировать конструкцию оконных рам и выбрать подходящие материалы, что приводит к снижению теплопотерь и повышению комфорта внутри помещений.

Другим примером может быть анализ распределения тепла внутри многоэтажных зданий. Исследования локальных параметров теплообмена помогают оптимизировать системы отопления и вентиляции, учитывая особенности тепловых потоков в различных зонах здания. Это позволяет снизить энергопотребление и обеспечить равномерное распределение тепла по всему зданию.

С появлением новых технологий и методов анализа, исследования локальных параметров теплообмена становятся более точными и эффективными. Применение компьютерного моделирования и численных методов позволяет предсказывать тепловые потоки с высокой точностью и оптимизировать проектируемые системы.

Локальные значения параметров теплообмена на внутренних поверхностях ограждений играют важную роль в обеспечении энергоэффективности и комфортного микроклимата в зданиях. Изучение этих значений позволяет разработчикам зданий и инженерам HVAC создавать более эффективные системы отопления и вентиляции, а также оптимизировать энергопотребление. Понимание локальных параметров теплообмена является ключевым элементом в стремлении к более устойчивой и энергоэффективной застройке.

\*\*\*

1. Ананьев А.И. Комплексный подход к созданию энергоэкономичных отапливаемых зданий. Сб. докл. 5 научно-практической конференции «Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях» Москва, 2000. 59-69с.
2. Александровский С.В. Прикладные методы теории теплопроводности и влагопроводности бетона.-М.: Компания Спутник, 2001.-186 с.
3. Крылов, Ю. А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод / Ю.А. Крылов, А.С. Карандаев, В.Н. Медведев. - М.: Лань, 2013. - 176 с.

**Асанбекова Х.У.**

**Роль газоиспользующих теплогенераторов в устойчивом теплоснабжении**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-590

#### **Аннотация**

Данная статья обсуждает значимость и потенциал газоиспользующих теплогенераторов в контексте индивидуального и децентрализованного теплоснабжения. Рассматриваются

преимущества этих технологий, новые тенденции и перспективы их применения для повышения эффективности и устойчивости систем теплоснабжения.

**Ключевые слова:** газоиспользующие теплогенераторы, индивидуальное теплоснабжение, децентрализованное теплоснабжение, энергоэффективность, устойчивость

### Abstract

This article discusses the importance and potential of gas-using heat generators in the context of individual and decentralized heat supply. The advantages of these technologies, new trends and prospects for their application to improve the efficiency and stability of heat supply systems are considered.

**Keywords:** gas-using heat generators, individual heat supply, decentralized heat supply, energy efficiency, sustainability

Газоиспользующие теплогенераторы представляют собой важное звено в обеспечении энергетических потребностей различных секторов.

Газоиспользующие теплогенераторы – это системы, которые используют газ, как природный газ или сжиженный газ (пропан, бутан), в качестве основного топлива для производства тепла. Они часто используются для обогрева помещений, подогрева воды, а также для производства пара и электроэнергии. Их преимущества включают в себя:

1. Газ, как относительно доступное топливо, обеспечивает более низкие эксплуатационные расходы по сравнению с альтернативными источниками энергии.
2. Современные технологии позволяют газоиспользующим теплогенераторам работать с высокой эффективностью и минимальным воздействием на окружающую среду.
3. Газовые системы могут быть легко адаптированы к различным потребностям, начиная от индивидуальных домов до крупных промышленных комплексов.

Современные технологии позволяют осуществлять дистанционное управление и мониторинг работы газоиспользующих теплогенераторов, что повышает эффективность и обеспечивает оперативное реагирование на изменяющиеся условия.

Процесс начинается с подачи газа в систему теплогенератора. Газ может поступать из газопроводов или хранилищ, в случае использования сжиженного газа. Газ смешивается с воздухом в определенных пропорциях. Этот процесс контролируется с использованием специальных клапанов и датчиков для обеспечения оптимального соотношения газа, и воздуха.

После смешивания газа с воздухом происходит инициирование горения с помощью зажигальных систем, которые создают искру или факел, запускающий горение газа. Пламя, образующееся в результате горения газа и воздуха, передает тепловую энергию теплоносителю, такому как воздух или вода, циркулирующему через систему. Теплоноситель, нагретый в результате горения, передает тепло окружающей среде или используется для нагрева воды, которая может использоваться для обогрева помещений или подачи горячей воды. В процессе работы газоиспользующих теплогенераторов используются системы контроля и регулирования, которые следят за температурой, давлением и другими параметрами, чтобы обеспечить оптимальную производительность и безопасность.

Существует разнообразие газового оборудования для отопления, и оно различается по мощности, эффективности и стоимости, подходя к работе в разных климатических условиях.

Все больше потребителей оказывает интерес к установке оборудования для теплоснабжения непосредственно на объекте, с целью снижения затрат на теплоснабжение и увеличения эффективности системы. Выбор между централизованным и децентрализованным теплоснабжением зависит от множества факторов, и комплексный подход с учетом интересов потребителей, климатических условий и региональных особенностей развития систем теплогазоснабжения играет важную роль в этом процессе.



Надежность сетей газораспределения, к которым подключается оборудование абонентов, также оказывает существенное влияние на стабильность и безопасность работы газоиспользующего оборудования. Современные газовые системы обеспечивают высокую эффективность при низких выбросах вредных компонентов в окружающую среду. Экономическая составляющая также является важным аспектом, и затраты на оборудование котельных, работающих на газе, могут быть сравнимы с подключением к существующим тепловым сетям. Важно отметить, что при соблюдении всех требований к эксплуатации и проектированию инженерных систем, можно обеспечить безопасные и эффективные условия использования газа в быту.

Использование газовых теплогенераторов для теплоснабжения жилых и общественных зданий может представляться разнообразными формами, включая централизованные и децентрализованные системы. Коэффициент полезного действия (далее – КПД) играет немало важную роль при выборе и обосновании тарифов на теплоснабжение. КПД различается в зависимости от типа и режима работы оборудования, и его влияние на экономические аспекты.

Для теплогенераторов с открытой камерой сгорания важно обеспечить воздухообмен в помещениях, где они установлены, чтобы теплота не терялась в атмосфере, а утилизировалась при сжигании газа. Расчет воздухообмена для таких устройств должен базироваться на воздушно-тепловом балансе помещения. Поэтому рекомендуется разрабатывать стандартные решения для помещений, включая объем, высоту, естественную вентиляцию и требования к отводу продуктов сгорания, в зависимости от тепловой мощности газового оборудования.

Теплогенераторы с закрытой камерой сгорания отличаются высокой безопасностью и могут устанавливаться в многоквартирных зданиях, включая более 5 этажей. При проектировании систем газораспределения и расхода газа для таких устройств рекомендуется учитывать КПД не выше 0,8–0,85% при расчете эффективности и окупаемости.

Газоиспользующие теплогенераторы представляют собой неотъемлемую часть современных систем теплоснабжения. С постоянным развитием технологий и внедрением инноваций, газоиспользующие теплогенераторы продолжают оставаться важным элементом современной энергетики, способствуя экономическому развитию и экологической устойчивости.

Одним из таких направлений является разработка новых конструкций, способных обеспечить более эффективное сгорание газа, а также повысить теплопередачу. Интеграция современных систем управления позволяет оптимизировать процесс работы теплогенераторов, адаптируя его к текущим энергетическим потребностям и условиям окружающей среды. Также умные системы позволяют оптимизировать потребление энергии, а также осуществлять дистанционное управление и мониторинг работы оборудования, что способствует не только повышению эффективности, но и снижению затрат на теплоснабжение.

Улучшенные конструкции теплообменников позволяют повысить эффективность теплогенераторов, а системы очистки газов снижают вредные выбросы и улучшают экологические показатели.

Газоиспользующие теплогенераторы могут быть интегрированы в системы когенерации, что позволяет одновременно производить тепло и электроэнергию, повышая общую энергоэффективность системы.

Также вместо централизованных энергосистем, основанных на крупных энергоустановках, все большее значение приобретают малые и средние тепловые источники, включая газоиспользующие теплогенераторы. Децентрализованные системы позволяют повысить надежность теплоснабжения, снизить потери тепла в трубопроводах и уменьшить нагрузку на центральные энергообъекты.

Использование газового топлива в различных сферах, как бытовой, так и промышленной, становится все более важным в контексте совершенствования систем теплоснабжения в городах и населенных пунктах. Внимание в данном исследовании уделяется анализу теплогенераторов, которые функционируют на газовом топливе. Интерес к

использованию газа как топлива в быту, включая отопление, растет в связи с увеличивающимися потребительскими требованиями.

\*\*\*

1. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Теплоснабжение малоэтажного многоквартирного жилого дома от газовой котельной для условий города Перми [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19712>
2. Выбор эффективных систем газораспределения / Ю.А. Табунщиков, Д.В. Коптев, В.А. Жила, А.К. Ключко, Е.Б. Соловьева // Вестник МГСУ. – 2011. – № 8. – С. 222–229.
3. Беляев И.А. Оценка экономической целесообразности перехода на автономные источники тепла на территории Пермского края // Современные технологии в строительстве. Теория и практика: материалы XI Всерос. молодеж. конф. аспирантов, молодых ученых студентов (27–29 марта 2019). – Ч. 1. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та 2019. – С. 356–365. URL: <http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=&s=557>

**Асанбекова Х.У.**

**ТОЭ в малой энергетике**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-591

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает применение твердооксидных топливных элементов (ТОЭ) в малой энергетике как перспективное решение для обеспечения эффективной и экологически чистой генерации энергии. Обсуждаются основные преимущества ТОЭ, а также вызовы, с которыми сталкивается их внедрение.

**Ключевые слова:** твердооксидные топливные элементы, малая энергетика, эффективность, экологическая чистота, гибкость применения, вызовы, устойчивая энергетическая система.

#### **Abstract**

This article considers the use of solid oxide fuel cells (TOE) in small-scale energy as a promising solution to ensure efficient and environmentally friendly energy generation. The main advantages of TOE are discussed, as well as the challenges faced by their implementation.

**Keywords:** solid oxide fuel cells, small energy, efficiency, environmental friendliness, flexibility of application, challenges, sustainable energy system.

Малая энергетика охватывает широкий спектр приложений, начиная от отдельных домов и предприятий до малых островных территорий, что делает эту область особенно важной для внедрения новых технологий. Твердооксидные топливные элементы (ТОЭ) – это электрохимические устройства, которые конвертируют химическую энергию прямо в электрическую энергию с высокой эффективностью, состоящие из твердых электролитов, анодов и катодов, и могут работать на различных видах топлива, включая водород, метан, пропан, и даже биогазы, что делает их универсальными и многофункциональными.

Одним из ключевых преимуществ твердооксидных топливных элементов является их высокая эффективность. По сравнению с традиционными методами генерации энергии, такими как сжигание угля или газа, ТОЭ обладают значительно более высоким КПД. Это делает их более экономически привлекательными на длительный срок, особенно в условиях, где энергетические затраты играют решающую роль. Еще одним важным аспектом использования ТОЭ в малой энергетике является их экологическая чистота. При работе ТОЭ не выделяются в атмосферу вредные выбросы, такие как диоксид серы или азота, что существенно снижает экологическую нагрузку, что особенно важно в условиях растущего осознания проблем изменения климата и необходимости перехода к более устойчивым источникам энергии. Работа

ТОЭ характеризуется низким уровнем выбросов вредных веществ, что способствует снижению экологического воздействия и соответствует требованиям по охране окружающей среды.

Твердооксидные топливные элементы также обладают высокой гибкостью применения. Они могут использоваться как для генерации электроэнергии, так и для производства тепла и холода, что делает их идеальным решением для различных задач в малой энергетике, включая электроснабжение отдаленных районов, резервное энергоснабжение и даже транспортные средства. Однако, несмотря на все преимущества, применение ТОЭ в малой энергетике сталкивается с некоторыми вызовами, такими как высокие начальные инвестиционные затраты и необходимость развития инфраструктуры для поддержки новых технологий. Тем не менее, с развитием технологий производства и увеличением масштабов производства, можно ожидать снижения стоимости и повышения доступности ТОЭ для широкого круга потребителей. Понятие «малая энергетика» охватывает электростанции с мощностью до 30 МВт и агрегатной мощностью до 10 МВт. Генераторные установки в этой области отличаются компактностью и подвижностью.

В зависимости от используемого топлива и электролита можно выделить разные типы ТЭ, но наиболее перспективными с точки зрения экологической и энергетической безопасности являются твердооксидные топливные элементы. Такие топливные элементы обладают двухфазной системой (с твердой фазой и газовой), что делает систему более простой и экономичной по сравнению с другими типами ТЭ. Важно отметить, что в твердооксидных ТЭ нет необходимости в использовании платиновых металлов, а в качестве электролитов обычно используются оксиды иттрия или циркония, что позволяет использовать менее чистый водород и различные виды топлива, такие как метан, метанол, этанол и биогаз. SOFC являются высокотемпературными ТЭ с рабочей температурой в диапазоне 900-1000 градусов Цельсия, что позволяет производить технический пар и проводить реформирование углеводородов внутри установки. Средний КПД твердооксидных ТЭ составляет около 50%. Если их совместить с газотурбинной установкой, то КПД может превысить 70%. Среди основных преимуществ следует выделить высокий коэффициент полезного действия, модульность (возможность увеличения мощности установки без изменения КПД) и благоприятные экологические характеристики. В то время как основными недостатками данной технологии являются высокая стоимость энергетических установок (обычно окупаемость установки наступает через 3-5 лет) и необходимость обеспечения доступа к топливу.

Системы, основанные на ТЭ типа ТОЭ, активно применяются в малой энергетике для решения следующих задач: обеспечение электроснабжения в отдаленных районах жилищно-коммунального сектора; повышение энергетической безопасности потребителей; обеспечение электроснабжения промышленных предприятий; электропитание различных транспортных средств, специализированной техники и жилых домов.

Технология твердооксидных топливных элементов находит широкое применение в различных областях, представляя собой современное и перспективное решение для генерации электроэнергии и обеспечения энергетической безопасности. Важнейшие направления использования этой технологии включают следующее:

1. Множество компаний разрабатывают и производят генераторные установки с применением технологии. Мощность этих установок варьируется от 10 кВт до 1 МВт, что делает их идеальным выбором для крупных стационарных энергетических систем;
2. Энергоснабжение отдаленных регионов;
3. Энергетическая безопасность потребителей: Компания Bloom Energy Corporation разработала модульную генераторную установку Bloom Box Energy Server, каждый модуль которой вырабатывает 100 кВт мощности с КПД 55%. Эта система нашла применение у крупнейших операторов центров хранения информации и обеспечивает энергетическую надежность;



4. В странах с развитой атомной энергетикой установки используются как пассивные системы защиты атомных энергоблоков, что способствует безопасности атомных установок;
5. Могут быть задействованы в качестве резервных источников электроэнергии для обеспечения непрерывного электроснабжения в случае аварийного отключения сети или в отдаленных районах без стабильного электропитания;
6. Электропитание транспортных средств;
7. В малой энергетике, системы применяются для обеспечения электроснабжения жилых домов. Например, компания FCO Power Inc разработала компактную систему электропитания, которая имеет толщину всего 3 см и вырабатывает 700 Вт мощности.

С использованием твердооксидных топливных элементов в малой энергетике решаются задачи локального энергоснабжения объектов различных типов, увеличения надежности энергосистемы и соблюдения экологических требований. Эта технология демонстрирует свой потенциал в решении актуальных проблем энергетической отрасли.

Твердооксидные топливные элементы (ТОЭ) представляют собой перспективную технологию для применения в малой энергетике. Они основаны на электрохимическом принципе преобразования топлива напрямую в электрическую энергию с высоким КПД и низкими эмиссиями вредных веществ, а также способны эффективно решать проблемы энергетической безопасности, экологии и доступности энергии для всех слоев населения.

\*\*\*

1. Ананьев А.И. Комплексный подход к созданию энергоэкономичных отопляемых зданий. Сб. докл. 5 научно-практической конференций «Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях» Москва, 2000. 59-69с.
2. Александровский С.В. Прикладные методы теории теплопроводности и влагопроводности бетона.-М.: Компания Спутник, 2001.-186 с.
3. Крылов, Ю. А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод / Ю.А. Крылов, А.С. Карандаев, В.Н. Медведев. - М.: Лань, 2013. - 176 с.

**Беспалых В.В.**

**Особенности повышения маневренности на паротурбинных тепловых электростанциях**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-592*

#### **Аннотация**

В статье рассмотрены особенности маневренности паротурбинного энергоблока на тепловых электростанциях, произведен анализ способов повышения маневренности паротурбинных установок, а также изучены передовые технологии и алгоритмы, необходимые для последующего повышения эксплуатационной гибкости и эффективности работы тепловых электрических станций.

**Ключевые слова:** тепловые электростанции, паротурбинные установки, энергетический блок, маневренность, повышение маневренности

#### **Abstract**

The article considers the peculiarities of maneuverability of steam turbine power plant at thermal power plants, the ways of increasing the maneuverability of steam turbine plants, and the best technologies and algorithms necessary for further improvement of operational flexibility and efficiency of thermal power plants are studied.

**Keywords:** thermal power plants, steam turbine plants, power plant, maneuverability, maneuverability improvement.

Маневренность паротурбинного энергетического блока оказывает существенное влияние на эффективность эксплуатации тепловой электростанции (ТЭС). В настоящее время неуклонное возрастание колебаний суточных и недельных графиков электрической нагрузки, а также постоянное наращивание мощностей энергопотребляющих предприятий становится причиной появления проблемы повышения маневренности на паротурбинных тепловых электрических станциях.

Маневренность паротурбинной установки (ПТУ) представляет собой возможность быстрого изменения ее электрической нагрузки. Повышение маневренности обеспечивает оперативное регулирование мощности энергетического блока в соответствии с требуемой выработкой электрической энергии и изменениями нагрузки в сети.

На маневренность паротурбинной установки оказывают влияние многие факторы, а также конструктивные особенности паровой турбины, вспомогательных систем и механизмов управления, различные эксплуатационные показатели работы энергетического блока.

Повышение маневренности паротурбинных энергоблоков на ТЭС России является актуальной проблемой по многим причинам, в том числе по экономическим соображениям.

На колебания потребляемой электрической энергии влияют различные факторы, такие как погодные условия, изменение спроса на количество потребляемой энергии у промышленных потребителей и жилого сектора. Невозможность быстрого отклика энергетической установки на изменения электрической нагрузки в сети может стать причиной аварийного дисбаланса распределения энергии в энергосистеме.

Кроме того, повышение маневренности также может повысить общую эффективность работы ТЭС, которым часто приходится работать с частичными нагрузками, особенно в периоды низкого спроса на электроэнергию. Работа на такой нагрузке менее эффективна в сравнении с работой при полной нагрузке. Особенности повышения маневренных характеристик на тепловых электростанциях рассмотрены на примере паротурбинной установки К-200 Сургутской ГРЭС-1.

Принципиальная схема энергетического блока К-200 Сургутской ГРЭС-1 приведена на рисунке 1. В конструктивном отношении паровая турбина К-200 представлена цилиндрами высокого (ЦВД), среднего (ЦСД) и низкого давления (ЦНД).

Перегретый пар поступает в проточную часть ЦВД, в котором осуществляется процесс его расширения. В процессе расширения совершается полезная работа, затрачиваемая на привод электрогенератора. После расширения в цилиндре высокого давления водяной пар отводится на вторичный перегрев в паровой котел. Вторично перегретый пар направляется в ЦСД турбины. Пар, отработавший в цилиндрах среднего и низкого давления турбины, отводится в конденсатор.

Процесс нагрева турбинного конденсата осуществляется в регенеративных подогревателях низкого давления (ПНД), питаемых отборным паром из турбины. После деаэрата поток питательной воды проходит через регенеративные подогреватели высокого давления и далее поступает в паровой энергетический котел.

Проведен анализ следующих способов повышения маневренности паротурбинного энергоблока на ТЭС [11]:

- регулирование расхода пара, подаваемого на турбину, при изменении электрической нагрузки. Качественное регулирование расхода пара достигается применением усовершенствованных систем управления и клапанов с быстрым откликом;

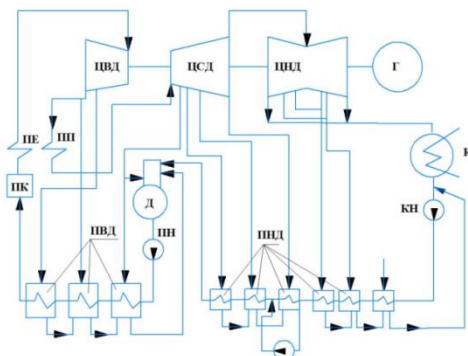


Рисунок 1. ПК – паровой котел; ЦВД, ЦСД, ЦНД – цилиндры высокого, среднего и низкого давления; Г – электрогенератор; ПЕ, ПП – основной и промежуточный пароперегреватели; Д – деаэрактор; К – конденсатор; КН, ПН – конденсатный и питательный насосы; ПВД, ПНД – подогреватели высокого и низкого давления.

- отключение регенеративных подогревателей является простым и быстрым способом увеличения нагрузки энергетическим блоком [10];
- использование усовершенствованных систем клапанных приводов и оптимизированных алгоритмов управления для сокращения времени отклика на закрытие (открытие) регулирующих клапанов при изменении нагрузки;
- использование высокоскоростного регулятора, обеспечивающего быстрое изменение электрической нагрузки паротурбинной установки ТЭС. В этом случае быстрое время отклика на изменение нагрузки в сети обеспечивается применением сложных алгоритмов управления регулятором и высокоскоростными приводами;
- внедрение системы байпасирования турбины. Использование систем байпасирования обеспечивает быстрое изменение нагрузки за счет перенаправления потока пара. При этом потребуется разработка и внедрение системы байпасирования, способной выдерживать высокие скорости потока пара, и обеспечивающей стабильность работы турбины;
- модернизация конструкции турбины на основе использования передовых материалов, усовершенствованных систем охлаждения и оптимизированных конструкций лопастей для снижения термических напряжений;
- модернизация системы управления турбиной за счет интеграции передовых алгоритмов управления и возможностей мониторинга в реальном времени. Для повышения маневренности реализуют современные цифровые системы управления, усовершенствованные алгоритмы управления и сложные системы мониторинга.

Китайскими учеными была проведена исследовательская работа по определению влияния отключения различных регенеративных подогревателей на маневренные характеристики энергетического паросилового блока с двукратным вторичным перегревом пара и приключенной паровой турбиной (Рисунок 2) [10].

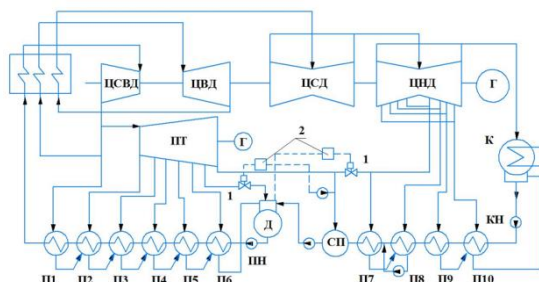


Рисунок 2. Схема энергетического блока мощностью 1500 МВт: ЦСВД, ЦВД, ЦСД, ЦНД – цилиндры сверхвысокого, высокого, среднего и низкого давления; Г – электрогенератор; К – конденсатор; ПН, КН – питательный и конденсатный насосы; П1 – П10 – регенеративные подогреватели поверхностного типа; Д – деаэрактор; СП – смешивающий подогреватель низкого давления; ПТ – «приключенная» турбина; 1 – клапан; 2 – датчик расхода.

Установлено, что паротурбинный энергоблок с приключенной турбиной по сравнению с обычной паротурбинной установкой характеризуется большей инерционностью при изменении нагрузки. Однако, данный способ работы паросиловой установки позволяет снизить отклонения в нагрузке энергоблока и повысить надежность его работы в случаях, если при возникновении аварийной ситуации необходимо быстро отключить ПВД. Также установлено, что при отключении ПВД маневренные характеристики обычного энергоблока и паротурбинной установки с приключенной турбиной одинаковы между собой, а при отключении ПВД энергоблок с приключенной турбиной в плане маневренности уступает обычной паросиловой установке.

Реализация перечисленных методов повышения маневренности паротурбинной установки на Сургутской ГРЭС-1 К-200 потребует тщательного планирования и оценки финансовых затрат. Для успешной реализации перечисленных мероприятий по повышению маневренности турбоагрегата необходимы контрольные испытания и постоянный мониторинг параметров теплоносителей и показателей работы паротурбинной установки.

Одним из способов повышения маневренных характеристик паротурбинной установки можно достигнуть за счет модернизации или замены устаревших компонентов турбины, но это приведет к увеличению дополнительных финансовых вложений [1, 3].

Таким образом, повышение маневренности паротурбинного энергоблока ТЭС представляет собой сложную задачу, обусловленную постоянной переменчивостью нагрузок в сети и необходимостью моментального реагирования на эти изменения путем изменения электрической нагрузки на ТЭС. За счет внедрения передовых систем управления, модернизации конструкции турбины и акцентирования внимания на техническое обслуживание и мониторинг состояния оборудования становится возможным повышение маневренных характеристик энергетического блока.

Помимо этого, улучшение маневренных характеристик ПТУ позволит повысить экономические показатели паросиловой тепловой электростанции за счет более эффективной конкурентоспособности на рынке сбыта электроэнергии и снижения доли устаревших пиковых ТЭС в топливно-энергетическом балансе нашей страны.

Модернизированные паротурбинные энергетические блоки получили применение в различных регионах России, в частности на теплоэлектроцентралях Мосэнерго и на станциях Дальневосточного региона [2].

Таким образом, повышение маневренности паротурбинных установок на ТЭЦ в отечественной энергетике имеет большое значение для поддержания стабильности сети и в целом повышения эффективности и надежности работы тепловых электрических станций.

\*\*\*

1. Аракелян Э.К., Старшинов В.А.. Повышение экономичности и маневренности оборудования тепловых электростанций. М.: Изд. МЭИ, 1993. – 328 с.: ил.
2. Балтян В.Н., Капелович Д.Б., Кобзаренко Л.Н.. Исследование схемы и технологии моторного режима турбины К-200-130, Электрические станции, 1987, № 7.
3. Биби, Р. Мониторинг состояния паровых турбин с помощью анализа производительности. Журнал качества технического обслуживания 2003, №2, 102-112.
4. Блох Х. П. и Сингх М. П. Паровые турбины; проектирование, применение и ретроспектива, 2009. Компания МакГроу-Хилл, Нью-Йорк.
5. Зыков Р.Э., Мещеряков Д.К., Орлик В.Г., Эрозионный износ рабочих лопаток паровых турбин ЛМЗ типа ПТ и способы его уменьшения. – М: Энергетик, 2019, №4.
6. Йе, Л.К.; Лин, Х.Х.; Туккер, А. Будущие сценарии переменных возобновляемых источников энергии и требования к гибкости тепловых электростанций в Китае. Энергия 2019. с.708-714.
7. Колесникова О.В. и др. Метод оценки эффективности работы паровых турбин. Международная конференция по промышленному инжинирингу, приложениям и производству, 2020.с. 25-30.
8. МакБин И. Модернизация паровых турбин для увеличения мощности и повышения эффективности. Сборник «Достижения в области паровых турбин для современных электростанций»; Издательство Вудхед: Соустон, Великобритания, 2017.

9. Новожилов И.А. Статья. Состояние российской энергетики и предложения на перспективу. Энергетика вчера, сегодня и завтра. История, проблемы настоящего и перспективы развития. – М.: Инновационное машиностроение, 2016. с. 149.
10. Реконструкция и повышение эффективности тепловых электростанций / ЕБРР, FConsult LTD, Финляндия. – «Академия энергетики», 2010, №2, с.24-29.
11. Шуньци З., Минг Л., Юэгэн М., Цзипин Л., Цзюньцзе Й. Оценка гибкости модифицированного цикла Ренкина с двойным нагревом, включающего регенеративную турбину, во время процессов отключения рекуперативного нагревателя. Энергия 2021. с.16.

**Вершинина А.А.**

**Повышение энергоэффективности насосной станции**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-593

**Аннотация**

Данная статья обсуждает методику повышения энергетической эффективности насосных станций в промышленности и жилищно-коммунальном секторе. Статья рассматривает ключевые аспекты оптимизации работы насосного оборудования и особое внимание уделяет анализу показателей эффективности, срокам окупаемости мероприятий и общей стоимости владения оборудованием.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, насосные станции, энергосбережение, энергопотребление, оптимизация, обследование.

**Abstract**

This article discusses the methodology for improving the energy efficiency of pumping stations in industry and the housing and communal sector. The article examines the key aspects of optimizing the operation of pumping equipment and pays special attention to the analysis of efficiency indicators, payback periods for activities and the total cost of ownership of equipment.

**Keywords:** energy efficiency, pumping stations, energy saving, energy consumption, optimization, inspection.

Насосные станции обеспечивают функционирование многих инфраструктурных систем, от водоснабжения и канализации до промышленного производства и энергетики. Именно поэтому работа данных станций сопряжена с потерями энергии, например,:

- Неэффективное распределение давления, утечки и другие потери;
- Недостаточное управление насосами;
- Использование устаревшего оборудования.

Первым шагом в повышении энергетической эффективности насосных станций является осуществление детального анализа и контроля их энергопотребления, что включает в себя измерение энергии, потребляемой насосами, а также идентификацию основных факторов, влияющих на эффективность.

Для повышения энергетической эффективности насосных станций также необходимо оптимизировать работу насосных агрегатов. Например, использование переменной скорости насосов, автоматизация процессов управления и настройка параметров работы в соответствии с фактическими потребностями системы.

На насосных станциях в промышленных предприятиях может приходиться до 30% от общего электропотребления. Для повышения энергетической эффективности работы насосной станции необходимо выполнить следующие задачи:

1. Обследование насосной станции: сбор данных о составе оборудования, его режиме работы, степени износа, а также информацию о регулировании и автоматизации работы, а также проводимых обслуживающих работах и выявленных недостатках.

2. Инструментальные измерения: ключевые параметры работы оборудования, чтобы оценить его эффективность.
3. Используя данные обследования и измерений, проводить оценку текущей эффективности работы насосной станции.

Повышение эффективности работы насосной станции также подразумевает рассмотрение параметров потребления воды, включая расход и давление, а также их соответствие фактическим требованиям потребителя. Важно также учитывать данные журналов контрольно-измерительных приборов, установленных на станции.

В случае, если некоторые контрольно-измерительные приборы отсутствуют, неисправны или не прошли поверку в течение длительного времени, рекомендуется провести дополнительные инструментальные измерения для получения дополнительных данных. Эффективность работы насосного оборудования определяется, в первую очередь, удельным расходом электроэнергии на перекачку воды. Этот параметр отражает количество электроэнергии, необходимое для перекачки единицы объема воды с определенным давлением. Поэтому оптимизация работы насосных станций является важным шагом в повышении энергетической эффективности промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства, а также способствует уменьшению энергозатрат и общих эксплуатационных расходов.

Одним из ключевых показателей энергетической эффективности насосного оборудования является его коэффициент полезного действия (КПД). Сравнивая этот показатель с паспортными значениями установленного оборудования, можно судить о влиянии износа на его эффективность. В среднем, за год эксплуатации насос теряет в своей эффективности приблизительно 1% от паспортных значений. Сравнение фактических показателей с соответствующими паспортными данными современных образцов также позволяет сделать выводы о потенциале повышения эффективности.

При этом необходимо учитывать режим работы оборудования, изменение требуемых давления и расхода во времени. В случае прерывистого графика потребления, рекомендуется оборудовать насосные установки устройствами регулирования скорости вращения или плавного пуска. Такие устройства могут сократить до 60% потребляемой электроэнергии. Также следует избегать установки насосного оборудования разных моделей в одну группу подачи, чтобы избежать неравномерного распределения нагрузки и излишнего потребления электроэнергии.

После полного обследования насосной станции можно переходить к разработке мероприятий. Стремление к снижению параметров воды, поставляемой с насосной станции, при соблюдении требований потребителя, а также внедрение систем автоматизации и регулирования являются важными шагами. Установка счетчиков энергии позволяет контролировать энергопотребление насосных станций и выявлять области избыточного потребления. Замена устаревшего оборудования может значительно снизить расходы на электроэнергию. Выбор насосов с переменной скоростью и регулируемые частотными преобразователями позволяет адаптировать работу насосных станций к текущим потребностям и снизить энергопотребление.

Оценка экономической целесообразности проводится через определение срока окупаемости мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности оборудования. Такой показатель определяется соотношением затрат на замену оборудования и полученный положительный эффект. Кроме того, следует учитывать общую стоимость владения (ОСВ) оборудованием, которая включает в себя затраты на закупку, монтаж, техническое обслуживание, ремонт и потребление электроэнергии. Показатель ОСВ позволяет провести сравнительный анализ энергоэффективного оборудования на рынке. Обычно, в совокупной стоимости владения насосным агрегатом за 10 лет стоимость потребляемой электроэнергии составляет около 65%, а остальная часть расходуется на ремонтные работы, закупку и монтаж.

Проведение сравнительного анализа ОСВ различных насосных агрегатов позволяет выбрать наиболее экономически целесообразное решение. Важно учитывать не только начальные инвестиции, но и будущие операционные расходы на энергопотребление и обслуживание. Таким образом, оптимизация затрат на энергию и снижение ОСВ становятся ключевыми целями при принятии решений о модернизации насосных станций

Повышение энергетической эффективности насосных станций является важным аспектом обеспечения устойчивого и экономически эффективного функционирования инфраструктурных систем. Применение комплексного подхода, включающего в себя анализ, оптимизацию и внедрение современных технологий, позволяет добиться значительного снижения энергопотребления и повышения общей эффективности системы. Регулярный мониторинг и анализ результатов являются ключевыми элементами успешной стратегии по улучшению энергетической эффективности насосных станций.

\*\*\*

1. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции: учебник для вузов / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. - М.: Стройиздат, 1986. - 320 с.
2. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. инж. И.А. Назарова. Изд.2-е, перераб. и доп. - М.: стройиздат, 1977.
3. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1976.

**Вершинина А.А.**

**Применение теплового насоса в системах вентиляции и отопления: принципы работы, типы и преимущества**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-594*

#### **Аннотация**

Статья рассматривает применение тепловых насосов в системах вентиляции и отопления, представляя основные принципы их работы, различные типы и преимущества. Описываются ключевые компоненты теплового насоса, а также процесс его работы. Обсуждаются различные виды тепловых насосов по принципу работы и источнику тепла.

**Ключевые слова:** тепловой насос, отопление, вентиляция, энергоэффективность, принцип работы, хладагент, компрессор, испаритель, конденсатор.

#### **Abstract**

The article examines the use of heat pumps in ventilation and heating systems, presenting the basic principles of their operation, various types and advantages. The key components of the heat pump are described, as well as the process of its operation. Various types of heat pumps are discussed according to the principle of operation and the heat source.

**Keywords:** heat pump, heating, ventilation, energy efficiency, operating principle, refrigerant, compressor, evaporator, condenser.

Тепловой насос является одной из наиболее перспективных технологий для обеспечения комфортного внутреннего климата в зданиях при минимальном воздействии на окружающую среду.

Тепловой насос – это устройство, которое использует тепловую энергию из окружающей среды (воздуха, воды или земли) для обогрева помещений или нагрева воды. В отличие от традиционных систем отопления, работающих на газе или электричестве, тепловой насос потребляет гораздо меньше энергии, так как основная его функция заключается в переносе тепла из одной среды в другую, а не в его прямом производстве.



Применение тепловых насосов особенно оправдано в регионах с повышенными требованиями к экологической чистоте, поскольку эти системы функционируют без сжигания топлива и не производят вредных выбросов в атмосферу.

Одним из самых интересных и перспективных направлений применения теплового насоса является его использование в системах вентиляции и отопления зданий. Вместе с традиционными функциями вентиляции, такие системы обеспечивают эффективное распределение тепла по всему помещению, что позволяет значительно снизить энергопотребление и повысить комфорт жильцов. Схема принципа работы типового насоса в системе отопления и водоснабжения представлена на рисунке 1.

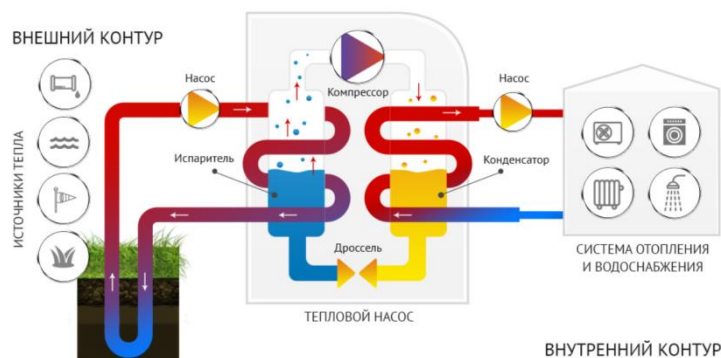


Рисунок 1.

Каждый тепловой насос состоит из нескольких ключевых компонентов: конденсатора, испарителя, компрессора (отвечающего за повышение давления) и расширительного устройства (снижающего давление). Эти элементы соединены между собой трубопроводами и образуют единый замкнутый контур. В этом контуре циркулирует охладитель, чаще всего представленный фреоном или хладагентом. Фреон является инертным газом с очень низкой температурой кипения, поэтому он находится в газообразном состоянии в «горячей» части контура и становится жидкостью в «холодной» части. При перемещении в компрессор, хладагент подвергается высокому давлению и сжимается, что приводит к повышению его температуры. Газ, нагретый давлением, поступает в конденсатор, где через промежуточный теплообменник передается тепло теплоносителю, входящему в систему отопления дома. По мере того как хладагент отдает тепло, он конденсируется и снова становится жидким, а нагретый теплоноситель подается в систему отопления. Жидкий фреон проходит через расширитель, где происходит испарение, поглощая тепло. Затем он перемещается в испаритель, где дополнительно испаряются остатки жидкой фракции, и цикл повторяется.

Одной из ключевых особенностей тепловых насосов является их универсальное применение: при низких температурах воздуха они обеспечивают отопление помещений, а в жаркую погоду - их охлаждение. В случае реверсивных тепловых насосов используется тот же принцип, просто направление движения теплоносителя изменяется: он подается из внутренних помещений дома во внешнее окружение.

Одним из главных преимуществ использования теплового насоса в данных системах – его энергоэффективность. Тепловой насос может обеспечить до 4 единиц тепловой энергии за каждую потраченную единицу электроэнергии, что делает его значительно более эффективным по сравнению с традиционными системами отопления. Высокий коэффициент полезного действия (КПД) системы обеспечивает минимальный уровень энергопотребления. Например, 1 кВт электроэнергии способствует выработке 3-7 кВт тепловой энергии, что превосходит эффективность функционирования топливных котлов.

Кроме того, тепловой насос обладает гибкостью в применении. Он может работать как в режиме обогрева, так и в режиме охлаждения помещений, что делает его универсальным решением для различных климатических условий. Для работы оборудования не требуется наличие органического топлива, и, следовательно, не требуется прокладка тепловых



коммуникаций. Ему достаточно лишь подключения к источнику электроэнергии. В случае отсутствия электроснабжения устройство может функционировать от дизельного генератора. Кроме того, тепловые насосы эффективно совмещаются с солнечными коллекторами. Поскольку он использует тепловую энергию из окружающей среды, он не производит выбросов углекислого газа или других вредных веществ, что делает его идеальным выбором для тех, кто заботится о сохранении окружающей среды.

По сравнению с традиционными котлами, тепловые насосы не подвержены воспламенению или взрыву, не выделяют угарного газа. Их отключение не приводит к поломкам или замораживанию рабочей жидкости.

Виды тепловых насосов могут быть классифицированы по различным критериям.

Важно также отметить, что применение теплового насоса в системах вентиляции и отопления способствует снижению операционных расходов на обслуживание здания. Благодаря своей надежности и долговечности, тепловые насосы требуют минимального технического обслуживания, что позволяет снизить затраты на его эксплуатацию в долгосрочной перспективе.

1. По принципу работы:

- Абсорбционные тепловые насосы используются для преобразования хладагента в парообразное состояние при низком давлении в испарителе. Пар перетекает в конденсатор, где взаимодействует с абсорбирующим веществом, высвобождая тепло.
- Компрессионные тепловые насосы, напротив, работают за счет электроэнергии. В компрессоре парообразный теплоноситель откачивается из внешнего контура, сжимается и выделяет тепло.

2. По источнику тепла:

- 1) Тепловые насосы типа «вода-вода» используются с контуром теплосъема, размещенным в открытых водоемах или скважинах. Тепло забирается из воды и передается либо в систему отопления (радиаторы, фанкойлы, теплый пол), либо в воздушные приточные установки.
- 2) Тепловые насосы «воздух-воздух» «отбирают» тепловую энергию из воздуха окружающей среды и нагревают воздух внутри помещения.
- 3) Тепловые насосы вариантов «воздух-вода» и «вода-воздух», где тепловая энергия передается в водяной или воздушный контур отопления соответственно.
- 4) Геотермальные тепловые насосы аналогичны тепловым насосам вода-вода, но используют тепло земли вместо водоемов.

Таким образом, применение теплового насоса для систем вентиляции и отопления зданий представляет собой эффективное и экологически чистое решение, способное значительно снизить энергопотребление и повысить комфорт жильцов. С учетом растущего интереса к устойчивым технологиям, тепловой насос остается одним из ключевых инновационных инструментов в области строительства и инженерных систем.

\*\*\*

1. Гримитлин А.М. и др. Отопление, вентиляция производственных помещений: Издательство «АВОК Северо-Запад», Санкт-Петербург, 2007. – 399с
2. Строй А.Ф. Расчет и проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Издательство «Феникс», Киев, 2000.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции: учебное пособие для ВУЗов / В.Н. Талиев. М.: Стройиздат, 1979. – 295с

**Воробьев А.Ю.**

**Оптимизация работы энергосистем: методы обнаружения мест повреждений на воздушных линиях**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-595

**Аннотация**

Статья рассматривает методы определения мест повреждений на воздушных линиях электропередачи и их важность для обеспечения надежной работы электроэнергетических систем. Обсуждаются различные приборы и технологии, такие как локационные искатели и фиксирующие приборы, используемые для обнаружения повреждений.

**Ключевые слова:** воздушные линии электропередачи, повреждения, обнаружение, локационные искатели, фиксирующие приборы, надежность, энергосистемы.

**Abstract**

The article examines methods for determining damage locations on overhead power lines and their importance for ensuring reliable operation of electric power systems. Various instruments and technologies are discussed, such as location finders and fixing devices used to detect damage.

**Keywords:** overhead power lines, damage, detection, location finders, fixing devices, reliability, power systems.

Воздушные линии электропередачи являются основным компонентом электроэнергетических систем, обеспечивая передачу и распределение электрической энергии по проводам, установленным на открытом воздухе и закрепленным на опорах и других сооружениях. Такие системы подвержены различным видам повреждений, таким как обрывы проводов, замыкания между проводами или на землю, которые могут вызвать простои в работе и угрожать безопасности энергоснабжения. Рассмотрим возможные причины повреждений:

1. Экстремальные погодные явления, такие как сильные ветры, грозы, снегопады и ледяные дожди, могут привести к обрыву проводов, повреждению опор и оборудования.
2. Ветви деревьев, птицы, летящие объекты и другие внешние предметы могут столкнуться с воздушными линиями, вызывая их повреждение.
3. Износ, коррозия, недостаточное обслуживание и технические сбои оборудования также могут привести к повреждениям.
4. Ледяные осадки и сильные ветры могут вызвать образование гололеда на проводах, что приводит к их обрыву или обрыву опор

Определение мест повреждений на этих линиях является критически важной задачей для обеспечения надежной работы энергосистем. Значимость определения мест повреждений на воздушных линиях электропередачи:

- Определение мест повреждений помогает предотвращать возможные аварии, которые могут угрожать безопасности людей и имущества.
- Своевременное обнаружение повреждений позволяет оперативно принимать меры по их устранению, обеспечивая непрерывную работу системы электроснабжения.
- Зная точное местоположение повреждений, ремонтные бригады могут быстрее и эффективнее провести восстановительные работы.

Методы обнаружения мест повреждений на воздушных линиях электропередачи:

1. Осмотр линий с помощью специально обученных инженеров, а также с использованием дронов. Визуальные обследования позволяют выявлять явные повреждения, такие как изломы, трещины, коррозию и обрывы проводов.

2. Тепловое обследование – этот метод использует инфракрасные тепловизоры для обнаружения аномальных температур, что может свидетельствовать о перегреве оборудования или наличии неисправностей.
3. Установленные на линии датчики могут реагировать на звуковые волны, возникающие при разрыве проводов или других повреждениях, и оповещать об этом операторов.
4. Использование датчиков напряжения и тока, которые могут обнаружить изменения в параметрах напряжения и тока на линии, что может свидетельствовать о наличии повреждений.

Для обнаружения мест повреждений на воздушных линиях электропередачи применяются специализированные приборы и методы, основанные на измерении времени распространения электрических импульсов по проводам линий и параметров аварийного режима. Один из таких методов включает использование неавтоматических локационных искателей, таких как, совместно с генераторными приставками видео- и радиоимпульсов.

Процесс определения места повреждения начинается с подключения локационного искателя к проводам отключенной и заземленной линии. Затем с помощью генератора подается электрический импульс, который отражается от места повреждения и возвращается к началу линии. Расстояние до повреждения рассчитывается по формуле:

$$l = 0.5 \cdot t_l \cdot V$$

где  $t_l$  - время между моментом подачи импульса и моментом его возвращения, а  $V$  - скорость распространения импульса.

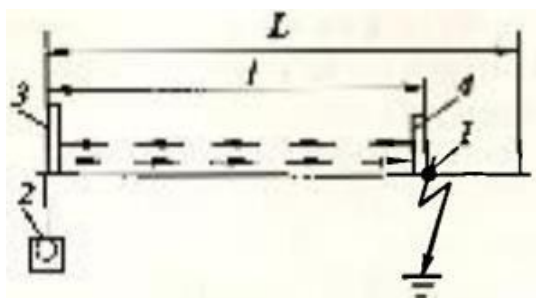


Рисунок 1. Схема прохождения высокочастотного импульса.

Где: 1) место повреждения; 2) локационный искатель; 3) зондирующий импульс; 4) отражение импульса;  $L$  – общая длина линии;  $l$  расстояние до места повреждения

Отраженные сигналы наблюдаются на экране электронно-лучевой трубки, где количество масштабных меток используется для определения расстояния до места повреждения. Учитывая, что волновые свойства воздушных линий зависят от местного рельефа, конфигурации проводов на опорах и других факторов, для избежания ошибок в результатах проверки рекомендуется иметь предварительно полученные характеристики каждой нормально функционирующей линии. Затем эти характеристики сравниваются с данными в аварийном состоянии. Точность определения места повреждений с использованием локационных искателей обычно составляет от 0,3 до 0,5% от длины линии.

Недостатком неавтоматических локационных искателей является их неприменимость для точного определения мест с нестабильными повреждениями на линии. Для решения этих проблем применяются автоматические локационные искатели, такие как УИЗ-1, УИЗ-2, ЛИДА – это приборы автоматически реагируют на момент возникновения повреждения, что позволяет оперативно определить его местоположение.

Другим методом определения места повреждения на ВЛ является фиксация параметров аварийного режима, таких как токи и напряжения нулевой последовательности, с помощью фиксирующих приборов (далее по тексту – ФИП). Эти приборы, такие как ФИП-А для измерения тока и ФИП-В для измерения напряжения, устанавливаются на концах линии. По

данным, снятым с ФИП, расстояние до места повреждения определяется на основе расчетных алгоритмов.

Для повышения эффективности и точности обнаружения мест повреждений на ВЛ применяются современные технологии, такие как фиксирующие индикаторы ЛИПФ и устройства для определения места повреждения на линиях напряжением 110 кВ и выше типа ИМФ-3. Эти приборы обеспечивают автоматическую фиксацию места повреждения и имеют более высокую точность работы по сравнению с традиционными методами.

Таким образом, определение мест повреждений на воздушных линиях электропередачи является критически важным для обеспечения безопасности и надежности работы электроэнергетических систем. Использование специализированных приборов и методов позволяет оперативно обнаруживать и устранять повреждения, минимизируя простои и риски для энергоснабжения.

Установка защитных кожухов и систем предотвращения столкновений, а также регулярные проверки и обслуживание оборудования помогает защитить воздушные линии от внешних воздействий.

\*\*\*

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2018. - 192 с.
2. Бриколаж. Ремонт в доме. В 4 книгах. Книга 4. Комфорт в доме. Вентиляция, отопление, сантехника, электричество. - М.: Ниола-Пресс, 2007. - 128 с.
3. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промыш.предприятий и городов: Учебное пособие / Г.Н. Ополева. - М.: Форум, 2018. - 350 с.

**Индерейкин А.В.**

### **Расширение Сызранской ТЭЦ парогазовой установкой ПГУ-350**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-596

#### **Аннотация**

Расширение Сызранской ТЭЦ парогазовой установкой утилизационного типа позволит увеличить установленную мощность станции и снизить расход условного топлива на выработку электрической энергии. Анализ результатов расчетов показал, что коэффициент полезного действия ПГУ-350 составил 52,47 %, удельный расход условного топлива на выработку электрической энергии – 234,41 г усл.т./кВт·ч. При этом годовая выработка электрической энергии в ПГУ-350 составила 2570,77 млн. кВт·ч/год.

**Ключевые слова:** энергетика, мощность, модернизация, парогазовая установка, цикл Брайтона-Ренкина, газотурбинная установка, котел-утилизатор, паровая турбина, экономичность, технико-экономические показатели, тепловой расчет, рециркуляция, турбинный конденсат

#### **Abstract**

The expansion of the Syzran thermal power plant with a combined cycle gas recovery unit will increase the installed capacity of the station and reduce the consumption of conventional fuel for generating electric energy. The analysis of the calculation results showed that the efficiency of the CCGT-350 was 52.47%, the specific consumption of conventional fuel for the generation of electric energy was 234.41 g usl.t./kWh. At the same time, the annual production of electric energy in PGU-350 amounted to 2570.77 million kWh/year.

**Keywords:** energy, power, modernization, combined cycle gas plant, Brighton-Rankine cycle, gas turbine plant, heat recovery boiler, steam turbine, efficiency, technical and economic indicators, thermal calculation, recirculation, turbine condensate.

Развитие энергетики России до недавнего времени осуществлялось путем ввода в эксплуатацию паротурбинных установок (ПТУ) различной мощности [1, 3, 6, 7, 8]. Совершенствование ПТУ достигалось увеличением начальных параметров пара и увеличением единичной мощности агрегатов [3, 6, 7]. В настоящее время большинство действующих паротурбинных ТЭЦ морально и физически устарело. Данную проблему решают модернизацией паровых турбин или заменой существующего оборудования на парогазовую установку (ПГУ), работающую по комбинированному циклу Брайтона-Ренкина.

В классическом виде парогазовая установка состоит из одной или нескольких газотурбинных установок (ГТУ) со своими котлами-утилизаторами (КУ) и паровой турбины (ПТ) [2, 4, 9, 10]. Теплота уходящих газов ГТУ, совершивших полезную работу в газовой турбине, полезно используется в котле-утилизаторе для генерации перегретого пара заданных параметров, подаваемого в паровую турбину. Повышение экономичности ПГУ достигается увеличением температурой газов перед турбиной и снижением конечных параметров пара в конденсаторе [4, 9, 10].

К достоинствам парогазовых установок следует отнести следующее [3, 4, 5, 9]: 1) высокий КПД по генерации электроэнергии, достигающий 50 % и выше; 2) экологичность камеры сгорания ГТУ; 3) примерно втрое меньший расход охлаждающей воды в сравнении с паротурбинными установками той же мощности; 4) высокая маневренность; 5) малые капитальные затраты и быстрый срок возведения.

В 2012 году на Сызранской ТЭЦ внедрили парогазовый энергетический блок ПГУ-200, в состав которого входят две газотурбинные установки фирмы GE типа PG6111FA мощностью по 77,5 МВт, два двухконтурных котла-утилизатора КУП-110/15-8,0/0,7-510/200 и паровая турбина мощностью 60 МВт.

Внедрение в эксплуатацию ПГУ-200 позволило повысить технико-экономические показатели станции и снизить удельный расход условного топлива для целей производства электрической энергии на станции. КПД ПГУ-200 составил 53,4 %. За счет ввода в эксплуатацию нового энергетического блока мощность Сызранской ТЭЦ увеличилась на 230 МВт.

Для сравнения энергетической эффективности различных вариантов ПГУ применительно к конкретной тепловой электрической станции (в данном случае к Сызранской ТЭЦ) выполнен расчет энергетического парогазового блока электрической мощностью 350 МВт, предназначенного для одновременной выработки электрической и тепловой энергии на базовой нагрузке, и сопряженного с уже существующей на тепловой электростанции инфраструктурой, а также с дополнительными сооружениями и коммуникациями. Наиболее перспективной и широко распространенной в энергетике парогазовой установкой, отличающейся простотой и высокой эффективностью производства электрической энергии, является ПГУ утилизационного типа.

В качестве проекта в настоящей работе рассматривается отечественная парогазовая установка ПГУ-420, состоящая из двух газотурбинных установок ГТЭ-115М, двух котлов-утилизаторов П-87М и одной паровой турбины КТ-150-8. Данное оборудование, предложенное к установке, позволит добиться максимального КПД (более 50 %), как в конденсационном режиме, так и в режиме отпуска тепловой энергии.

На рис. 1 представлена тепловая схема парогазовой установки ПГУ-420, которая функционирует следующим образом. Отработавшие в газовой турбине ГТУ уходящие газы в котел-утилизатор, в котором передают свою тепловую энергию пару и водяному пару, после чего выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу (на рис. 1 не показана). В пароперегревателях высокого и низкого давления ПЕВД и ПЕНД осуществляется перегрев пара высокого и низкого давления. Отработавший в цилиндре высокого давления ЦВД турбины пар смешивается с паром низкого давления с образованием паровой смеси, завершающей процесс расширения в цилиндре низкого давления ЦНД турбины. В конденсаторе К осуществляется процесс конденсации водяного пара. В газовом подогревателе конденсата ГПК турбинный конденсат нагревается путем утилизации теплоты уходящих газов. После ГПК поток

турбинного конденсата разветвляется: первый поток поступает в деаэратор питательной воды, а второй (с меньшим расходом) – отводится на рециркуляцию. После деаэрата питательная вода разделяется на два потока, каждый из которых направляется в соответствующий контур циркуляции котла-утилизатора. В состав каждого контура циркуляции КУ входят водяной экономайзер, испаритель и пароперегреватель.

Паровая турбина имеет два теплофикационных отбора пара, которые предназначены для подогрева сетевой воды в подогревателях сетевой воды.

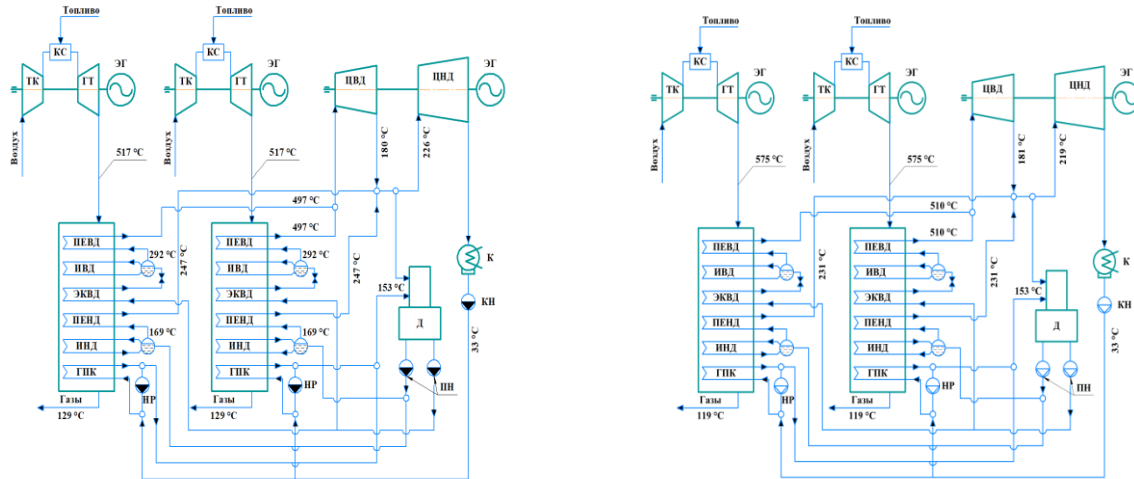


Рисунок 1. Тепловая схема парогазовой установки: а) ПГУ-350, б) ПГУ-200.

Для оценки технико-экономических показателей парогазового энергетического блока ПГУ-350 был произведен тепловой расчет по методике, изложенной в [4, 9].

Расчет был проведен для следующих исходных данных: КПД газотурбинной установки  $\eta_{ГТУ} = 33,8 \%$ , мощность ГТУ  $N_{ГТУ} = 115$  МВт, температура газов на выходе из турбины  $t''_{ГТ} = 517$  °С, расход воздуха в турбокомпрессор ГТУ  $G_B = 445$  кг/с, расход топлива в камеру сгорания ГТУ  $B_T = 7,2$  кг/с, давление пара высоких и низких параметров КУ  $p_0^{ВД} = 7,0$  МПа и  $p_0^{НД} = 0,7$  МПа, рабочее давление в деаэраторе  $p_d = 0,6$  МПа, конечное давление пара  $p_k = 5$  кПа, электромеханический КПД паровой турбины  $\eta_m = 98 \%$ ; величины температурных напоров на горячей и холодной стороне поверхностей нагрева КУ  $\delta t = 20$ °С и недогрева до температуры насыщения  $\Delta t = 10$  °С. Тепловой расчет выполнен для работы ПГУ в конденсационном режиме при температуре наружного воздуха  $t_{НВ} = +15$  °С.

Из уравнений теплового баланса для пароперегревателей и испарителей высокого и низкого давления определяются паропроизводительности котла-утилизатора[4]:

$$G_T(h''_{ГТ} - h''_{ИВД}) = D_0^{ВД}(h_0^{ВД} - h_1),$$

$$D_0^{ВД} = \frac{G_T(h''_{ГТ} - h''_{ИВД})}{(h_0^{ВД} - h_1)}; \quad (1)$$

$$G_T(h''_{ЭКВД} - h''_{ИНД}) = D_0^{НД}(h_0^{НД} - h_d),$$

$$D_0^{НД} = \frac{G_T(h''_{ЭКВД} - h''_{ИНД})}{h_0^{НД} - h_d}. \quad (2)$$

Здесь:  $h_0^{ВД}, h_0^{НД}$  – энтальпии перегретого пара высокого и низкого давления, кДж/кг;  $h''_{ГТ}$  – энтальпия отработавших газов, кДж/кг;  $h''_{ИВД}, h''_{ИНД}, h''_{ЭКВД}$  – энтальпии газов после испарителей высокого и низкого давления и водяного экономайзера высокого давления, кДж/кг;  $h_1$  – энтальпия нагретой в ЭКВД питательной воды, кДж/кг;  $h_d$  – энтальпия деаэрированной воды.

Энтальпия уходящих газов на выходе из котла-утилизатора определяется по формуле[4]:

$$h''_{КУ} = h''_{ГПК} - \frac{(D_0^{ВД} + D_0^{НД}) \cdot (h_{к2} - h_{к1})}{G_T}. \quad (3)$$

Здесь:  $h''_{ГПК}$  – энтальпия газов после ГПК, кДж/кг;  $h_{к1}, h_{к2}$  – энтальпии конденсата перед ГПК котла-утилизатора и на выходе из него, кДж/кг.



КПД котла-утилизатора рассчитывался по формуле[4]:

$$\eta_{ку} = \frac{h''_{гт} - h''_{ку}}{h''_{гт} - h_{нв}} \quad (4)$$

В формуле (4)  $h_{нв}$  – энтальпия газов при температуре наружного воздуха.

Тепловая мощность котла-утилизатора определяется суммой тепловых нагрузок всех поверхностей нагрева:

$$Q_{ку} = Q_{певд} + Q_{ивд} + Q_{эвд} + Q_{пенд} + Q_{инд} + Q_{экнд} + Q_{гпк} \quad (5)$$

и рассчитывалась по формуле[4]:

$$Q_{ку(г)} = G_{г} \cdot (h''_{гт} - h''_{ку}) \quad (6)$$

Количество теплоты, воспринятой паром в котле-утилизаторе[4]:

$$Q_{ку(п)} = D_0^{ВД} \cdot h_0^{ВД} + D_0^{НД} \cdot h_0^{НД} - (D_0^{ВД} + D_0^{НД}) \cdot h'_к \quad (7)$$

В формуле (7)  $h'_к$  – энтальпия турбинного конденсатора после конденсатора турбины.

На рис. 2 показана тепловая диаграмма двухконтурного котла-утилизатора.

После ЦВД турбины отработавший пар смешивается с потоком перегретого пара низких параметров и образовавшаяся паровая смесь с расходом  $D_{цнд} = 2 \cdot (D_0^{ВД} + D_0^{НД})$  и энтальпией:

$$h_{см} = \frac{2 \cdot (D_0^{ВД} h'_к + D_0^{НД} h_0^{НД})}{D_{цнд}} \quad (8)$$

поступает в проточную часть ЦНД турбины.

Процесс расширения пара в турбине в  $h, s$  – диаграмме показан на рис. 3.

Мощность и КПД паровой турбины определяются по формулам[4]:

$$N_{пт} = ((2 \cdot D_0^{ВД} \cdot H_i^{ЦВД}) + (D_{цнд} \cdot H_i^{ЦНД})) \cdot \eta_{эм} \quad (9)$$

$$\eta_{пт} = \frac{N_{пт}}{2Q_{ку}} \quad (10)$$

где  $H_i^{ЦВД}$ ,  $H_i^{ЦНД}$  – действительные теплоперепады пара в ЦВД и ЦНД паровой турбины, кДж/кг.

Для определения экономичности ПГУ использовалась формула [4, 9]:

$$\eta_{пгу} = \eta_{гту} + (1 - \eta_{гту})\eta_{ку}\eta_{пт} \quad (11)$$

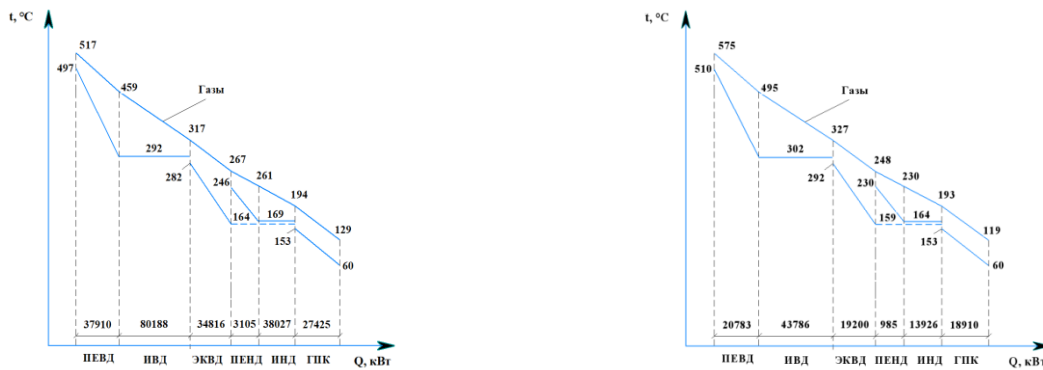


Рисунок 2. Тепловая  $Q, t$  – диаграмма двухконтурного котла-утилизатора: а) для ПГУ-350, б) для ПГУ-200.

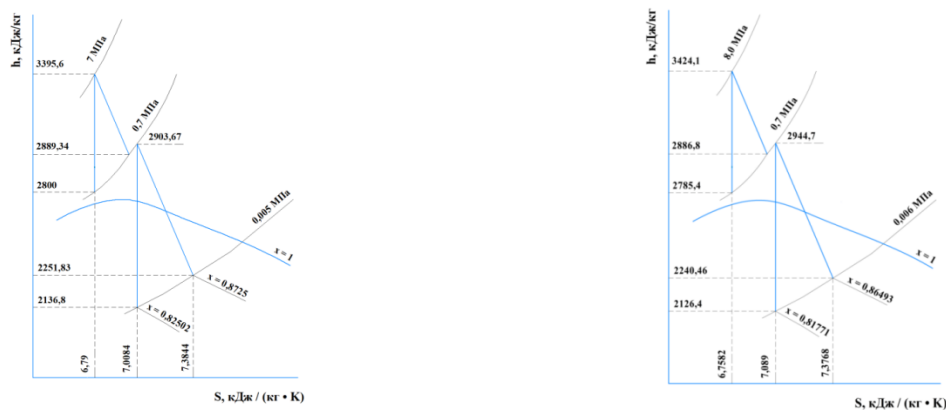


Рисунок 3. Процесс расширения водяного пара в паровой турбине: а) для ПГУ-350, б) для ПГУ-200.

В таблице представлены основные расчетные характеристики парогазовых установок ПГУ-200 и ПГУ-350 Сызранской ТЭЦ.

Таблица 1

## Сравнительный анализ расчетных характеристик ПГУ-200 и ПГУ-350 Сызранской ТЭЦ.

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра	
		ПГУ-200	ПГУ-350
КПД ПГУ	%	53,39	52,47
Мощность ПГУ	МВт	234,24	357,05
КПД паровой турбины	%	33,6	0,25
Мощность паровой турбины	МВт	79,24	127,05
КПД котла-утилизатора	%	82,1	0,78
Тепловая нагрузка КУ	МВт	117,7	197,02
КПД ГТУ	%	35,7	33,8
Мощность ГТУ	МВт	77,5	115
Удельный расход условного топлива, $b_y$	$\frac{\Gamma}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	230,38	234,41
<i>Значения температур газов по поверхностям нагрева котла-утилизатора</i>			
– после ГТУ	°С	575	517
– после ПЕВД	°С	495,4	458,77
– после ИВД	°С	326,7	317,4
– после ЭКВД	°С	252,1	266,8
– после ПЕНД	°С	248,3	261
– после ИНД	°С	193,8	193,83
– после ГПК	°С	118,8	128,77
<i>Значения температур водяного пара и воды в котле-утилизаторе</i>			
– перегретого пара ВД	°С	510	497
– насыщения в барабане ВД	°С	301,74	292,4
– питательной воды после ЭКВД	°С	291,7	282,4
– перегретого пара НД	°С	230,5	246,8
– насыщения в барабане НД	°С	164	163,83
– турбинного конденсата после ГПК	°С	153,38	153,07
<i>Тепловые нагрузки поверхностей нагрева КУ</i>			
– Пароперегревателя ВД	МВт	20,78	29,89
– Испарителя ВД	МВт	43,79	72,18
– Водяного экономайзера ВД	МВт	19,2	25,66
– Пароперегревателя НД	МВт	0,98	2,94
– Испарителя НД	МВт	13,93	33,85
– Газового подогревателя конденсата	МВт	18,91	32,13
<i>Расходы теплоносителей</i>			
– уходящих газов ГТУ	кг/с	229,6	452,2
– перегретого пара ВД	кг/с	30,35	46,77
– перегретого пара НД	кг/с	6,68	16,33

Расчетным путем установлено, что коэффициент полезного действия ПГУ-200 равен 53,39 %, удельный расход условного топлива на выработку электрической энергии – 0,23 кг усл.т./кВт·ч. При этом выработка электрической энергии в ПГУ составила 1686,53 млн. кВт·ч/год. Коэффициент полезного действия ПГУ-350 равен 52,5 %, удельный расход условного топлива на выработку электрической энергии – 0,234 кг усл.т./кВт·ч. При этом выработка электрической энергии в ПГУ составила 2570,77 млн. кВт·ч/год. Повышение экономичности выработки электрической энергии на Сызранской ТЭЦ за счет введения в эксплуатацию двухконтурной ПГУ-200 при наработке 7200 ч/год в денежном выражении при



стоимости условного топлива 4900 руб./т 2952,87 млн. руб. в год, а при вводе эксплуатацию двухконтурной ПГУ-350 составляет 575,34 млн. руб. в год.

\*\*\*

1. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. М.: МЭИ, 2006. 258 с.
2. Зысин Л.В. Парогазовые и газотурбинные установки: учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд-во СПб ГТУ, 2010. 377 с.
3. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: учеб. пособие для вузов. М.: ИНФРА-М, 2023. 325 с.
4. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Парогазовые установки тепловых электрических станций: учеб. пособие для вузов. Самара: Самарский государственный технический университет, 2019. 230 с.
5. Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К.Р. Расчет тепловых схем парогазовых установок тепловых электростанций. Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. 263 с.
6. Костюк А.Г., Фролов В.В., Трухний А.Д. Турбины тепловых и атомных электрических станций. Издание второе, переработанное и дополненное. Под редакцией А.Г. Костюка, В.В. Фролова. М.: Издательский дом МЭИ, 2001. 488 с.
7. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 464 с.
8. Рогалев Н.Д., Дудолин А.А., Олейникова Е.Н. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2022. 768 с.
9. Трухний А.Д. Парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2001. 488 с.
10. Цанев С.В., Бузов В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций, 3-е издание, стереотипное. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 584 с.

**Кистойчева К.И.**

**Повышение эффективности и экономичность: программы модернизации теплоснабжения**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-597

**Аннотация**

Статья представляет обзор программ модернизации систем теплоснабжения. Анализируются цели, ключевые аспекты и перспективы реализации таких программ в условиях современной энергетики и экологических вызовов.

**Ключевые слова:** модернизация, системы теплоснабжения, энергоэффективность, программы, перспективы, инновации, управление, экологическая безопасность.

**Abstract**

The article provides an overview of heat supply system modernization programs. The objectives, key aspects and prospects for the implementation of such programs in the context of modern energy and environmental challenges are analyzed.

**Keywords:** modernization, heat supply systems, energy efficiency, programs, prospects, innovations, management, environmental safety.

Современные вызовы в области энергетики заставляют государства и компании искать эффективные способы обеспечения надежного и доступного теплоснабжения для потребителей. Развитие инфраструктуры теплоснабжения и ее модернизация становятся важными задачами в контексте сокращения выбросов углекислого газа и повышения энергоэффективности. Внедрение программ модернизации систем теплоснабжения может иметь существенное воздействие на цены для потребителей, поэтому необходима оптимизация ценовых последствий для обеспечения сбалансированности между экологическими выгодами и финансовой доступностью для потребителей.

Многие страны сталкиваются с проблемами устаревших систем теплоснабжения, которые требуют срочной замены или модернизации. Такие системы часто характеризуются низкой эффективностью, устаревшими технологиями и высокими потерями тепла в процессе передачи. Кроме того, многие из них основаны на использовании ископаемых топлив, что негативно сказывается на окружающей среде. В ответ на эти вызовы многие страны и регионы разрабатывают программы модернизации систем теплоснабжения. Цель таких программ – это снижение выбросов углекислого газа, повышение энергоэффективности и обеспечение устойчивого и надежного теплоснабжения для потребителей. Только важно понимать, что модернизация систем теплоснабжения требует значительных инвестиций, которые могут отразиться на ценах на тепло для конечных потребителей. Для соблюдения баланса между экологическими целями и финансовой доступностью для населения необходимы различные стратегии оптимизации:

1. Государственная поддержка и финансовые стимулы могут смягчить воздействие повышения цен на тепло. Субсидии, льготные кредиты, налоговые каникулы для компаний, инвестирующих в модернизацию, могут сделать проекты более привлекательными с финансовой точки зрения.
2. Модернизация систем теплоснабжения направлена на повышение их эффективности, что включает в себя установку современного оборудования, улучшение изоляции трубопроводов, использование возобновляемых источников энергии. Повышение эффективности может сократить расходы на эксплуатацию системы, что в свою очередь может снизить конечные цены на тепло.
3. Разработка гибкой тарифной политики, учитывающей интересы потребителей. Введение поэтапной системы изменения тарифов, обсуждение изменений с общественностью, учет социально уязвимых групп - все это важные моменты при определении ценовой политики.
4. Разнообразные варианты реализации схемы теплоснабжения предназначены для удовлетворения всего перспективного спроса на тепловую мощность. В данном контексте важным является баланс между тепловой мощностью источников тепловой энергии и потребительским спросом на тепловую мощность, учитывая расчетные параметры, которые устанавливаются нормативами проектирования систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для объектов теплоснабжения.

При разработке технического задания для формирования схемы теплоснабжения рассматривались два основных сценария развития объектов генерации, учитывая две возможных тенденции развития: инерционную и инновационную.

В рамках первого сценария реализации схемы теплоснабжения, перспективные районы, утвержденные в проектах планировок территорий, в основном присоединяются к уже существующим источникам теплоснабжения. При необходимости предусматривается реконструкция магистралей для обеспечения доставки нужного объема теплоносителя с соответствующими параметрами. Если такая возможность отсутствует, то рассматривается строительство новых котельных.

Во втором сценарии реализации схемы теплоснабжения предполагается, что потребители из проектов планировок подключаются аналогично первому сценарию, но учитывается возможность строительства одного источника для нескольких перспективных кварталов, при условии их небольшого удаления друг от друга, с соблюдением санитарных норм. Такая возможность была определена с помощью электронной модели.

Важным аспектом перспектив развития является также разработка гибких и адаптивных стратегий, способных учитывать изменяющиеся технологические тренды, экономические условия и потребности общества, что позволит обеспечить эффективное использование ресурсов, минимизировать риски и обеспечить устойчивое развитие систем теплоснабжения на долгосрочной перспективе.

Программы модернизации систем теплоснабжения имеют большой потенциал для улучшения качества жизни, снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения энергетической безопасности. Дальнейшее развитие таких программ будет связано с внедрением новых технологий, разработкой инновационных подходов к управлению системами теплоснабжения, а также активным взаимодействием всех заинтересованных сторон, включая государственные органы, бизнес-сообщество и общественность.

Некоторые регионы России активно развивают программы модернизации систем теплоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Например, в Калининградской области реализуется проект по строительству крупнейшей в России солнечной электростанции, которая будет использоваться для генерации тепла в системе теплоснабжения.

Город Тюмень также успешно реализовал программу модернизации теплоснабжения, включающую в себя реконструкцию устаревших тепловых сетей, замену устаревшего оборудования на более эффективное, а также внедрение современных систем мониторинга и управления, что позволило снизить потери тепла, повысить надежность системы и сократить затраты на энергию.

Одним из перспективных направлений модернизации систем теплоснабжения в России является внедрение систем на основе когенерации, которые позволяют одновременно производить тепло и электроэнергию. Такие системы позволяют значительно повысить энергоэффективность и снизить затраты на энергоресурсы. В России также существуют программы государственной поддержки для развития когенерации. Они включают в себя различные меры стимулирования, такие как льготы на налоги, кредиты под низкий процент, субсидии и другие формы поддержки.

В заключение, программы модернизации систем теплоснабжения играют важную роль в обеспечении устойчивого развития, повышении энергоэффективности и снижении негативного воздействия на окружающую среду. Реализация таких программ требует комплексного подхода, учета интересов всех заинтересованных сторон и принятия сбалансированных решений, с учетом социальных, экономических и экологических аспектов.

\*\*\*

1. Шак, А. Промышленная теплопередача. – М.: Металлургиздат, 1961. – 524 с.
2. Жерлыкина, М. Н. Энергосбережение при кондиционировании воздуха и холодоснабжении зданий / М.Н. Жерлыкина, А.В. Холодов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2011. – № 1. – С. 51-57.

**Мамбетов С.С.**

**Принципы и потенциал использования искусственного потока воздуха**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-598

#### **Аннотация**

Статья исследует принципы и потенциал использования искусственного потока воздуха для генерации ветроэнергии. Рассматриваются основные элементы таких установок, их преимущества, вызовы и перспективы.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, искусственный поток воздуха, ветротурбины, генераторы, устойчивое развитие, энергетическая инфраструктура.

#### **Abstract**

The article explores the principles and potential of using artificial air flow to generate wind energy. The main elements of such installations, their advantages, challenges and prospects are considered.

**Keywords:** wind energy, artificial air flow, wind turbines, generators, sustainable development, energy infrastructure.

Ветроэнергетика – одна из самых перспективных и быстроразвивающихся отраслей в современном мире энергетики. Она базируется на использовании ветра как источника энергии для генерации электроэнергии. В последние годы ветроэнергетика привлекает все больше внимания благодаря своей экологической чистоте и потенциалу для устойчивого развития. Но, наряду с традиционными ветрогенераторами, набирают популярность также и искусственные потоки воздуха как потенциальная основа для создания ветроэнергетических установок. Давайте разберемся, в чем заключаются основы теории таких установок.

Искусственный поток воздуха – это созданный человеком поток воздуха с помощью различных устройств, таких как вентиляторы или аэродинамические конструкции. Искусственный поток воздуха основан на принципах теплопередачи и гидродинамики и используется для контроля температуры, влажности и чистоты воздуха в помещениях. Основные элементы системы включают в себя вентиляторы, кондиционеры, воздуховоды, фильтры и регуляторы.

Основная идея ветроэнергетических установок на искусственном потоке воздуха состоит в том, чтобы использовать энергию движущегося воздуха для привода турбин, генерирующих электроэнергию. Подобные установки обычно состоят из следующих основных элементов:

1. Ветрогенераторы – аэродинамические устройства, способные преобразовывать кинетическую энергию ветра в механическую энергию вращения.
2. Генераторы – устройства, преобразующие механическую энергию, полученную от вращения турбины, в электрическую энергию.
3. Система управления – устройства, обеспечивающие оптимальное управление установкой, включая регулировку скорости вращения турбины и поддержание стабильности работы системы.

Процесс начинается с вентилятора, который вытягивает воздух из помещения или подает воздух в него. Затем воздух проходит через фильтры, где удаляются загрязнения и пыль. Далее, воздух подвергается процессу охлаждения или нагрева в кондиционере, чтобы достигнуть желаемой температуры. После этого он распределяется по воздуховодам и поступает в помещение.

В отличие от традиционных ветрогенераторов, установки на искусственном потоке воздуха могут работать даже при отсутствии естественного ветра. Они могут быть размещены в различных местах, включая города и другие населенные пункты, где естественный ветер может быть недостаточным или неустойчивым.

Несмотря на свои преимущества, ветроэнергетические установки на искусственном потоке воздуха также сталкиваются с некоторыми вызовами, включая высокие затраты на проектирование и строительство, а также необходимость оптимизации технологий для повышения их эффективности.

Ускоренное уменьшение объема органического топлива на планете требует наращивания усилий в области исследования, разработки и внедрения энергетических систем, работающих на основе возобновляемых источников энергии.

Несмотря на многообразие существующих ветровых установок разной мощности, у них есть общая проблема - непостоянство скорости ветра. В этой связи обычно используется среднегодовая скорость ветра, которая изменяется меньше по сравнению с другими временными периодами, но внутри года и суток может колебаться значительно.

Динамика скорости ветра в течение года подчиняется определенным закономерностям: она выше зимой, чем летом, и в полдень выше, чем утром. Существуют случаи, когда скорость ветра может достигать нуля или быть недостаточной для нормальной работы ВЭУ, что означает отсутствие производства электроэнергии. В результате ветроэнергетические установки считаются нерегулируемыми источниками энергии. По этой причине они должны работать

совместно с другими источниками энергии или использовать аккумуляторы для сохранения произведенной электроэнергии, и в настоящее время имеют низкую эффективность, но можно избежать или снизить эти недостатки, используя закономерности изменения температуры, давления и плотности воздуха с изменением высоты над уровнем моря для создания искусственного потока воздуха и его последующего преобразования в электроэнергию в ветроэнергетических установках.

Известно, что с изменением высоты над уровнем моря меняются температура и давление, а также уменьшается плотность воздуха. Например, на высоте 5,5 километра плотность воздуха уменьшается вдвое по сравнению с уровнем моря. В пределах тропосферы [до 20 километров] температура убывает линейно и составляет 6,5 градусов Цельсия на каждые 1000 метров. Следовательно, температуру на высоте  $h$  [Кельвины] можно рассчитать с помощью следующей формулы:  $T = T_0 + L * h$ , где  $T_0 = 288,15$  К - стандартная температура над уровнем моря;  $L = 0,0065$  К/м - изменение температуры с высотой;  $h$  - высота над уровнем моря, метры.

Давление на высоте  $h$  можно определить с помощью следующего выражения:

$$P_h = P_0 * [1 + (L * h) / T_0]^{(-g * M) / (R * L)},$$

где  $P_0 = 101325$  - стандартное атмосферное давление над уровнем моря, Паскали;  $g = 9,80665$  - ускорение свободного падения над поверхностью Земли, метры в секунду в квадрате;  $M = 29$  г/моль - молярная масса сухого воздуха;  $R = 8,31$  Дж/моль\*К - универсальная газовая постоянная.

Плотность воздуха на высоте  $h$  [кг/м<sup>3</sup>] может быть определена с использованием следующей формулы:

$\rho = (P * M) / (R * T)$ , или, в зависимости от расчетной температуры [Тк] и давления [В, мм ртутного столба], следующей формулой:

$\rho = \rho_0 * (288 * В) / (760 * Тк)$ , где  $\rho_0 = 1,226$  - стандартная плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, при стандартной температуре 15°C [288,15 К].

Эти закономерности изменения температуры, давления и плотности воздуха с изменением высоты над Землей лежат в основе создания искусственного потока воздуха, который может использоваться для разработки и создания ветроэнергетических установок.

Под воздействием разницы давлений между нижней и верхней отметками напорной трубы, поток воздуха движется вверх по трубе к верхней отметке, где создается воздушный поток, скорость которого определяется следующей формулой:

$$v = \sqrt{(2g * (\rho_n - \rho_v)) / \rho_n}.$$

Здесь:

- $v$  - скорость воздушного потока, м/с;
- $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;
- $\rho_n$  - плотность воздуха на нижней отметке трубы, кг/м<sup>3</sup>;
- $\rho_v$  - плотность воздуха на верхней отметке трубы, кг/м<sup>3</sup>.

Динамическое давление воздушного потока в трубе на единицу времени через единицу площади представляет собой кинетическую энергию и определяется по формуле:

$$P_d = mv^2/2,$$

где:

- $P_d$  - мощность набегающего потока, Вт;
- $m$  - масса воздуха внутри трубы, кг;
- $v$  - скорость воздушного потока, м/с;
- $t$  - время, секунды.

С учетом плотности воздуха, мгновенная мощность воздушного потока в напорной трубе, выраженная в Вт, определяется по формуле:

$$P_m = \rho v^{(3/2)}.$$

Удельная мощность, то есть мощность, приходящаяся на единицу поперечного сечения напорной трубы, равна:

$$P/F = \rho v^{(3/2)}.$$

Все это дает основания для создания искусственного потока воздуха в напорной трубе с необходимой скоростью, который может быть преобразован в электрическую энергию в ветроэлектрических установках.

В заключение, основы теории ветроэнергетических установок на искусственном потоке воздуха представляют собой инновационный подход к генерации электроэнергии, который может играть ключевую роль в обеспечении устойчивого и экологически чистого развития энергетической отрасли.

\*\*\*

1. Панов М.Я., Суворова Ю.В. Параметрическая оптимизация городских систем газоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения, 2013, № 1 (10). – С. 10-14.
2. Попадюк Т. Г., Купреев Д. А. Стимулирование инновационного развития распределенной энергетики / Стратегические решения и риск- менеджмент, 2018. №3 (108), С. 54-59.

**Мамбетов С.С.**

### **Солнечные энергосистемы для устойчивого энергетического будущего**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-599

#### **Аннотация**

Данная статья обсуждает значимость солнечных энергосистем гарантированного электроснабжения в контексте современных вызовов энергетики. Описываются основы солнечных энергосистем, их преимущества и перспективы развития. Рассматривается важность надежности, экологической чистоты и экономической выгоды солнечной энергии, а также её роль в обеспечении устойчивого энергетического будущего.

**Ключевые слова:** солнечные энергосистемы, гарантированное электроснабжение, фотоэлектрические модули, экономическая выгода, устойчивое будущее, энергетика.

#### **Abstract**

This article discusses the importance of solar power systems for guaranteed power supply in the context of modern energy challenges. The basics of solar power systems, their advantages and development prospects are described. The importance of reliability, environmental cleanliness and economic benefits of solar energy, as well as its role in ensuring a sustainable energy future, is considered.

**Keywords:** solar power systems, guaranteed electricity supply, photovoltaic modules, economic benefits, sustainable future, energy.

Вместе с тем, как технологии развиваются, возникают новые способы использования солнечной энергии для обеспечения гарантированного электроснабжения, что открывает двери для развития солнечных энергосистем, которые могут стать ключом к устойчивому и надежному энергетическому будущему.

Солнечные энергосистемы – это комплексы устройств, которые преобразуют солнечную энергию в электроэнергию. Основными компонентами солнечных энергосистем являются солнечные панели (фотоэлектрические модули), инверторы постоянного тока в переменный и хранилища энергии, такие как аккумуляторы. Солнечные панели используют фотоэлектрический эффект для преобразования солнечного излучения в электрический ток.

Гарантированное электроснабжение подразумевает непрерывное и надежное обеспечение электроэнергией в любое время и при любых обстоятельствах. Традиционные источники энергии, такие как угольные и ядерные электростанции, могут сталкиваться с проблемами, такими как аварии, перебои в работе и исчерпание ресурсов. Солнечная энергия, в

свою очередь, предлагает решение этих проблем, поскольку солнечные панели работают на основе бесконечно возобновляемого источника энергии - солнечного излучения.

Солнечные энергосистемы имеют меньше вероятность выхода из строя, поскольку они не подвержены механическим отказам, свойственным традиционным электростанциям. Солнечная энергия не выделяет вредных выбросов и не влияет на климатические изменения, что делает её одним из наиболее экологически чистых источников энергии

В отличие от энергетических систем, работающих на основе угля, нефти или газа, солнечные энергосистемы не требуют топлива для работы, что делает их более экономически выгодными и независимыми от колебаний цен на энергоносители. Хотя начальные инвестиции в установку солнечных энергосистем могут быть высокими, долгосрочно владельцы солнечных установок экономят на счетах за электроэнергию и получают высокую отдачу от своих инвестиций.

С развитием технологий и снижением стоимости солнечных панелей, солнечные энергосистемы становятся все более доступными для широкого круга потребителей. Инновации в области хранения энергии, такие как разработка более эффективных аккумуляторов, увеличивают гибкость и эффективность солнечных энергосистем.

Повышение энергетической эффективности и улучшение масштабируемости солнечных энергосистем демонстрируют потенциал для использования солнечной энергии не только в частных домах, но и в коммерческих и промышленных объектах, а также для обеспечения энергией отдаленных и труднодоступных регионов.

Как известно, система гарантированного электроснабжения (далее – СГЭ) предназначена для непрерывного обеспечения электроэнергией потребителей первой категории в случае регулярных и продолжительных отключений от внешней сети. СГЭ обеспечивает высококачественное напряжение в случае колебаний, краткосрочных и длительных перерывов в подаче электроэнергии в областях с непостоянным электроснабжением. В таких системах электрическая сеть может действовать как основной или дополнительный источник в зависимости от качества подключенной электроэнергии и предназначения энергосистемы. СГЭ может быть также использована для дополнительного увеличения мощности, предоставляемой выделенной линии нагрузки, а также для продажи избыточной солнечной электроэнергии сетевой компании.

На сегодняшний день существует техническое решение солнечных энергосистем, которые создают собственную внутреннюю электросеть на базе оборудования SMA Solar Technology AG. Такие системы предназначены для обеспечения гарантированного электроснабжения потребителей с переменным током любой мощности при низком качестве параметров электроэнергии от внешней электросети. В таких системах оборудование последнего поколения поддерживает алгоритм производства электроэнергии из возобновляемых источников с максимальной эффективностью преобразования и высокими характеристиками перегрузки.

Интернет-портал, разработанный производителем, позволяет в реальном времени мониторить работу энергосистемы, собирать данные о генерации и потреблении для оптимизации работы. Есть возможность выбора алгоритма работы системы для максимальной утилизации солнечной энергии или продажи «излишней» энергии во внешнюю электросеть по специальному тарифу при наличии розничного рынка электроэнергии.

Система гарантированного электроснабжения для потребителей первой категории оперирует с четырьмя источниками энергии: солнечными панелями, аккумуляторной батареей, внешней электрической сетью и, при необходимости, генератором, работающим на бензине, газе, дизеле или газопоршневом механизме. В этой энергосистеме, в первую очередь, используется солнечная энергия для питания приоритетных потребителей и заряда аккумуляторных батарей (далее – АБ). Лишние энергетические ресурсы могут направляться на автоматически подключаемые дополнительные нагрузки или, при возможности, внешнюю электросеть с целью получения прибыли. Когда внешняя электросеть отсутствует, обратный инвертор (далее – ОИ) в системе гарантированного электроснабжения питает нагрузку как от



АБ, так и от инверторов И1 и И2 в дневное время, при этом добавляя энергию от АБ. Когда внешняя электросеть активна днем, она обеспечивает только разницу между потребляемой и солнечной энергией, что обеспечивает экономию.

На данный момент существуют три основных типа энергосистем гарантированного электроснабжения (далее – СГЭ), основанных на солнечных фотоэлектрических станциях (далее – СФЭС): независимые, гибридные и интеллектуальные.

Все выходы инверторов соединены параллельно, создавая собственную внутреннюю электрическую сеть для обеспечения нагрузок первой категории стабильным напряжением в дневное время независимо от качества входящего напряжения. В случае избытка солнечной энергии для потребителей первой категории и полностью заряженных аккумуляторных батарей, лишняя энергия может быть направлена в общую электрическую сеть, например, для использования в домашних целях, или расходоваться на питание удаленных силовых нагрузок по радиоканалу. Все операционные режимы оборудования, производство и потребление электроэнергии регистрируются в режиме реального времени на веб-портале производителя силового оборудования, и вся накопленная информация доступна пользователю по паролю.

Для мониторинга работы инверторов, измерения производительности солнечных панелей и учета произведенной и потребленной энергии используется интерфейсный модуль Webbox с датчиками плотности солнечного излучения, температуры поверхности солнечных батарей и окружающей среды, что позволяет сравнивать реальные погодные условия с производительностью инверторов SMA Tripower.

Для эффективного управления энергопотреблением бытовых нагрузок используется устройство SMA Sunny Home Manager, которое управляет подачей энергии в розетки силовых нагрузок по радиоканалу в случае избытка солнечной энергии. Потоки энергии во внутренней сети дома контролируются прибором SMA Energy Meter, подключенным к SMA Router.

Программирование алгоритмов работы системы, мониторинг и сбор всех параметров работы осуществляются на портале SMA Sunny Portal, который связан с Home Manager через модем. Результаты работы системы могут быть получены через подключение персонального компьютера к Интернету или с использованием устройства SMA Sunny View.

Обычно выбирается вариант СГЭ, исходя из поставленной задачи, между двумя вариантами: 3-часовым запасом энергии в аккумуляторных батареях для случая, если резервный генератор не запустится при аварии сети, чтобы обеспечить достаточное время на его ремонт, допуская при этом разряд аккумуляторных батарей на 50%, или 1-часовым вариантом автономной работы, но с разрядом аккумуляторных батарей до 30%, если отключения электросети будут частыми.

Солнечные энергосистемы гарантированного электроснабжения представляют собой важный шаг в направлении устойчивого и экологически чистого будущего. Использование солнечной энергии способствует снижению загрязнения окружающей среды, снижает зависимость от традиционных источников энергии и обеспечивает надежное электроснабжение в любых условиях. Развитие солнечной энергетики играет ключевую роль в достижении энергетической устойчивости и содействует строительству более устойчивого будущего для нашей планеты.

\*\*\*

1. Макаров А. А., Чимятов В. Н. Возможности энергосбережения и пути их реализации // Теплоэнергетика. – 1995. – № 6. – С. 2–6.
2. Научно-технические и организационно-экономические проблемы внедрения энергосберегающих технологий / В. В. Бушуев, Б. Н. Громов, В. И. Доброхотов и др. // Теплоэнергетика. – 1997. – № 11. – С. 8–15.



**Мамбетов С.С.****Трансформация газораспределительных систем***Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-600

**Аннотация**

Статья рассматривает актуальные вопросы модернизации газораспределительных станций и внедрения новых технологий в процесс газоснабжения. Основное внимание уделяется автоматизации систем управления, контролю и предотвращению утечек газа, применению новых материалов и технологий, а также использованию возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** газораспределительные станции, газоснабжение, модернизация, технологии, автоматизация, утечки газа, новые материалы, возобновляемые источники энергии.

**Abstract**

The article examines the current issues of modernization of gas distribution stations and the introduction of new technologies in the gas supply process. The main focus is on automation of control systems, control and prevention of gas leaks, the use of new materials and technologies, as well as the use of renewable energy sources.

**Keywords:** gas distribution stations, gas supply, modernization, technologies, automation, gas leaks, new materials, renewable energy sources.

Газоснабжение – важнейший аспект современной инфраструктуры, обеспечивающий жилые и промышленные объекты энергией.

Модернизация газораспределительных станций (далее по тексту – ГРС) и внедрение инновационных методов играют ключевую роль в обеспечении эффективности, безопасности и экологической устойчивости в сфере газоснабжения.

Одним из важных направлений модернизации ГРС является внедрение автоматизированных систем управления. Технологии автоматизации позволяют оперативно контролировать и регулировать процессы газораспределения, улучшая точность и эффективность. Системы дистанционного управления позволяют операторам быстро реагировать на любые изменения в работе сетей, уменьшая вероятность аварийных ситуаций и снижая риски для окружающей среды.

Вторым фактором модернизации является внедрение средств контроля и предотвращения утечек газа. Разработка и внедрение систем позволяют оперативно выявлять места потенциальных утечек и предпринимать меры по их локализации и устранению, что существенно повышает безопасность газоснабжения как для потребителей, так и для окружающей среды.

Третьим важным фактором модернизации является внедрение новых материалов и технологий в конструкции газопроводов и оборудования. Применение современных композитных материалов и сплавов позволяет увеличить надежность и долговечность газопроводов, снизить вероятность коррозии и износа. Одним из новаторских направлений в развитии газоснабжения является использование возобновляемых источников энергии. Внедрение технологий биогаза и газификации органических отходов позволяет не только диверсифицировать источники энергии, но и снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Нормативная база, регулирующая деятельность ГРС должна гарантировать надежность и безопасность газоснабжения, при этом соблюдая экономически эффективные условия и включая в себя специализированные нормативные и правовые документы, непосредственно связанные с функционированием ГРС, а также соответствующие законодательные и

нормативные акты, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве, эксплуатации, консервации и ликвидации ГРС. В дополнение к этим нормативным документам, в работе ГРС должна присутствовать техническая и организационная готовность для улучшения уровня безопасности ГРС путем применения современного оборудования.

Важной задачей для организаций, управляющих ГРС, является обеспечение экономической эффективности. Необходимость сокращения расходов, при этом строго соблюдая требования законодательства, стимулирует поиск новых технических решений, разработку оптимальной технической стратегии, исследование новых технологий для строительства и эксплуатации технических объектов, проведение реконструкции и модернизации, и совершенствование методов управления процессами.

Процесс внедрения новых технологий должен быть направлен на:

- Использование оборудования, материалов и технологий на транспортных объектах газоснабжения, которые соответствуют техническим требованиям и стандартам Российской Федерации.
- Повышение эффективности работы транспортных объектов газоснабжения путем использования высококачественного оборудования, материалов и технологий.
- Уменьшение разнообразия однотипного оборудования и материалов, применяемых на транспортных объектах.
- Применение современных эффективных технологий при диагностике и ремонте транспортных объектов газоснабжения для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации.

Сегодняшней актуальной задачей является мониторинг технического состояния газораспределительных станций. На данный момент сбор, систематизация, накопление и обновление паспортной и технологической информации о ГРС происходят на основе уже имеющейся информации и системы контроля, которая позволяет собирать эту информацию. Однако, главной проблемой в использовании данной системы является недостаточное качество ведения базы данных, что проявляется в отсутствии своевременности и полноты отражения изменений, происходящих на ГРС. Также необходимо оценить, достаточно ли собираемых данных для оценки технического состояния ГРС, включая прогнозирование рисков эксплуатации оборудования и станции в целом, а также для обоснованной разработки программ капитального ремонта и реконструкции.

При оценке производительности газораспределительной станции, важно обратить внимание на пропускную способность газопровода. Пропускную способность можно рассчитать, используя соответствующую формулу, которая учитывает среднее суточное количество газа и коэффициенты.

Особое внимание уделяется газотурбинным установкам, их мощность рассчитывается с учетом номинальной мощности, коэффициентов технического состояния, влияния температуры, наличия утилизатора тепла, высоты над уровнем моря и относительной скорости вращения ротора.

Основным преимуществом газораспределительных станций контейнерного типа является готовность к эксплуатации на максимальном уровне, так как все газовое оборудование смонтировано, протестировано и настроено на заданные параметры. Кроме того, электрооборудование, системы контроля и автоматизации, а также системы безопасности уже подключены и настроены. Такой подход значительно упрощает процесс замены ГРС. Каждая газораспределительная станция контейнерного типа разрабатывается индивидуально, исходя из необходимости компактного размещения оборудования и спроектирована с учетом того, что оборудование должно быть доступно для обслуживания внутри контейнера. Габариты контейнера также обеспечивают возможность транспортировки станции на автотранспорте.

Оборудование для газораспределительных станций мощностью свыше 150 тысяч нормальных метров кубических в час устанавливается на специально подготовленном фундаменте, который после этого используется для возведения контейнера из отдельных

элементов, доставленных одновременно с оборудованием станции. Процесс сборки завершается проведением испытаний технологического оборудования на герметичность.

Газораспределительные станции состоят из трех отапливаемых помещений с газонепроницаемыми перегородками: помещения с технологическим газовым оборудованием, помещения с одоризационным оборудованием и котельной, которая объединена с вводными и коммутационными шкафами систем энергоснабжения, связи и телемеханики. На более крупных станциях котельная, системы связи и электрогенератор размещаются в разных помещениях.

Технологические схемы газораспределительных станций контейнерного типа разрабатываются с учетом максимальной экономии в процессах изготовления, строительства и эксплуатации. Схемы этих новых станций имеют некоторые отличия от старых, такие как замена сбросных предохранительных клапанов на клапаны-отсекатели, отсутствие байпаса на станциях мощностью менее 50 тысяч нормальных метров кубических в час, наличие автономного электрогенератора, отсутствие подземной емкости для хранения одоранта (одорант поставляется и хранится в арендованных емкостях), и применение системы, позволяющей регуляторам давления ГРС реагировать на изменение давления в любой заранее выбранной точке сети распределительных газопроводов.

В заключение, модернизация газораспределительных станций и внедрение новых технологий в процесс газоснабжения имеют важное значение для обеспечения эффективности, безопасности и устойчивости этой критической инфраструктуры. Развитие и внедрение инновационных решений в этой области не только повышают качество услуг, но и способствуют экологической устойчивости и снижению рисков для общества.

\*\*\*

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, НИЦ Инфра-М, 2012. - 416 с.
2. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И. Кудрин. - РнД: Феникс, 2018. - 382 с.
3. Яхонтова, О. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие / О. Яхонтова, Л. Валенкевич, Я. Рутгайзер. - СПб.: Лань, 2012. - 512 с

**Морозова С.С.**

**Повышение производительности: анализ эффективности в тепличном отоплении**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-601*

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает системы воздушного отопления в теплице. Освещены основные аспекты выбора и установки систем отопления, а также представлены методы оценки, такие как измерение температуры, расход топлива, равномерность нагрева и уровень увлажнения.

**Ключевые слова:** теплица, система отопления, эффективность, оценка, температура, расход топлива, увлажнение, равномерность нагрева, инновации

#### **Abstract**

This article examines the air heating systems in a greenhouse. The main aspects of the selection and installation of heating systems are highlighted, as well as assessment methods such as temperature measurement, fuel consumption, heating uniformity and humidification level are presented.

**Keywords:** greenhouse, heating system, efficiency, evaluation, temperature, fuel consumption, humidification, heating uniformity, innovation

Тепличное отопление требует значительного количества энергии, особенно в условиях холодного климата или в зимний период. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), до 40% энергии, используемой в тепличном хозяйстве, теряется из-за недостатков в системах отопления и управления.

Одним из основных вызовов является неэффективное использование тепла, которое часто происходит из-за устаревших систем отопления или неправильного распределения тепла внутри теплицы. Это не только снижает производительность, но и увеличивает операционные расходы и вредит экологии из-за излишнего расхода энергии.

Перед тем как приступить к оценке эффективности системы воздушного отопления, важно правильно выбрать и установить соответствующее оборудование. Существует несколько типов систем отопления для теплиц, включая газовые, электрические, дровяные и тепловые насосы. Выбор конкретного типа зависит от ряда факторов, включая доступность топлива, климатические условия, размеры теплицы и бюджет.

Один из наиболее простых способов оценить эффективность системы воздушного отопления – это регулярное измерение температуры внутри теплицы в разных точках, что позволяет определить, достигает ли система отопления требуемой температуры в каждой части теплицы и есть ли зоны холода или тепла.

Другим показателем эффективности является расход топлива. Чем меньше топлива требуется для поддержания оптимальной температуры в теплице, тем более эффективной можно считать систему отопления. Регулярный мониторинг расхода топлива позволяет выявить изменения в эффективности работы системы и принять меры по оптимизации. Оценка того, насколько равномерно нагревается воздух внутри теплицы, также является важным аспектом.

Эффективная система отопления должна не только обеспечивать достаточную температуру, но и поддерживать оптимальный уровень влажности воздуха. Мониторинг увлажнения помогает определить, насколько успешно система справляется с этой задачей.

Тепловые карты могут быть полезным инструментом для визуализации эффективности системы отопления. Они позволяют обнаружить утечки тепла и неравномерное распределение тепла в теплице.

То есть необходимо иметь теплицу, соответствующую следующим требованиям:

1. Обладать высокими теплозащитными характеристиками;
2. Иметь эффективную систему отопления для работы с сильными заморозками;
3. Обладать удобной и эффективной системой вентиляции;

Удовлетворяя этим требованиям, теплица, где применяется утилизация тепла через подпочвенные трубы, может обеспечить положительную температуру внутри теплицы даже при наружных температурах до минус 10 °С. За последние годы, эксплуатация таких теплиц начинается с апреля без риска отрицательных температур. Такие теплицы имеют размеры 12,6x5,7 м и оборудованы стенами и крышей из сотового поликарбоната толщиной 4 мм. В качестве источника тепла в таких теплицах обычно используют твердотопливные печи или котлы, которые можно дополнительно оснастить теплообменниками для повышения эффективности. Система отопления включает в себя систему утилизации тепла, твердотопливную печь, вентиляторы для циркуляции воздуха, а также подземные каналы для передачи тепла почве и стеллажи для растений.

Для обеспечения оптимальной работы системы отопления в теплице определяют четыре режима натопа, каждый из которых выполняет свои функции:

1. Режим максимального натопа (утренний режим) – этот режим применяется для быстрого нагрева воздуха в теплице после холодных ночей. В этом режиме стремятся достичь максимально интенсивного горения пламени в топке печи при полностью открытом шибере дымохода и поддувале зольника. Для этого используются мелкие и средние поленья дров.
2. Режим среднего натопа (дневной и вечерний режим) – этот режим предназначен для максимального прогрева почвы через систему подпочвенных каналов. Здесь используются поленья средних и крупных

размеров. Режим среднего натопа позволяет наиболее эффективно аккумулировать тепло в почве через систему подпочвенных каналов. Это способствует поддержанию стабильной температуры в теплице и обеспечивает оптимальные условия для роста растений.

3. Режим малого натопа (ночной режим): Цель этого режима - добиться максимально долгого горения топлива в тлеющем состоянии. В этом случае используются самые крупные поленья, и шибер на дымоходе закрывается настолько, чтобы поддерживать тягу и стабильное горение топлива.
4. Режим остывшей печи (раннеутренний режим) – этот режим активируется, когда топливо в топке полностью прогорело, но система прокачки воздуха продолжает работать. В этом случае система больше не выполняет теплообмен в печи, а основное внимание уделяется перемешиванию воздуха внутри теплицы, чтобы исключить локальные зоны заморозков. В ночное время воздух, проходя по подземным каналам, забирает тепло от почвы и передает его внутри теплицы.

Для повышения температуры воздуха в теплице осуществляется использование солнечной энергии и работы системы отопления.

Так, использование газоздушного теплообменника существенно повышает КПД твердотопливной печи, что позволяет более эффективно использовать топливо и обеспечивать стабильную температуру внутри теплицы. Итак, использование газоздушного теплообменника в сочетании с различными режимами работы печи и солнечной энергией позволяет обеспечивать эффективное отопление в теплице и создавать оптимальные условия для выращивания растений, что является ключевым фактором для успешной продажи рассады и обеспечения хорошего дохода в личном подсобном хозяйстве.

Новые технологии направлены на повышение эффективности и экологической устойчивости систем отопления в теплицах. В последние годы все больше тепличных хозяйств переходят на использование альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Установка солнечных батарей и ветрогенераторов позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии и сократить эксплуатационные расходы.

Тепловые насосы становятся все более популярным выбором для обеспечения отопления в теплицах. Они используют тепло из окружающей среды, чтобы обеспечить отопление, что делает их более экологически чистым и энергоэффективным вариантом по сравнению с традиционными системами отопления.

Оценка эффективности системы воздушного отопления в теплице играет важную роль в обеспечении оптимальных условий для роста и развития растений. Регулярный мониторинг температуры, расхода топлива, равномерности нагрева, уровня увлажнения и использование тепловых карт помогают выявить проблемы и принять меры по их устранению, что способствует повышению производительности и качества продукции в тепличном хозяйстве.

\*\*\*

1. Беляев В.С., Хохлова Л. П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М.: Высш. шк., 1991
2. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва: Машиностроение, 2012. - 464 с.
3. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики / Г.Ф. Быстрицкий. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 288 с.
4. Епифанов, А. П. Электромеханические преобразователи энергии / А.П. Епифанов. - М.: Лань, 2004. - 208 с.

Мусина З.Р., Гильфанов К.Х.

**Автоматизированные системы контроля учета электроэнергии и SCADA-системы в электроэнергетике**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-602

**Аннотация**

В данной работе рассмотрены методы используемые для контроля распределения и потребления электроэнергии, целью которых является минимизация потерь в электроэнергетической системе, в том числе потерь из-за уменьшения количества несанкционированных подключений к сети, симметрирование нагрузки, повышение надежности и гибкости сети. Рассмотрено устройство и принцип работы автоматизированных систем контроля учета электроэнергии и SCADA-систем.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, повышение эффективности, цифровизация, автоматизация.

**Abstract**

In this paper, the methods used to control the distribution and consumption of electricity are considered, the purpose of which is to minimize losses in the electric power system, including losses due to reducing the number of unauthorized connections to the network, load balancing, increasing the reliability and flexibility of the network. The device and the principle of operation of automated control systems for electricity metering and SCADA systems are considered.

**Keywords:** electric power industry, efficiency improvement, digitalization, automation.

Автоматизированные системы контроля учета электроэнергии (АСКУЭ) направлены на сбор и анализ данных о потреблении электрической энергии с целью выявления способов оптимизации распределения/передачи/потребления электрической энергии. В комплекс данных систем входят большие вычислительные мощности, каналы связи, посредством которых происходит передача собранной информации. Основными целями данной автоматизированной системы являются: предупреждение необоснованных издержек и сокращение потерь, оптимизация работы сети путем сглаживания пиков потребления, снижение тарифов на электроэнергию, возникающих на всем жизненном пути электрической энергии, данные цели достигаются благодаря точному учету распределения электроэнергии, быстрдействию работы системы и возможности в режиме реального времени отслеживать работу электроэнергетической системы и потребление электроэнергии каждым потребителем, помимо сбора данных и постоянного мониторинга состояния сети АСКУЭ имеет возможность анализировать обрабатываемые данные с целью формирования наиболее энергосберегающей политики.

Структура данной системы трехступенчатая (рисунок 1):

- первая ступень, содержит в себе различного типа измерительные датчики/счетчики, ТТ, ТН, необходимые для проведения постоянных измерений показателей работы электрической сети и отдельных ее элементов, особенностью элементов первой ступени является возможность перевода аналогового сигнала в цифровой, наличие памяти для хранения информации об определенном количестве циклов измерения показателя, возможность автоматической передачи полученных данных по каналам связи на высшую ступень;
- вторая ступень является промежуточной, так как выполняет функцию сбора информации с первой ступени различных точек учета, включает в себя

каналообразующее устройства, также специальные устройства сбора, хранения и передачи, на вышестоящую ступень, данных;

- третья – верхняя ступень образована специальными техническими средствами приема/передачи информации, АРМ, серверами АСКУЭ, ПО АСКУЭ, средствами безопасности, на данном уровне происходит долгосрочное хранение данных, их анализ и выдача в системы предиктивной аналитики в необходимом виде, третья ступень представляют собой главную, управляющую всеми процессами автоматизированного контроля распределения электроэнергии, ступенью.



Рисунок 1. Структурная схема АСКУЭ.

Рассмотрим преимущества данной системы:

- рационализация использования энергетических ресурсов из-за более рациональной и энергоэффективной работы электроэнергетической системы;
- возможность выбора тарифа и влияние на его уменьшение;
- возможность для потребителей отслеживания уровня своего энергопотребления, статей расхода электроэнергии в удобном для него виде, автоматизация формирования данной информации;
- возможность удаленного доступа к данным любой точки электроэнергетической системы через интернет, автоматический перевод данных в удобный для дальнейшей работы с ними вид;
- исключение несанкционированного подключения к электрическим сетям, тем самым исключение хищения электроэнергии.

На практике внедрение АСКУЭ в электроэнергетическую систему позволяет снизить переплату и допустить дифференциацию тарифов благодаря большей точности цифровых счетчиков в сравнении с индукционными, исключение человеческого фактора, что приводит к большей рациональности и эффективности в использовании энергоресурсов. Использование подобных систем учета в электроэнергетике является стандартизированным решением для всех энергетических компаний. Данная система практически не имеет отрицательных сторон за исключением сложности и дороговизны монтажа и интеграции данной системы в работу электрической сети, риск обрыва сети. Применение АСКУЭ на сегодняшний день является необходимым.

SCADA-системы направлены на решение таких задач как обработка большого количества данных, систематизация (унификация) обработанного массива информации. Информация поступает с ПЛК, распределенных систем управления. Обмен информацией между данными ступенями необходимо ввиду невозможности использовать данную информацию на уровне управления производством. Интегрирование SCADA-систем дает возможность комплексной автоматизации технологического процесса.

На сегодняшний день SCADA-системы обладают тремя структурными компонентами:

- главный терминал (RTU) находится в ДПУ, обрабатывает информацию, реализует управление высокого уровня в режиме реального (мягкого) времени.



Основной задачей данного компонента является предоставление возможности взаимодействия специалиста с системой, как правило, это один ПК с доступом в локальную сеть станций/серверов, в которых собраны вычислительные системы и каналы связи, естественно с возможностью подключения к ним.

- коммуникационная система (CS) выполняет связующую роль между различными терминалами и главным диспетчером, также посредством нее происходит передача управляющих сигналов на RTU.
- удаленный терминал (RTU) – обрабатывает задачи в режиме реального времени.

SCADA – ведет мониторинг различных параметров электрической сети в режиме реального времени, делает эксплуатацию технологических процессов эффективнее, упрощает работу диспетчерскому персоналу. Будучи подсистемой диспетчерского управления выполняет следующие функции: выдача информации (звуковой/визуальной) в удобном для восприятия оператором виде; помощь в принятии решений (экспертная система); автоматическое оповещение о внештатных ситуациях; ведение и хранение всех изменений в энергосистеме (журнал событий); поиск по архиву и предоставление найденной необходимой информации в формате удобном для восприятия человеком; формирование отчетов; управление/регулирование в автоматическом режиме; управление последовательностью процессов программным методом; приспособление к изменяющимся условиям выполнения управляемого действия; автоматическое остановка выполнения операций с заранее установленными критическими условиями, путем отключения исполнительных устройств.

Последние четыре функции, указанные в перечислении выше, на данный момент чаще возлагаются на ПЛК и встроенные непосредственно в оборудование микроконтроллеры.

На данный момент внедрение цифровых технологий в работу электрических сетей имеет следующую трехуровневую структуру:

- Нижний уровень включает в себя исполнительные устройства, измерительные датчики.
- Средний уровень включает в себя программируемые логические контроллеры (ПЛК), имеющие модули ввода/вывода для обмена данными по Fieldbus-сетям.

Верхний уровень включает в себя SCADA-пакеты, OPC-сервера, и HMI панели. OPC (Open Platform Communications) представляет собой набор программ, выполняющих контроль над различными устройствами и за процессом обмена данными. Данная клиент-серверная технология, в которой программное обеспечение сервера через специальные драйверы выдает запрашиваемую, клиентом информацию при этом программное обеспечение на стороне клиента уже встроено в оболочку SCADA-системы [1-3].

Рассмотренные системы автоматизации контроля распределения электроэнергии в электроэнергетических сетях позволяют эффективно управлять работой сети, а также значительно повышать прибыль энергетических компаний, украденное количество электроэнергии.

\*\*\*

1. Трофимова, А. В. Нетехнические потери в электроэнергетике. АСКУЭ / А. В. Трофимова, М. К. Валеева // Молодой исследователь: от идеи к проекту: Материалы IV студенческой научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 15 июня 2020 года. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2020. – С. 51-53.
2. Проблемы кибербезопасности в электроэнергетических системах / Н. И. Воропай, И. Н. Колосок, Е. С. Коркина, А. Б. Осак // Электроэнергетика в национальных проектах: Сборник статей / Под редакцией Н.Д. Рогалева. – Москва: Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2020. – С. 67-88.
3. Шнякин, К. В. автоматизация производственных процессов в энергетике / К. В. Шнякин // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития: Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Абакан, 10–12 ноября 2021 года / Отв. редактор Д.Ю. Карандеев. – Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 2021. – С. 34-35.

Назарова Д.И.

**Инженерные решения для складов: расчет теплопотерь и оптимизация отопительной системы**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-603

**Аннотация**

Данная статья рассматривает важность расчета и оптимизации системы теплоснабжения складских помещений. Процесс включает в себя оценку теплопотерь, выбор и расчет подходящей системы отопления, использование энергоэффективных технологий и мониторинг работы системы. Правильно спроектированная система отопления способствует снижению расходов на энергопотребление и повышению качества условий хранения продукции.

**Ключевые слова:** складские помещения, теплоснабжение, отопление, энергоэффективность, теплопотери, расчет системы, теплоизоляция, мониторинг, оптимизация, технологии отопления.

**Abstract**

This article examines the importance of calculating and optimizing the heat supply system for warehouses. The process includes the assessment of heat loss, the selection and calculation of a suitable heating system, the use of energy-efficient technologies and monitoring of the system. A properly designed heating system helps to reduce energy consumption costs and improve the quality of product storage conditions.

**Keywords:** storage facilities, heat supply, heating, energy efficiency, heat loss, system calculation, thermal insulation, monitoring, optimization, heating technologies.

Складские помещения являются ключевым элементом инфраструктуры для хранения и обработки товаров в различных отраслях промышленности. Важным аспектом обеспечения комфортных условий в таких помещениях является эффективная система теплоснабжения. Расчет и оптимизация этой системы нужны для сохранения качества хранения продукции и снижения расходов на энергопотребление.

Первым шагом при разработке системы теплоснабжения для складских помещений является оценка теплопотерь, что включает в себя учет теплопроводности стен, потолков, пола, а также утечек через окна и двери. Правильное определение этих параметров позволяет оптимизировать систему отопления и уменьшить потери тепла.

Существует несколько вариантов систем отопления для складских помещений, включая радиаторные, конвекторные, инфракрасные и тепловентиляционные системы. При выборе оптимального варианта необходимо учитывать размер помещения, его конструкцию, а также особенности хранимой продукции.

1. Радиаторные системы являются классическим вариантом отопления. Они эффективны, надежны и просты в установке. Расчет такой системы включает определение необходимой мощности радиаторов в зависимости от площади помещения и температурного режима.
2. Тепловентиляционные системы подходят для помещений с высокой влажностью. Они обеспечивают равномерное распределение тепла и воздуха в помещении, что особенно важно для складских зон с различными климатическими условиями.
3. Инфракрасные системы обеспечивают точечное обогревание и могут быть эффективны в случае, если необходимо поддерживать определенные участки помещения при более высокой температуре.

Помимо выбора оптимальной системы отопления, важно обратить внимание на энергоэффективные технологии, которые помогают снизить энергопотребление и расходы на отопление. Сюда относятся теплоизоляция помещений, использование термостатических вентилях, автоматизированных систем управления отоплением и рециркуляция тепла.

Расчет системы теплоснабжения складских помещений – это сложный процесс, требующий учета множества факторов, но правильно спроектированная и эффективно функционирующая система отопления способствует оптимизации энергопотребления, сокращению расходов и повышению качества условий хранения продукции. При разработке такой системы необходимо учитывать особенности конкретного складского помещения и стремиться к использованию современных энергоэффективных технологий.

Размеры складских помещений имеют большое значение при расчете системы теплоснабжения. Большие помещения требуют более мощных систем отопления, а также могут иметь различные зоны с разными требованиями к температуре. Рассчитывая систему, необходимо учесть объемы помещений и их конфигурацию.

Климатические условия в регионе, где расположен склад, также оказывают влияние на расчет системы теплоснабжения. В холодных климатических зонах требуется больше тепла для поддержания оптимальной температуры, чем в более теплых регионах. Сезонные изменения также необходимо учесть при выборе и проектировании системы.

При расчете системы теплоснабжения для складских помещений необходимо учитывать не только общую площадь помещения, но и его геометрические особенности, уровень теплоизоляции стен и кровли, а также количество и размеры окон и дверей. Это позволяет определить объем тепла, необходимый для поддержания оптимальной температуры в помещении.

После проведения расчетов выбирается наиболее подходящая система отопления. Важно учитывать не только эффективность и экономичность системы, но и ее совместимость с особенностями складского помещения.

Изоляция складских помещений является классическим решением для минимизации потерь тепла. Плохая изоляция может привести к избыточным расходам на отопление. Поэтому важно провести оценку качества изоляции и, если необходимо, провести меры по ее улучшению. Различные товары и процессы на складе могут потреблять разное количество энергии. Например, системы холодильных складов требуют дополнительной энергии для охлаждения. Расчет системы теплоснабжения должен учитывать общее энергопотребление и эффективность системы.

В зависимости от реализации этих мер, компания сможет обеспечить стабильные и комфортные климатические условия в складских помещениях, снизить потери товаров и повысить эффективность использования системы отопления.

Предположим, что у нас есть склад площадь. Стены склада имеют уровень теплоизоляции, обеспечивающий коэффициент теплопроводности  $k$  равный  $0.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Потолок и пол обладают аналогичными характеристиками теплопроводности. Допустим, что нам необходимо поддерживать внутреннюю температуру склада и при температуре на улице. Тогда, для расчета теплотерь используется формула:

$$Q=U \times A \times \Delta T,$$

где:

- $Q$  - теплотери (в Вт),
- $U$  - коэффициент теплопроводности,
- $A$  - площадь поверхности (в  $\text{м}^2$ ),
- $\Delta T$  - разница температур внутри и снаружи помещения (в  $^\circ\text{C}$ ).

Использование термостатических вентилях, автоматизированных систем управления, теплоизоляция стен и кровли, а также рециркуляция тепла - все это позволяет сократить расходы на энергопотребление и повысить эффективность работы системы.

Расчет и оптимизация системы теплоснабжения для складских помещений – это важный этап проектирования и эксплуатации складского комплекса. Правильно выбранная и

эффективно функционирующая система отопления не только обеспечивает комфортные условия для работы персонала, но и способствует сохранности и качеству хранимой продукции, а также снижает эксплуатационные расходы и негативное воздействие на окружающую среду. Внимательный подход к расчету и выбору системы теплоснабжения позволяет достичь оптимального баланса между эффективностью, экономичностью и экологической безопасностью.

\*\*\*

1. Колосов А.И., Панов М.Я. Математическое моделирование процесса реструктуризации городских систем газоснабжения низкой ступени давления // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура, 2013, № 2 (30). – С. 34-41.
2. Панов М.Я., Суворова Ю.В. Параметрическая оптимизация городских систем газоснабжения // Инженерные системы и сооружения, 2013, № 1 (10). – С. 10-14.

**Нечоса С.С.**

### **Обеспечение безопасности и непрерывности энергоснабжения**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-604

#### **Аннотация**

Данная статья обсуждает значимость и оценку систем автономного и резервного газоснабжения в обеспечении непрерывности энергоснабжения и безопасности в экстренных ситуациях и рассматриваются аспекты оценки таких систем.

**Ключевые слова:** системы автономного газоснабжения, резервное газоснабжение, непрерывность энергоснабжения, безопасность, оценка систем

#### **Abstract**

This article discusses the importance and evaluation of autonomous and backup gas supply systems in ensuring continuity of energy supply and safety in emergency situations and discusses aspects of evaluating such systems.

**Keywords:** autonomous gas supply systems, backup gas supply, continuity of energy supply, safety, evaluation of systems

Для обеспечения безопасности и непрерывности энергоснабжения необходимо принятие комплексных стратегий, включающих технические, организационные и регулятивные меры.

1. Технические меры включают в себя регулярное обслуживание и модернизацию инфраструктуры, внедрение автоматизированных систем управления и мониторинга, а также создание резервных систем и дублирование ключевых узлов.
2. Организационные меры предполагают разработку планов действий в случае чрезвычайных ситуаций, проведение тренировочных учений с участием персонала, а также установление сотрудничества с другими организациями и властями для координации реакции на кризисные ситуации.
3. Регулятивные меры включают в себя разработку и внедрение соответствующих законодательных актов и стандартов, обеспечивающих минимальные требования к безопасности и непрерывности энергоснабжения, а также механизмы контроля и наказания за нарушения.

Системы автономного и резервного газоснабжения представляют собой запасные источники газа, которые активируются в случае отключения основного газопровода или возникновения других экстренных ситуаций, которые системы имеют критическое значение во

многих областях, включая промышленные предприятия, больницы, школы, аэропорты, а также в жилых зданиях.

Оценка систем автономного и резервного газоснабжения включает в себя ряд ключевых аспектов, которые определяют их эффективность и надежность.

- Регулярные инспекции и техническое обслуживание необходимы для обеспечения исправной работы систем.
- Оценка состояния резервных емкостей, клапанов, регуляторов давления и других компонентов для предотвращения возможных утечек или поломок.
- Определение достаточности резервной мощности для обеспечения нормального функционирования в случае аварийных ситуаций.
- Расчет объема газа, необходимого для поддержания работоспособности на заданный период времени.
- Установка датчиков утечки газа и систем автоматического отключения для обеспечения безопасности.

Для повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования и обеспечения бесперебойного теплоснабжения объектов ЖКХ, общественных зданий и промышленных предприятий рассматривается возможность использования сжиженного газа в качестве автономного резервного топлива.

Для успешной реализации этой концепции необходимо учесть вопросы, связанные с резервированием, хранением и транспортировкой сжиженных углеводородных газов (СУГ). Особое внимание уделяется тому факту, что все газовые устройства, аппараты и горелочные устройства могут работать с обоими видами топлива. Однако, использование СУГ в качестве резервного топлива представляет определенные особенности, которые требуется учесть.

Сжиженные углеводородные газы – это газы, которые при обычных физических условиях находятся в газообразном состоянии, но при увеличении давления (без изменения температуры) переходят в жидкое состояние, что позволяет транспортировать и хранить их как жидкости, а затем использовать для регулирования и сжигания, как естественные газы. Основные характеристики СУГ включают в себя высокую теплоту сгорания, низкие пределы воспламеняемости, высокую плотность, высокий объемный коэффициент расширения жидкости и низкую плотность жидкости по сравнению с водой.

Свойства сжиженных углеводородных газов для бытовых целей регламентируются стандартами, такими как ГОСТ Р52087–2003 «Газы углеводородные сжиженные топливные».

При выборе диаметров газопроводов, размеров и типов газовой аппаратуры, арматуры и оборудования, необходимо учитывать часовые расходы СУГ. Неравномерное потребление газа связано с разными режимами работы каждого прибора или установки, и системы газоснабжения должны рассчитываться на максимальный часовой расход, учитывая суточный график потребления всеми потребителями.

Повышение потребления газа в условиях расширения производства требует грамотного подхода к оценке и оптимизации систем газоснабжения. Важно учитывать неопределенность рынка энергосбережения и стремиться к использованию сжиженного газа в качестве резервного топлива. Расчеты и анализ свойств СУГ имеют решающее значение при разработке систем газоснабжения, обеспечивая надежность и эффективность в использовании этого вида топлива.

При разработке системы резервного газоснабжения с использованием сжиженных углеводородных газов важно учитывать возможность использования природного газа в будущем. Это означает, что количество газа, необходимое для резервного газоснабжения, должно определяться как эквивалент касательного расхода СУГ по их теплоте сгорания. Один из основных факторов, влияющих на надежность и эффективность газоснабжения теплогенерирующих установок, - это падение давления в системе. Расчетное падение давления в трубопроводах, в которых транспортируется жидкая фаза СУГ, определяется с использованием следующей формулы:

$$\frac{d}{v} \sqrt{\frac{H}{\lambda \rho}} = 50$$

Где:

- $d$  - диаметр газопровода, м.
- $v$  - средняя скорость движения сжиженных газов, м/с.
- $H$  - гидростатический напор, м.
- $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения.
- $\rho$  - плотность жидкой фазы СУГ, кг/м<sup>3</sup>.

Средние скорости движения жидкой фазы принимаются не более 1,2 м/с в всасывающих трубопроводах и не более 3 м/с в напорных трубопроводах.

Расчет диаметра газопровода паровой фазы СУГ выполняется аналогично расчету газопроводов для природного газа, с учетом соответствующего давления.

При расчете газопроводов низкого давления необходимо учитывать гидростатический напор ( $Hg$ ), который определяется по формуле:

$$Hg = \pm(\rho_a - \rho_0) \cdot g \cdot h$$

Где:

- $l$  - длина участка газопровода, м.
- $h$  - разность абсолютных отметок начальных и конечных участков газопровода, м.
- $g$  - ускорение свободного падения ( $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>).
- $\rho_a$  - плотность воздуха при температуре 0°С и давлении 0,101325 МПа.
- $\rho_0$  - плотность газа при нормальных условиях.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности использования СУГ для резервного газоснабжения различных объектов. Это позволяет более эффективно управлять топливными ресурсами, обеспечивать экономичное и надежное теплоснабжение объектов и создавать запасы резервного топлива для экстремальных ситуаций. Учет различных факторов, таких как падение давления и гидростатический напор, играет важную роль при проектировании и оптимизации систем газоснабжения.

Системы автономного и резервного газоснабжения играют важную роль в обеспечении непрерывности энергоснабжения и безопасности в экстренных ситуациях. Оценка и обеспечение их эффективной работы требует комплексного подхода, включающего в себя техническое обслуживание, контроль мощности, автоматизацию, обучение персонала и соблюдение нормативов. Правильная оценка и управление системами автономного и резервного газоснабжения существенно повышают безопасность и надежность энергетической инфраструктуры в различных сферах деятельности.

\*\*\*

1. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики / Г.Ф. Быстрицкий. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 288 с.
2. Макаров А. А., Чимятов В. Н. Возможности энергосбережения и пути их реализации// Теплоэнергетика. – 1995. – № 6. – С. 2–6.
3. Овчаренко, Н. И. Автоматика энергосистем / Н.И. Овчаренко. - М.: МЭИ, 2009. - 480 с.

**Нечоса С.С.**

### **Оценка теплоэнергетической эффективности в промышленной вентиляции**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-605

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает методы и критерии оценки теплоэнергетической эффективности систем промышленной вентиляции. В ней обсуждаются основные параметры, их значения и важность при проектировании и эксплуатации систем вентиляции.

**Ключевые слова:** промышленная вентиляция, теплоэнергетическая эффективность, системы вентиляции, экономия энергии.

### Abstract

This article examines the methods and criteria for evaluating the thermal energy efficiency of industrial ventilation systems. It discusses the main parameters, their values and importance in the design and operation of ventilation systems.

**Keywords:** industrial ventilation, thermal energy efficiency, ventilation systems, energy saving.

Теплоэнергетическая эффективность промышленной вентиляции определяется способностью системы обеспечивать требуемый объем воздушного потока с минимальными энергетическими затратами на обогрев, охлаждение и циркуляцию воздуха, что важно не только с точки зрения экономии энергии, но и с учетом экологических аспектов, так как эффективная система вентиляции помогает снизить выбросы парниковых газов. Методы оценки теплоэнергетической эффективности:

1. Коэффициент использования тепла (COP) – параметр, определяющий отношение полученной тепловой энергии к затраченной электрической или другой энергии на её обеспечение. Чем выше COP, тем эффективнее система. Для систем вентиляции COP может быть рассчитан как отношение теплового потока, передаваемого через воздушный поток, к энергии, затраченной на привод вентиляторов и регулирование.
2. Тепловая эффективность обмена – параметр, определяющий эффективность процессов теплообмена в системе вентиляции. Он учитывает теплопотери или нагрев воздуха в системе, а также эффективность работы теплообменников, рекуператоров и тепловых насосов, если они используются.
3. Энергетическая интенсивность – показатель, отражающий количество энергии, затрачиваемое на единицу воздушного объема или площадь помещения. Он помогает выявить энергетически неэффективные зоны в системе вентиляции и определить возможные пути их оптимизации.

Энергосбережение представляет собой внедрение разнообразных мероприятий, включая законодательные, организационные, научные, технологические и экономические подходы, с целью более эффективного использования энергетических ресурсов и активного привлечения возобновляемых источников энергии.

Одной из существенных областей, требующих внимания в рамках энергосбережения, являются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Эти системы потребляют значительное количество твердого и газообразного топлива, а также электрической энергии, составляя до 40% общего потребления энергии в стране и до 10% производимой электроэнергии. Это подчеркивает важность особого внимания энергосбережению на всех этапах создания и эксплуатации сооружений, поскольку качество проектных решений существенно влияет на эффективность системы вентиляции.

Системы вентиляции не ограничиваются только набором устройств. Они также включают оптимальные технические решения, которые обеспечивают и поддерживают высокое качество воздушной среды на рабочих местах. Эта область становится все более разнообразной и расширяется с развитием технологий и потребностей технологических процессов. В современных условиях вентиляционные системы должны не только обеспечивать чистоту воздуха в помещениях, но и защищать здоровье человека и окружающую среду от вредных производственных факторов.

Для сравнения и выбора различных систем вентиляции, а также для выявления путей их улучшения и оптимизации энергоснабжения, необходимо проводить оценку теплоэнергетической эффективности.



Один из способов снижения энергетических расходов систем промышленной вентиляции заключается в использовании нескольких методов. Важными из них являются:

1. Уменьшение количества вентиляционного воздуха;
2. Энергетическое обоснование способов и схем вентиляции;
3. Использование аэродинамических характеристик вентиляционных сетей;
4. Применение вентиляционных устройств с минимальным аэродинамическим сопротивлением;
5. Использование перспективных материалов для вентиляционных сетей и устройств;
6. Эффективное использование и утилизация теплоты от горячего технического оборудования и выбросного воздуха;
7. Использование скрытой теплоты воды;
8. Использование теплоты грунта.

Каждый из этих методов имеет свою практическую ценность, и анализ литературных источников и расчеты свидетельствуют о том, что наибольшая часть энергозатрат приходится на вентиляцию. Около 80% энергетических затрат зависит от сопротивлений, с которыми сталкивается воздушный поток в системе вентиляции.

Для уменьшения энергопотребления вентиляционных систем важно правильно использовать аэродинамические характеристики системы и снизить энергопотери, связанные с местными сопротивлениями, что достижимо путем создания более плавных переходов и уменьшения энергозатрат на местные сопротивления, такие как повороты, соединения и переходы различных размеров.

Каждая система вентиляции состоит из воздухопроводов, которые могут быть последовательно и параллельно соединены. При последовательном соединении общее количество воздуха и общие потери давления по всей системе остаются постоянными. Параллельное соединение может быть разделено на простое, закрытое и открытое соединение, и оно также влияет на общее распределение воздуха и потери давления в системе. Исследования и практические рекомендации подчеркивают, что оптимизация аэродинамических характеристик системы и снижение местных сопротивлений играют ключевую роль в улучшении энергетической эффективности вентиляционных систем, позволяя снизить энергозатраты и повысить эффективность системы промышленной вентиляции, что имеет важное значение в контексте современных требований к энергоэффективности и устойчивости промышленных предприятий.

При параллельном соединении вентиляционных ветвей имеются следующие особенности:

1. Общее количество воздуха, проходящего через параллельные ветви, равно сумме количества воздуха, проходящего через каждую из ветвей;
2. Потери давления в параллельных ветвях равны между собой, и общие потери давления в соединении равны потерям давления в любой из параллельных ветвей.

Эти свойства параллельного соединения позволяют снизить энергетические затраты вентиляционных систем. Чем больше параллельных ветвей, тем меньше потери давления в соединении и, следовательно, меньше энергозатраты на транспортировку воздуха по системе. Именно поэтому проектирование и использование вентиляционных систем с разветвленной структурой имеет смысл в целях уменьшения энергоемкости системы.

При проектировании вентиляционных систем часто предпочтительно использовать параллельную работу вентиляторов, когда сопротивления индивидуальных участков сети каждого вентилятора равны, и вентиляторы работают на одинаковом режиме, но в некоторых случаях, по технологическим или другим причинам, индивидуальные участки могут различаться по протяженности и сопротивлению, что требует различных режимов работы вентиляторов.

Оценка теплоэнергетической эффективности систем промышленной вентиляции является важным этапом проектирования и эксплуатации таких систем. Использование современных технологий и методов анализа позволяет добиться оптимального баланса между комфортом, безопасностью и энергоэффективностью в рабочих помещениях, что приводит к улучшению рабочей среды, снижению затрат и экологическому благополучию.

\*\*\*

1. Щукина, Т. В. Исследование теплообмена в аккумулирующей насадке утилизаторов теплоты систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Т. В. Щукина, В. С. Турбин, И. И. Полосин // Изв. Вузов. Строительство. – 1994. – № 9-10. – С. 76-79.
2. Гусовский, В. П. Современные нагревательные и термические печи. Справочник. – М.: Теплотехник, 2007. – 656 с.

**Нечоса С.С.**

**Энергоэффективное проектирование зданий: роль метода позонных балансов**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-606

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает метод моделирования воздухообмена теплонапряженного помещения. Метод позволяет оценить и оптимизировать процессы теплообмена внутри здания, что является ключевым аспектом в обеспечении комфортных условий для пользователей и энергоэффективности здания.

**Ключевые слова:** воздухообмен, теплонапряженное помещение, позонные балансы, теплопередача, энергоэффективность, комфортные условия, здание, инженерное проектирование.

#### **Abstract**

This article considers a method for modeling the air exchange of a heat-stressed room. The method allows to evaluate and optimize the processes of heat transfer inside the building, which is a key aspect in ensuring comfortable conditions for users and energy efficiency of the building.

**Keywords:** air exchange, heat-stressed room, position balances, heat transfer, energy efficiency, comfortable conditions, building, engineering design.

Энергоэффективное проектирование зданий включает в себя использование передовых технологий и инновационных подходов, направленных на снижение потребления энергии, а также включает в себя меры по улучшению теплоизоляции, использованию энергоэффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, управлению освещением, а также использование возобновляемых источников энергии. Один из таких методов – это метод позонных балансов, представляющий собой инструмент для анализа и оптимизации теплового режима в помещениях с различными тепловыми нагрузками. В этой статье рассматривается, как применение метода позонных балансов способствует повышению энергоэффективности и комфортности теплонапряженных помещений.

Метод позонных балансов (МПБ) – это техника, предназначенная для анализа и управления тепловыми потоками в зданиях. Данный метод основан на принципе разбиения здания на различные зоны или позоны, каждая из которых имеет уникальные параметры, включая теплопотери и тепловые приросты, позволяющий инженерам и архитекторам более эффективно управлять энергией, минимизируя расходы на отопление, кондиционирование и освещение.

Применение МПБ также способствует сокращению экологического следа здания. Путем оптимизации энергопотребления и использования возобновляемых источников энергии, можно значительно снизить выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу.

Теплонапряженное помещение – это зона внутри здания, где происходит интенсивный тепловой обмен между внутренней и внешней средой. Такие помещения могут включать в себя кухни, прачечные, бани и другие помещения, где генерируется значительное количество тепла.

Моделирование воздухообмена теплонапряженного помещения методом позонных балансов – это инновационный подход, который позволяет оценить и оптимизировать процессы теплообмена внутри здания.

МПБ основан на идее разделения здания на различные зоны с целью анализа их тепловых характеристик. В каждой зоне учитываются параметры, такие как теплопотери через стены, потолок, полы, а также тепловые источники внутри помещения и теплообмен с окружающей средой. Затем проводится моделирование воздухообмена и теплопередачи между этими зонами с использованием математических моделей и уравнений теплопередачи.

Одним из ключевых преимуществ МПБ является его способность предоставить детальное представление о тепловых процессах внутри здания, что дает инженерам и архитекторам принимать информированные решения относительно конструкции здания, использования энергии и систем отопления и кондиционирования воздуха. Кроме того, этот метод позволяет оптимизировать расходы на энергию и обеспечить комфортные условия для пользователей здания.

МПБ широко применяется в проектировании новых зданий, реконструкции существующих зданий, а также в разработке энергоэффективных строительных решений. С его помощью можно анализировать различные сценарии, такие как изменение конструкции здания, использование различных материалов или установка новых систем отопления и кондиционирования воздуха.

Эффективность систем вентиляции зависит от множества факторов, включая организацию воздухообмена в помещении. Существующие методики расчета вентиляционных потоков в помещении недостаточно учитывают разнообразие факторов, оказывающих влияние на характер потоков вентиляции. Для проведения расчета воздухообмена в системе, в основном, учитываются следующие исходные данные:

1. Количество воздуха, подаваемого приточными воздухораспределителями, то есть количество определяет объем воздуха, поступающего в помещение и влияющего на воздухообмен.
2. Распределение конвективных потоков в помещении – это информация о характере движения воздуха внутри помещения, в том числе направление и скорость конвективных потоков. Эти данные важны для учета теплообмена между различными зонами помещения.
3. Рассматриваемая схема воздухообмена – схема, описывающая как воздух циркулирует внутри помещения и каким образом происходит вентиляция. Она может включать в себя использование приточных и вытяжных систем, а также конвективные потоки.

Моделирование воздухообмена теплонапряженного помещения методом позонных балансов представляет собой мощный инструмент для создания энергоэффективных и комфортных зданий. Его использование позволяет существенно улучшить качество проектирования зданий, снизить расходы на энергию и сделать нашу среду обитания более устойчивой и комфортной.

Роль метода позонных балансов в энергоэффективном проектировании зданий:

1. Путем анализа позонных балансов проектировщики могут оптимизировать системы кондиционирования воздуха для каждой зоны здания, минимизируя потери энергии и обеспечивая комфортные условия для пользователей.

2. Анализируя тепловые потоки в каждой зоне, можно выявить слабые места в теплоизоляции здания и принять меры по их улучшению, что приведет к снижению потребления энергии на отопление и кондиционирование.
3. Он может использоваться для оптимизации распределения естественного и искусственного освещения в здании, что позволяет сократить энергопотребление на освещение.
4. Данный метод позволяет моделировать влияние различных факторов, таких как изменения внешних условий (температура, влажность), на энергопотребление здания, что позволяет принимать более обоснованные решения при проектировании.
5. Учитывает динамические изменения внутри здания, такие как изменения количества людей, работа оборудования и воздушные потоки, что позволяет адаптировать работу систем управления энергопотреблением в реальном времени.

С каждым годом растет осознание важности энергоэффективности в зданиях как средства сокращения воздействия на окружающую среду и обеспечения устойчивого развития.

Метод позонных балансов играет важную роль в энергоэффективном проектировании зданий, обеспечивая анализ и оптимизацию энергетических процессов внутри здания. Его использование позволяет не только снизить потребление энергии и эксплуатационные расходы, но и создать более комфортные и здоровые условия для пользователей здания.

\*\*\*

1. Алешин А.Е., Цыганков А.В., Рябова Т.В. Компьютерное моделирование тепломассопереноса в канале регенеративного теплообменника // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2015. № 1. С. 1-7.
2. Цыганков А.В. Моделирование опорных поверхностей приборов точной механики // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2003. – Т.46. № 5 – С. 42-48.

**Рахматуллин С.С.**

### **Исследование ключевых направлений интеллектуализации современной автоматике энергосистем**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-607

#### **Аннотация**

В данной работе, основанной на анализе научной литературы, предпринимается попытка исследовать актуальные на сегодняшний день направления применения искусственного интеллекта в существующих и разрабатываемых системах и комплексах релейной защиты и автоматике в отечественных энергосистемах.

**Ключевые слова:** энергетика, электроснабжение, устройства РЗА, противоаварийная автоматика, интеллектуализация, ИИ.

#### **Abstract**

In this paper, based on the analysis of scientific literature, an attempt is made to investigate the current directions of application of artificial intelligence in existing and developing systems and complexes of relay protection and automation in domestic power systems.

**Keywords:** power engineering, power supply, RPA devices, emergency automation, intellectualization, AI.

Современные энергосистемы являются весьма сложными и структурно разнообразными, требующими постоянного совершенствования и модернизации. Сегодня автоматика играет ключевую роль в обеспечении надежной и эффективной работы отечественных энергосистем, однако она требует адаптации к новым условиям и вызовам, характеризующимся повсеместной интеллектуализацией экономики и промышленности.

Интеллектуализация систем автоматики в первую очередь заключается в использовании алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения для анализа больших объемов данных, принятия решений и оптимизации работы оборудования. Применение ИИ позволяет улучшить адаптивность систем к изменениям, повысить их надежность и снизить затраты на эксплуатацию [1].

Цель настоящей статьи – исследовать актуальные на сегодняшний день направления использования ИИ в существующих и разрабатываемых системах и комплексах релейной защиты и автоматики (РЗА) энергосистем.

Анализ литературы показал, что ИИ стал неотъемлемой частью нашей жизни, проникая во все сферы деятельности, включая энергетику. РЗА, как один из ключевых элементов обеспечения надежности и безопасности энергетических систем, также подвержена тенденциям внедрения ИИ [2]. Рассмотрим ключевые на сегодняшний день направления использования ИИ в РЗА.

### I. Самообучающиеся системы РЗА

Самообучающиеся комплексы РЗА на основе ИИ способны анализировать данные и адаптироваться к изменениям в системе, обеспечивая более быстрое и точное срабатывание соответствующих устройств по сравнению с традиционными методами. Это особенно важно для систем, работающих в условиях быстро меняющейся нагрузки и нестабильности сети.

Одним из главных преимуществ самообучающихся РЗА является возможность адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации. Системы на основе ИИ могут обучаться на базе имеющегося опыта эксплуатации и автоматически корректировать свои параметры в зависимости от изменений в сети. Это позволяет снизить вероятность ложных срабатываний и повысить эффективность работы оборудования.

Кроме того, самообучающиеся РЗА могут использоваться для прогнозирования аварийных ситуаций и предотвращения их развития. Они способны анализировать множество параметров сети и определять возможные проблемы до того, как они станут критическими. Такие системы позволяют своевременно принимать меры по устранению неполадок, обеспечивая надежную работу энергосистемы в целом.

Несмотря на все преимущества, у самообучающихся систем РЗА существуют некоторые ограничения. Так, они требуют большого количества данных для обучения, что может быть затруднительно для новых, недавно введенных в эксплуатацию систем или для комплексов, не оснащенных необходимыми каналами связи, по которым передаются технологические данные. Кроме того, многие существующие интеллектуальные модели являются недостаточно точными, в связи с чем они нередко являются ключевой причиной ложных срабатываний в цифровых сетях [3].

### II. Прогнозирование отказов оборудования

ИИ может использоваться для прогнозирования возможных отказов оборудования на основе анализа исторических данных и текущих условий работы системы. Это открывает возможность своевременного выявления и устранения потенциальных проблем, предотвращая возможные аварии и снижая затраты на ремонт и обслуживание. ИИ позволяет анализировать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и делать прогнозы на основе этих последних. В частности, для прогнозирования отказов могут использоваться алгоритмы машинного обучения, такие как нейронные сети, деревья решений и случайные леса. Рассмотрим их особенности и примеры внедрения в системы РЗА.

1. Нейронные сети. Одним из примеров использования нейронных сетей для прогнозирования отказов является система, разработанная компанией Siemens, которая анализирует данные о работе РЗА, получаемые от различных

датчиков, и на основе этой информации предсказывает возможные отказы. Если система обнаруживает высокую вероятность отказа, она автоматически отправляет уведомление оператору, который может принять меры для предотвращения аварии [4].

2. Деревья решений. Другой пример использования машинного обучения для прогнозирования отказов – это система, разработанная компанией Schneider Electric, которая использует деревья решений для анализа данных о работе РЗА. Она позволяет предсказывать возможные отказы на основе различных параметров, таких как температура, напряжение и ток. Если система обнаруживает высокий риск отказа, она в обязательном порядке отправляет автоматическое уведомление оператору [5].
3. Случайные леса. Случайные леса представляют собой ансамбль деревьев решений, каждое из которых обучается на случайных подмножествах специальных данных. Благодаря этому алгоритм способен выявлять сложные закономерности в информации, которые могут быть пропущены другими методами. Кроме того, случайный выбор подмножеств данных позволяет избежать переобучения и повысить точность предсказаний. Данный алгоритм может использоваться для решения различных задач в РЗА. Рассмотрим несколько примеров:
  - 1) прогнозирование технического состояния оборудования: случайный лес может использоваться для оценки износа оборудования на основе данных о его работе, что позволяет заранее планировать ремонт и замену оборудования и повышает надежность энергосистемы, снижает затраты на эксплуатацию;
  - 2) обнаружение аномалий в работе оборудования: случайный лес позволяет обнаружить отклонения в работе оборудования от нормальных значений, что также может быть полезно для выявления неисправностей и предотвращения аварийных ситуаций;
  - 3) определение причин возникновения аномалий: случайный лес способен выявить факторы, которые влияют на возникновение аномалий в работе оборудования, что дает возможность специалистам своевременно разработать меры по предотвращению подобных ситуаций в будущем [6].

Исследователи отмечают, что перспективы использования ИИ в прогнозировании отказов РЗА выглядят многообещающими. Однако для полного раскрытия потенциала этой технологии необходимо провести дополнительные исследования и разработать новые методы, которые смогут эффективно обрабатывать большие объемы данных и делать более точные прогнозы. Кроме того, необходимо учитывать возможные риски, связанные с использованием ИИ, такие как возможность возникновения ошибок и необходимость постоянного обновления моделей машинного обучения [4–6].

Таким образом, применение ИИ в РЗА открывает новые возможности для повышения надежности, безопасности и эффективности энергетических систем. Как показал анализ, для успешного внедрения ИИ необходимо учитывать его ограничения, такие как высокие требования к вычислительным мощностям и необходимость в качественной и подробной обучающей выборке. Важно также обеспечить безопасность систем ИИ-РЗА, поскольку они являются уязвимыми для кибератак. В целом, интеллектуализация устройств защиты и автоматики представляет собой перспективное направление развития энергетики, способное существенно улучшить многие показатели функционирования энергосистемы.

\*\*\*

1. Рахматуллин, С. С. Проблемы информационной безопасности современных интеллектуальных электроэнергетических систем / С. С. Рахматуллин // Программно-техническое обеспечение

- автоматизированных систем : Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Барнаул, 09 декабря 2021 года / Под редакцией А.Г. Якунина. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 87-90.
2. Рахматуллин, С. С. Перспективы внедрения искусственного интеллекта в отрасль электроэнергетики / С. С. Рахматуллин, А. К. Умурзаков, М. Д. Елфутин // От идеи к практике: социогуманитарное знание в цифровой среде : сборник научных трудов II Всероссийской научной конференции, Новосибирск, 28–29 марта 2022 года / Новосибирский государственный университет, Институт философии и права СО РАН. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. – С. 94-99.
  3. Тихомиров А.А. Электронные системы в релейной защите // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2019. – № 1. – С. 178-181.
  4. Иванов С.О., Никандров М.В., Славутский Л.А. Нейросетевое моделирование релейной защиты с временной задержкой // Вестник Чувашияского университета. – 2022. – № 3. – С. 53-60.
  5. Куликов А.Л. и др. Алгоритм дерева решений в задаче распознавания сложных аварийных режимов электрической сети // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – 2023. – № 1. – С. 484-493.
  6. Хальясмаа А.И., Ревенков И.С., Сидорова А.В. Применение технологии цифрового двойника для анализа и прогнозирования состояния трансформаторного оборудования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – № 3. – С. 99-113.

**Рахматуллин С.С.**

**Проблема возникновения в электроэнергетике повторной аварийной ситуации после срабатывания АПВ**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-608

**Аннотация**

В данной работе, основанной на анализе научной литературы, предпринимается попытка исследовать актуальные в настоящее время проблемы и трудности, возникающие при эксплуатации систем АПВ, а также предложить ряд современных решений, направленных на их минимизацию и устранение.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, автоматика энергосистем, релейная защита, повторное включение, аварийная ситуация.

**Abstract**

In this paper, based on the analysis of scientific literature, an attempt is made to investigate the current problems and difficulties encountered in the operation of reclosure systems, as well as to propose a number of modern solutions aimed at minimizing and eliminating them.

**Keywords:** electric power engineering, power system automation, relay protection, reclosure, emergency situation.

Автоматическое повторное включение (АПВ) является одним из наиболее распространенных и эффективных методов обеспечения надежности электроснабжения в энергетической промышленности. Принцип его работы заключается в автоматическом восстановлении питания после кратковременного отключения, вызванного коротким замыканием или другим аварийным событием.

АПВ позволяет быстро восстановить питание потребителей, минимизируя время перерыва в электроснабжении и снижая вероятность возникновения вторичных аварий. Однако, несмотря на все преимущества, системы АПВ в настоящее время имеют ряд важных ограничений, которые могут снизить эффективность их использования [1].

Цель данной работы – исследовать актуальные в настоящее время проблемы и трудности, возникающие при эксплуатации систем АПВ, а также предложить ряд современных решений, направленных на их минимизацию и устранение.



Как было упомянуто, АПВ – это функция релейной защиты, предназначенная для автоматического восстановления электроснабжения после его кратковременного прерывания. Она позволяет быстро вернуть систему в рабочее состояние, минимизируя время простоя и снижая вероятность возникновения аварийных ситуаций. Однако, несмотря на все преимущества, система АПВ сама может стать причиной возникновения аварий в энергосистеме, особенно если причина первоначального отключения не была полностью устранена. Действительно, анализ литературы показал, что одной из основных проблем при эксплуатации АПВ является возможность возникновения повторных аварийных событий после восстановления питания, которые приводят к новому отключению и возникновению каскадного эффекта. Возможные последствия последнего – массовое отключение потребителей, серьезные повреждения оборудования и нарушение работы энергосистемы в целом [2].

Повторное возникновение аварийной ситуации может произойти по нескольким причинам. Во-первых, АПВ может спровоцировать повторное возникновение короткого замыкания, если неисправный элемент не был заменен или отремонтирован. Во-вторых, АПВ может вызвать перенапряжение или перетоки мощности, что может привести к срабатыванию устройств РЗА или повреждению оборудования. В-третьих, АПВ может стать причиной неправильной работы комплектов защиты из-за изменения параметров режима после повторного включения [3].

Для предотвращения повторного возникновения аварийных ситуаций необходимо тщательно анализировать причины первоначального отключения и выбирать оптимальный режим повторного включения. Также важно контролировать состояние оборудования и проводить своевременный ремонт и замену неисправных элементов. Кроме того, следует использовать современные алгоритмы и устройства РЗА для обеспечения надежной работы энергосистемы [2, 3].

Как было упомянуто, АПВ может вызвать нежелательные эффекты, такие как перенапряжения (ПН) и перетоки мощности (ПТМ), которые могут привести к дополнительным повреждениям оборудования или вызвать ложное срабатывание РЗА. Рассмотрим некоторые аспекты возникновения данных проблем в электроэнергетике более подробно.

Исследования показывают, что ПН возникают в результате быстрого восстановления напряжения на шинах подстанции после отключения, что вызывает переходный процесс, сопровождающийся значительным повышением величины разности потенциалов. ПТМ возникают из-за перераспределения нагрузки между источниками питания после повторного включения, что может вызвать срабатывание устройств защиты и привести к нарушению режима работы энергосистемы [4].

Причинами возникновения ПН и ПТМ могут быть различные факторы, связанные как с параметрами энергосистемы (например, характеристиками линий электропередачи, трансформаторов и генераторов), так и с алгоритмами работы АПВ. К таким факторам относятся:

1. Время повторного включения. АПВ должно быть настроено таким образом, чтобы время повторного включения было оптимальным для каждой конкретной ситуации. Слишком короткое время может привести к возникновению ПН и ПТМ, а слишком длительное – к увеличению вероятности развития аварии в электроэнергетической системе.
2. Длительность перерыва электроснабжения. Если перерыв электроснабжения был длительным, то параметры энергосистемы могут измениться, что может привести к ПН и ПТМ при повторном включении.
3. Алгоритм выбора режима повторного включения. Выбор режима повторного включения должен быть основан на анализе параметров энергосистемы и определении оптимального времени реализации данного процесса для каждого случая.

4. Характеристики устройств релейной защиты: Устройства РЗА должны быть настроены таким образом, чтобы они не срабатывали при возникновении ПН и ПТМ.
5. Характеристики оборудования. Оборудование энергосистемы должно быть способно выдерживать ПН и ПТМ без повреждений и нарушения работы [5].

Для минимизации рисков возникновения ПН и ПТМ необходимо проводить тщательное проектирование и настройку АПВ с учетом всех вышеуказанных факторов, а также осуществлять мониторинг и контроль параметров энергосистемы в процессе эксплуатации. Предотвращение перенапряжений также может быть достигнуто путем использования соответствующих устройств защиты, таких как ограничители перенапряжений, а также путем оптимизации времени повторного ввода и выбора параметров устройств защиты. Специалисты отмечают, что для предотвращения перетоков мощности может потребоваться не только корректировка настроек комплектов РЗА, а также оптимизация работы источников питания и нагрузок [4, 5].

Таким образом, одним из ключевых аспектов обеспечения надежности энергосистем является своевременное и корректное срабатывание АПВ. Как показал анализ, несмотря на все преимущества использования АПВ, существует риск возникновения повторных аварийных ситуаций после срабатывания данного механизма. В ходе настоящего исследования выявлены ключевые причины возникновения аварий в энергосистеме при эксплуатации АПВ. Методами устранения данной проблемы являются: выбор оптимального режима АПВ, периодический контроль состояния оборудования РЗА, проведение своевременного ремонта и замены элементов устройств автоматического повторного включения, а также использование современных систем защиты для обеспечения необходимой надежности работы энергосистем, находящихся сегодня в эксплуатации в электроэнергетическом комплексе нашей страны.

\*\*\*

1. Вафин С.С. Влияние устройств автоматического повторного включения на линии электропередач // Мировые исследования в области естественных и технических наук. – 2023. – № 1. – С. 168-170.
2. Рахматуллин, С. С. Исследование интеграции мер по предотвращению аварий в энергосистеме и обществе / С. С. Рахматуллин // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : Сборник научных трудов X Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, Томск, 09–11 ноября 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 184-187.
3. Рахматуллин, С. С. Проблема скорости срабатывания релейной защиты и важность создания передовых математических методов ускоренной координации реле / С. С. Рахматуллин, В. Р. Сагиров, Л. Р. Мавляутдинов // Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 27 марта 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2022. – С. 34-36.
4. Картавцев В.В., Афоничев Д.Н. Внутренние перенапряжения в сельских электрических сетях и система их ограничения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 128-134.
5. Фокин Г.Г. и др. Очерк развития устройств однофазного АПВ в России // Релейная защита и автоматизация. – 2013. – № 3. – С. 98-102.

**Фурсов В.П.**

**Газовые котлы: энергоэффективное решение для вашего дома**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-609

#### **Аннотация**

Данная статья предоставляет руководство по выбору газовых котлов, учитывая различные факторы, включая энергетическую эффективность, тип и размер помещения, доступный вид газа, финансовые и экологические аспекты, а также вопросы безопасности.

Статья обращается к важности правильного выбора оборудования для обеспечения комфорта и безопасности дома или предприятия.

**Ключевые слова:** газовые котлы, отопление, энергетическая эффективность, размер помещения, вид газа, финансовые аспекты, экологические аспекты, безопасность, выбор оборудования.

### Abstract

This article provides guidance on the selection of gas boilers, taking into account various factors, including energy efficiency, type and size of the room, available type of gas, financial and environmental aspects, as well as safety issues. The article addresses the importance of choosing the right equipment to ensure the comfort and safety of a home or business.

**Keywords:** gas boilers, heating, energy efficiency, room size, type of gas, financial aspects, environmental aspects, safety, choice of equipment.

Газовые котлы играют важную роль в обеспечении тепла и горячей воды в домах, офисах и промышленных объектах. Их эффективность, экономичность и относительная чистота делают их популярным выбором для многих потребителей.

Прежде чем сделать окончательное решение о выборе газового котла, важно учитывать ряд факторов, которые могут повлиять на его эффективность, стоимость эксплуатации и влияние на окружающую среду. Например, при выборе газового котла следует обращать внимание на его энергопотребление. Современные модели обычно имеют высокий коэффициент эффективности, что позволяет сэкономить на расходах на газ и снизить воздействие на окружающую среду. Важно также учитывать размеры помещения, которое будет отапливаться газовым котлом. Например, для небольших квартир могут подойти компактные модели, в то время как для крупных домов или предприятий могут потребоваться более мощные котлы.

Помимо стоимости приобретения котла, следует также учитывать расходы на его эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Иногда инвестиции в более дорогие, но более эффективные модели могут окупиться за счет снижения расходов на энергию в будущем.

Газовый котел (ГК) – это устройство, использующее газовое топливо, такое как метан и пропан-бутан, для создания тепловой энергии с целью обогрева помещений и подогрева воды. Такие виды газовых топлив выбираются в основном из-за их доступности, экономичности, экологической безопасности и удобства использования в автоматизированных системах газовых котлов. Одноконтурные котлы способны обеспечивать только отопление здания, и для получения горячей воды необходимо установить дополнительный водонагреватель косвенного нагрева. Такие водонагреватели могут быть емкостными или проточными. Проточные водонагреватели нагревают воду при ее прохождении через них, подстраивая мощность нагрева в соответствии с заданной температурой на выходе. Основными характеристиками таких приборов являются минимальный поток воды (определенный двумя параметрами: минимальным протоком, который автоматика может обработать, и минимальной мощностью, которую может поддерживать прибор) и максимальный поток воды (зависит от максимальной мощности водонагревателя).

Водонагреватели емкостного типа, напротив, содержат в себе определенный объем воды, температура которой поддерживается на заданном уровне. Основными характеристиками таких приборов являются объем воды и мощность теплообменника, от которых зависит время нагрева. Двухконтурные котлы могут обеспечивать как отопление, так и нагрев воды. Для подогрева горячей воды (ГВС) они используют прочный теплообменник или встроенный емкостной водонагреватель косвенного нагрева. Двухконтурные котлы могут быть как проточными, так и емкостными. В котлах проточного типа для ГВС предусмотрен дополнительный теплообменник, который нагревает холодную воду с помощью первого контура. Система ГВС обычно имеет приоритет: когда кран с горячей водой открыт, котел переключается на подогрев воды, а отопление при этом останавливается. Это означает, что два

контура не могут работать одновременно. Двухконтурные котлы могут обслуживать одну или две точки водоснабжения. Если точек две, то котел устанавливается между ними, и для подогрева воды требуется некоторое время, так как сначала будет поступать холодная вода, а затем уже горячая. Двухконтурные котлы емкостного типа имеют схожую конструкцию с котлами проточного типа, за исключением наличия емкости для воды.

Сравнивая газовые котлы, находятся различные параметры, по которым можно провести анализ, такие как надежность, качество, долговечность, габариты и многие другие, но для этого сравнения необходимо учитывать конкретных производителей.

Начнем с рассмотрения двухконтурных котлов – котлы, где нагрев воды осуществляется с помощью проточного водонагревателя, обладают следующими преимуществами:

1. Способны обеспечивать отопление частного дома площадью до 300 квадратных метров, обеспечивая при этом горячее водоснабжение.
2. Показывают высокую надежность в эксплуатации.
3. Монтажные работы выполняются с минимальными затратами.
4. Компактный дизайн двухконтурного котла не портит интерьер помещения.
5. Обладают легкостью в управлении.

Однако у двухконтурных котлов проточного типа есть и свои недостатки:

1. Проточный теплообменник быстро скапливает накипь, что может привести к проблемам.
2. Горячая вода не поступает из крана мгновенно.
3. Относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД).

Двухконтурные котлы емкостного типа можно разделить на два варианта:

1. Газовые котлы с встроенным бойлером малого объема (до 60 литров).
2. Газовые котлы с отдельной накопительной емкостью, размещенной рядом с газовым агрегатом.

В первом случае устройство позволяет использовать до 400 литров воды с температурой до 30°C всего за 30 минут, с минимальным интервалом между повторным использованием теплой воды в 20 минут. Эти котлы обладают следующими характеристиками:

1. Безопасная эксплуатация благодаря внутренней системе защиты.
2. Легкий монтаж.
3. Позволяют обеспечить до 4 точек водозабора с одновременным отоплением помещения площадью не более 350 квадратных метров.
4. Обладают легкостью в управлении и обслуживании.

Недостатками двухконтурных котлов емкостного типа являются:

1. Относительно низкий КПД.
2. Ограниченный объем бойлера.
3. Дополнительные потери тепла.

Рассматривая одноконтурные котлы проточного типа, можно выделить следующие достоинства и недостатки:

Достоинства:

1. Максимальный КПД.
2. Удобство эксплуатации.
3. Надежность.

Недостатки:

1. Высокая стоимость.
2. Сложность монтажа.

Итак, при выборе газового котла следует учитывать индивидуальные потребности и требования. Например, для обеспечения надежности можно выбрать одноконтурный котел с водонагревателем. Если бюджет ограничен, то двухконтурный газовый котел может быть более доступным вариантом, учитывая, что разница в цене небольшая. Для небольших частных домов наиболее целесообразно выбирать двухконтурные котлы проточного типа. А если вам нужно

обеспечить горячей водой большую семью и часто принимать ванну, то двухконтурный газовый котел емкостного типа может быть хорошим решением.

В конечном итоге, выбор газового котла – это индивидуальное решение, которое зависит от конкретных потребностей, возможностей и предпочтений каждого потребителя. Поэтому перед принятием окончательного решения рекомендуется обратиться к профессионалам в области отопительной техники для получения консультации и помощи в подборе оптимального варианта. Ведь правильный выбор газового котла может обеспечить комфорт и безопасность вашего дома или предприятия на долгие годы.

\*\*\*

1. Лохматов В. М. Автоматизация промышленных котельных. – Л.: Энергия, 1970. – 208 с.
2. Мухин В. С., Саков И. А. Приборы контроля и средства автоматизации тепловых процессов. – М.: Высшая школа. 1988. – 266 с.
3. Раппопорт Б. М., Седанов Л. А., Ярхо Г. С., Рудинцев Г. И. Устройства автоматического регулирования и защиты котельных горных предприятий. М.: Недра, 1974. – 205 с.

**Хакимова А.И.**

### **Оптимизация тепловых процессов на электростанциях через регенерацию**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-610

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает важность подсистем регенерации тепла в тепловых схемах электростанций. Принципы работы тепловой схемы и основные этапы процесса генерации электроэнергии объясняются, а также выделяется роль регенерации тепла в повышении эффективности и устойчивости работы электростанций.

**Ключевые слова:** подсистемы регенерации тепла, тепловая схема, электростанция, теплообмен, энергоэффективность, устойчивость, рекуперация, теплоизоляция, интеграция энергосистем.

#### **Abstract**

This article examines the importance of heat recovery subsystems in thermal circuits of power plants. The principles of the thermal circuit and the main stages of the electricity generation process are explained, and the role of heat recovery in increasing the efficiency and sustainability of power plants is highlighted.

**Keywords:** heat recovery subsystems, thermal circuit, power plant, heat transfer, energy efficiency, sustainability, recovery, thermal insulation, integration of energy systems.

Электростанции представляют собой сложные инженерные системы, в основе работы которых лежат принципы преобразования различных форм энергии в электрическую энергию. В процессе преобразования энергии в электростанциях происходят различные термодинамические процессы, среди которых важное место занимает регенерация тепла. Подсистемы регенерации тепла играют ключевую роль в повышении эффективности электростанций и снижении затрат на энергоресурсы.

Передовые технологии в области энергетики стремятся к повышению эффективности производства электроэнергии и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Подсистема регенерации тепла представляет собой инженерное решение, направленное на повторное использование тепловой энергии, которая иначе была бы потеряна. В принципиальной тепловой схеме электростанции, регенерация тепла играет критическую роль, так как она позволяет увеличить тепловой КПД процесса и значительно снизить затраты на

энергоносители. Особенности подсистемы регенерации тепла принципиальной тепловой схемы электростанции можно выделить следующие:

При работе электростанции большое количество тепла уносится отходящими газами. Система регенерации тепла направлена на захват и рекуперацию этой потерянной энергии. Одним из способов достижения этой цели является использование теплообменников для передачи тепла от отходящих газов к подающему тепловому носителю;

Регенерация тепла также может осуществляться путем повышения температуры подающего теплового носителя за счет тепла, которое обычно теряется, что позволяет увеличить эффективность работы теплового цикла и снизить затраты на топливо;

Система регенерации тепла требует комплексной оптимизации тепловых процессов, включая в себя выбор оптимальных материалов для теплообменников, настройку параметров работы системы и постоянный мониторинг эффективности.

Принципиальная тепловая схема станции разрабатывается с учетом термодинамических циклов энергетических установок. Ее целью является выбор и оптимизация основных параметров и расходов рабочих сред установленного оборудования.

Реализация тепловой схемы может быть двух видов: принципиальной (упрощенной) и полной. Принципиальная схема представляет собой упрощенную версию, включающую лишь условные обозначения основного оборудования и связующие их линии. В ней могут отсутствовать резервное оборудование, перепускные и дренажные линии, а также регулирующая арматура и другие устройства, необходимые для продолжительной работы установок или для переходных режимов. Принципиальные схемы часто используются на начальных этапах проектирования и в учебных материалах.

Полная тепловая схема представляет собой итоговый документ, составленный на основе детальных схем отдельных узлов. Она включает в себя все элементы: установленное оборудование, резервное оборудование, трубопроводы, регулирующую арматуру и все связи между ними. Полные схемы разрабатываются на более поздних этапах проектирования.

Общая схема включает в себя несколько ключевых этапов: генерация тепла, преобразование тепловой энергии в механическую энергию и, наконец, преобразование механической энергии в электрическую энергию.

Регенерация тепла – это процесс, при котором тепло, иначе уходящее в окружающую среду, перенаправляется для использования в других частях процесса. Основная цель регенерации тепла заключается в повышении эффективности использования тепловой энергии и снижении затрат на топливо или другие энергоресурсы.

Наиболее распространенным способом регенерации тепла на электростанциях является использование рекуперативных теплообменников. Такие устройства позволяют передавать тепло от отходящих газов или паров к исходящим, что позволяет повысить температуру воздуха или подогреть подачу воды перед ее нагревом в котлах. Таким образом, часть энергии, которая обычно уходила бы в окружающую среду, переиспользуется для предварительного нагрева воздуха или воды, что позволяет сэкономить на использовании дополнительных топливных ресурсов.

Регенеративный подогрев основного конденсата и питательной воды является важным методом повышения экономичности установок. Пар, отбираемый из нерегулируемых отборов турбины, используется для подогрева питательной воды. Воздухоудаляющее устройство обеспечивает нормальный теплообмен в конденсаторе и других аппаратах, а также обеспечивает быстрый набор вакуума при запуске.

Регенеративные установки включают различные компоненты, такие как подогреватели, деаэраторы и водоструйные эжекторы. Они регулируются электронными регуляторами для обеспечения эффективности и безопасности работы электростанции. Для удовлетворения теплофикационных нужд предусмотрены отборы на подогреватели сетевой воды в турбине. Все эти компоненты и устройства обеспечивают эффективную работу электростанции и повышают ее энергетическую эффективность.

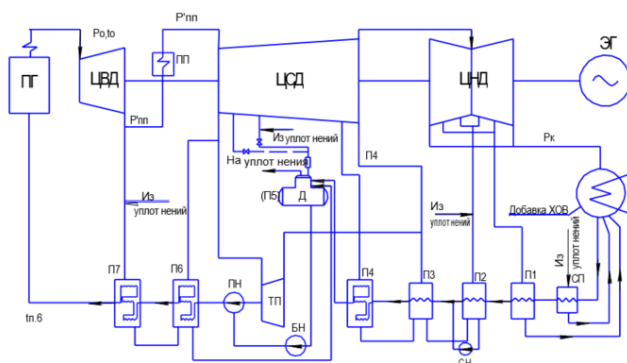


Рисунок 1. Регенеративная установка.

С развитием технологий и инженерных решений продолжает улучшаться эффективность подсистем регенерации тепла на электростанциях. Одним из направлений развития является интеграция более эффективных теплообменных систем, которые могут эффективно передавать тепло в различных условиях работы станции. Также исследуются новые материалы и теплоизоляционные технологии, которые позволяют снизить потери тепла во время его передачи и сохранить более высокие температуры в системе, что способствует повышению тепловой эффективности.

Другим направлением развития является интеграция подсистем регенерации тепла с другими формами энергии, такими как солнечная и ветровая энергия, позволяя создать гибридные энергетические системы, которые могут эффективно использовать различные источники энергии и обеспечивать непрерывное и стабильное электроснабжение.

Несмотря на значительные преимущества, существуют вызовы, с которыми сталкиваются инженеры при проектировании и эксплуатации подсистем регенерации тепла. Один из главных вызовов – это балансирование между затратами на реализацию и эксплуатацию подсистемы и ожидаемыми экономическими и экологическими выгодами.

Путем перенаправления тепла, которое обычно уходит в окружающую среду, для использования в других частях процесса, подсистемы регенерации тепла позволяют снизить затраты на топливо, повысить тепловую эффективность и сократить негативное воздействие на окружающую среду. Таким образом, интеграция подсистем регенерации тепла является важным шагом на пути к созданию более устойчивых и эффективных электростанций.

\*\*\*

1. Макаров А. А., Чимятов В. Н. Возможности энергосбережения и пути их реализации // Теплоэнергетика. – 1995. – № 6. – С. 2–6.
2. Мухин В. С., Саков И. А. Приборы контроля и средства автоматизации тепловых процессов. – М.: Высшая школа. 1988. – 266 с.
3. Научно-технические и организационно-экономические проблемы внедрения энергосберегающих технологий / В. В. Бушуев, Б. Н. Громов, В. И. Доброхотов и др. // Теплоэнергетика. – 1997. – № 11. – С. 8–15.

**Хакимова А.И.**

### **Парокомпрессионные теплонасосные установки в технологическом водоснабжении ТЭС**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-611

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает применение парокомпрессионных тепловых насосов в технологическом водоснабжении тепловых электростанций (ТЭС). Описывается принцип работы ПКТН, их роль в энергосбережении и снижении экологической нагрузки, а также преимущества и перспективы использования данной технологии в энергетической отрасли.



**Ключевые слова:** парокомпрессионный тепловой насос, технологическое водоснабжение, тепловая энергия, энергоэффективность, тепловая электростанция, устойчивое развитие, экологическая эффективность.

### Abstract

This article examines the use of steam compression heat pumps in the process water supply of thermal power plants (TPP). It describes the principle of operation of PCTs, their role in energy saving and reducing environmental stress, as well as the advantages and prospects of using this technology in the energy industry.

**Keywords:** steam compression heat pump, process water supply, thermal energy, energy efficiency, thermal power plant, sustainable development, environmental efficiency.

С учетом растущих требований к устойчивому развитию и сокращению выбросов парниковых газов, промышленные предприятия, включая тепловые электростанции (далее – ТЭС), все более ориентируются на применение новых технологий, направленных на повышение энергоэффективности и снижение экологического воздействия. В этом контексте, парокомпрессионные теплонасосные установки (далее – ПТУ) привлекают все большее внимание как перспективное решение для технологического водоснабжения в ТЭС.

Парокомпрессионный тепловой насос (далее – ПКТН) – это устройство, использующее тепловую энергию для перемещения тепла из низкотемпературной среды в высокотемпературную среду с использованием пара в качестве рабочего тела

В контексте ТЭС, ПКТН могут быть внедрены для обеспечения процессов технологического водоснабжения, где тепло из различных источников, таких как выхлопные газы, может быть использовано для повышения эффективности процесса.

Классификация тепловых насосов представляет собой важный аспект при выборе оптимального варианта для конкретного применения. В зависимости от различных характеристик и функциональных возможностей, тепловые насосы могут быть разделены на несколько категорий.

1. По агрегатному состоянию возобновляемого низкотемпературного источника теплоты (НИТ) и нагреваемой среды:
  - Тепловые насосы типа «вода-вода»: используются для переноса тепла между двумя водными средами;
  - Тепловые насосы типа «воздух-вода»: используются для извлечения тепла из воздуха и передачи его в водную среду;
  - Тепловые насосы типа «воздух-воздух»: извлекают тепло из воздуха и передают его обратно в воздушную среду;
  - Тепловые насосы типа «вода-воздух»: используются для нагрева воздуха с помощью тепла из водной среды.
2. По типу используемого компрессорного оборудования:
  - Спиральные тепловые насосы;
  - Поршневые тепловые насосы;
  - Винтовые тепловые насосы;
  - Турбокомпрессорные тепловые насосы;
3. По виду приводного двигателя:
  - Электроприводные тепловые насосы;
  - Тепловые насосы с приводом от тепловых двигателей, таких как двигатели внутреннего сгорания, паровые, газовые или гидравлические турбины.
4. По применяемому рабочему телу (хладону):
  - Низкотемпературные тепловые насосы;
  - Среднетемпературные тепловые насосы;
  - Высокотемпературные тепловые насосы.

5. По степени герметичности соединения с приводом:
  - Герметичные тепловые насосы;
  - Бессальниковые тепловые насосы;
  - Сальниковые тепловые насосы.
6. По оперативным функциям:
  - Тепловые насосы только для отопления;
  - Тепловые насосы для отопления и охлаждения;
  - Интегрированные системы на основе тепловых насосов;
  - Тепловые насосы, предназначенные исключительно для горячего водоснабжения.

ПКТН представляют собой эффективные системы для переноса тепла с одного места на другое с использованием теплового компрессионного цикла. Данный тип установок широко используется благодаря своей простоте и эффективности.

Применение парокомпрессионных тепловых насосов в технологическом водоснабжении ТЭС представляет собой инновационное решение, которое способно значительно повысить энергоэффективность и экономичность процессов.

Одним из ключевых преимуществ применения ПКТН в ТЭС является возможность эффективного использования отходящего тепла. Тепловая энергия, выделяемая в процессе работы ТЭС, может быть направлена на питание парокомпрессионного теплового насоса. Пар, полученный из низкотемпературной среды (например, из охлаждающей воды), сжимается компрессором, что повышает его давление и температуру. Затем пар конденсируется в конденсаторе, передавая тепло окружающей среде или используя его для нагрева воды, необходимой для технологических процессов на ТЭС.

Тепло, выделяемое при конденсации пара, может быть эффективно использовано для нагрева воды, используемой в различных технологических процессах на ТЭС, таких как подогрев воды в котлах или производство пара для турбин. Охлажденный и сниженного давления пар проходит через расширитель, где происходит снижение его давления и температуры до уровня, необходимого для повторного испарения. После прохождения через расширитель пар возвращается в испаритель, где он испаряется, поглощая тепло из окружающей среды. Таким образом, цикл повторяется снова.

Преимущества применения ПТУ в ТЭС:

1. Использование отходящего тепла, которое ранее было потеряно, для процесса компрессии пара, что значительно повышает энергоэффективность системы.
2. Снижение выбросов парниковых газов за счет оптимизации энергопотребления и повторного использования тепла.
3. Легкость в интеграции в существующую инфраструктуру ТЭС и адаптация под различные условия и масштабы производства.

Хотя применение парокомпрессионных теплонасосных установок в ТЭС имеет значительные преимущества, существуют и вызовы, которые должны быть решены для их более широкого внедрения. Ключевые аспекты включают в себя:

1. Интеграция ПТУ требует тщательного проектирования и инженерных решений, особенно при адаптации к существующим ТЭС.
2. Внедрение новых технологий часто требует значительных инвестиций, которые могут стать барьером для некоторых предприятий.

Применение парокомпрессионных тепловых насосов в технологическом водоснабжении тепловых электростанций представляет собой перспективное направление развития энергетической отрасли.

Кроме того, внедрение парокомпрессионных тепловых насосов в технологическое водоснабжение ТЭС способствует улучшению устойчивости и надежности работы энергетических объектов. Благодаря оптимизации процессов нагрева воды и сокращению потребления энергии, тепловые электростанции могут функционировать более эффективно, что

в конечном итоге приводит к повышению общей производительности и снижению вероятности простоев или аварий.

В целом, парокомпрессионные тепловые насосы представляют собой инновационное и перспективное решение в технологическом водоснабжении тепловых электростанций. Их применение способствует увеличению энергоэффективности, снижению эксплуатационных расходов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду, что делает их важным элементом в современной стратегии устойчивого развития энергетики.

\*\*\*

1. Беляев, Н. М. Методы теории теплопроводности. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 1 / Н.М. Беляев, А.А. Рядно. - М.: Высшая школа, 1982. - 328 с.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Учебник / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2016. - 702 с.
3. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва: Машиностроение, 2012. - 464 с.
4. Пятифан. Выполнение тепловых схем энергетических установок. [Электронный ресурс]. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=47698>

**Konoplev N.I., Deshpeta A.A.**

### **Modeling of the power supply system of isolated objects**

*Far Eastern Federal University  
(Russia, Vladivostok)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-612

*Scientific advisor: Taranenko O.I.*

#### **Abstract**

The article considers the issue of developing digital mathematical models of energy complexes providing power supply to remote settlements. The composition of the developed model is analyzed in detail. This model can be used to select the optimal parameters of energy complexes and evaluate their economic efficiency.

**Keywords:** renewable energy sources, digital model, optimization, isolated power systems, power engineering.

#### **Аннотация**

В статье рассмотрен вопрос разработки цифровых математических моделей энергокомплексов, обеспечивающих электроснабжение удалённых населённых пунктов. Подробно разобран состав разработанной модели. Данная модель может использоваться для выбора оптимальных параметров энергокомплексов и оценки их экономической эффективности.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, цифровая модель, оптимизация, изолированные энергосистемы, энергетика.

The development of renewable energy sources (RES) is a global trend for economic, social and environmental reasons, including climate change and the reduction of greenhouse gas emissions. The Russian Arctic is no exception, nor are the remote areas of the Russian Federation, where the problems are more acute than in the main part of the country. Harnessing local energy resources - wind, solar and small rivers - is one way to reduce significantly the cost of delivering fuel to remote areas and increase the reliability of their energy supply.

The need to provide timely and uninterrupted power of the required quality to isolated facilities depends largely on organizing optimal control of heterogeneous generation sources, taking into account their geographical and climatic characteristics and load profiles. Without the use of digital

models in the initial phases of a power project, the design and operating costs of correcting project errors in subsequent phases of implementation will rise considerably.[1]

The digital model of the automated hybrid power plant (AHPP) is a dynamic virtual environment which accurately reflects the real operating conditions of the hybrid energy complex and allows the system control to be tested and optimised and the best equipment parameters to be selected.

### Disel-Generator Set Module

The disel-generator set (DGS) consists of several built-in components from the SimInTech library, including a diesel engine, synchronous generator, and generator excitation system (Fig. 1).[2]

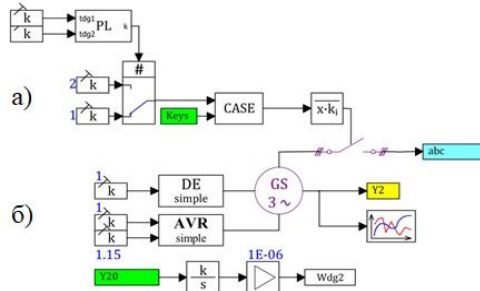


Figure 1. DGS Model.

### Wind Power Plant Module

The wind power plant (WPP) is represented by a block for setting the current power of the WPP, determined by the current values of the wind speed at a given time, and a block for outputting the WPP power. The WPP power output unit is a controlled three-phase voltage source. The output power is calculated on the basis of the specified energy characteristics of the installed wind turbines. Figure 2 shows the structure of the WPP model and its components.

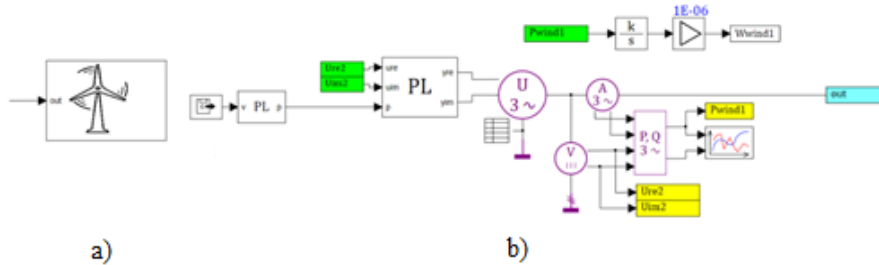


Figure 2. Model of the WPP power output module: a) the appearance of the power output module b) the components of the WPP module

### Energy Storage System Module

The energy storage system (ESS) power output unit operates as follows: the electromotive force (EMF) value of the voltage source is determined based on the calculated power and output voltage of the ESS. This ensures that the system receives the necessary power or consumes any excess, which is then stored in the accumulation system. Figure 3 illustrates the ESS module.[3]

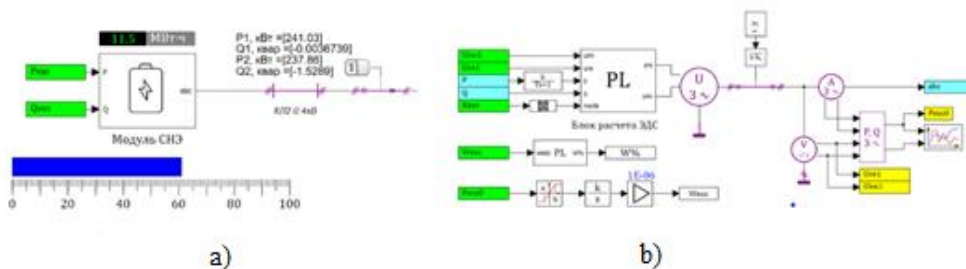


Figure 3. Model of ESS module: a) the appearance of the ESS module b) the components of the ESS module

### Variable Load Module

The load nodes are created using the SimInTech EC-Static v.2.0 library block 'Static, 3-phase, controlled load'. This unit models a three-phase static load, which is represented by the active and reactive power values that depend on the voltage. Figure 4 shows a graphical representation of the AHPP's load connected to the network.[3]

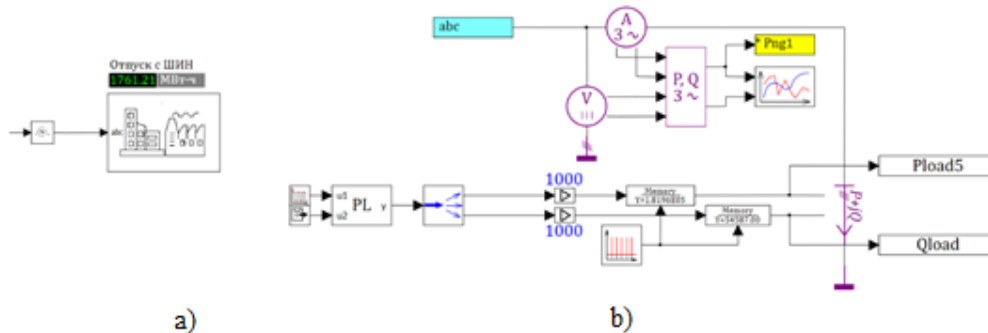


Figure 4. Structure of variable load module: a) the appearance of the module; b) the components of the module

### Diesel Power Plant Fuel Consumption Calculation Module

The diesel power plant (DPP) diesel fuel consumption calculation module displays the total fuel consumption for the operation of all units. The power of the diesel generator set is inputted into the diesel fuel consumption calculation unit of the DPP, which then calculates the amount of fuel consumed in liters based on the specified consumption characteristics. Figure 5 shows a graphical representation of the fuel consumption calculation module.

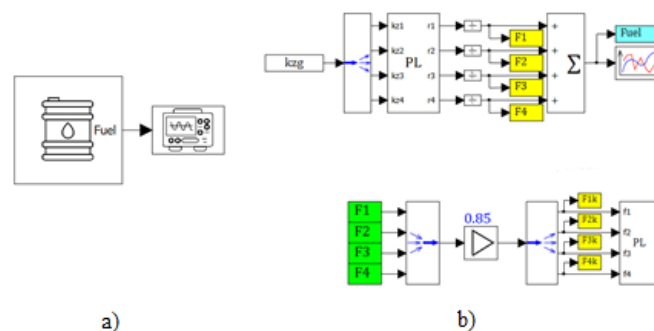


Figure 5. Model of fuel consumption calculation module: a) the appearance of the module; b) the components of the module.

### System Control Module

The DGS and ESS control unit is also based on the programming block. The programming language of the SimInTech dynamic modeling environment is similar to the programming languages Fortran and Pascal.

The DGS switching control operates as follows: if any of the DGS becomes overloaded by more than 80% of the rated active power, another DGS is switched on, and so forth. When the DGS are slightly loaded, the ESS power controls are activated. Depending on the current capacity of the ESS and the WPP generation, different operating modes are selected to correspond to various ratios between the WPP generation and the loads on the station's tires.

### Modelling results

In order to test the developed model, a configuration was assembled consisting of four DGS, each with a capacity of 160 kW, two 225 kW wind turbines, and three energy storage devices: a 50 kWh lithium-ion battery, a 320 kWh flow vanadium battery, and a 1743 kWh hydrogen storage system. The model is illustrated in Figure 6.

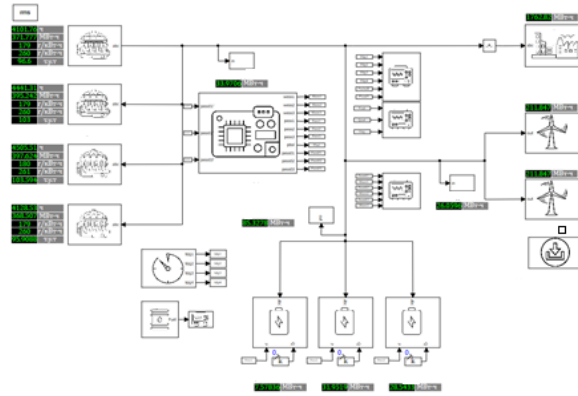


Figure 6. Developed model of AHPP.

Figure 7 shows some data on the station's operation obtained from simulation results. The graphs demonstrate the algorithm's operation with excessive generation of renewable energy sources, resulting in energy accumulation in all SNES. Additionally, a short-term transition of the system to a mode with complete shutdown of diesel generators and operation of consumers from storage systems and wind turbines is visible. The algorithms' performance was observed throughout a year-long modelling period.

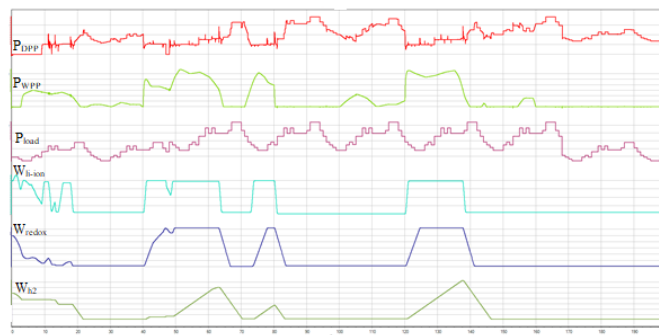


Figure 7. Testing of the control algorithm, where:  $P_{DPP}$  – total generation capacity of DGS, kW;  $P_{WPP}$  – total generation capacity of WPP, W;  $P_{load}$  – load capacity, W;  $W_{li-ion}$  – lithium-ion battery charge, W·h;  $W_{redox}$  – charge of the flow storage device, W·h;  $W_{h2}$  – charge of the hydrogen storage device, W·h.

## Conclusion

The testing of the developed model in a dynamic modelling environment demonstrated its readiness to function under real-time changing operating conditions. This model can be used to optimize and test various control algorithms, as well as to select the optimal parameters of the equipment used and evaluate the economic efficiency of system modernization.

\*\*\*

1. Taranenko O.I., Yakibchuk S.Yu. Power supply of remote settlements// Collection of papers from International scientific conference «Technical and natural sciences» by HNRI «National development». October 2020. – SPb.: HNRI «National development», 2020. –pp. 57-59.
2. Yu.N., Kalachev, Modeling in an electric drive. Instructions for understanding Simintech, Moscow, 2019.
3. Belsky A. A., Dobush V.S., Analysis of the characteristics of Russian lithium-ion batteries. Industrial energy. - 2019. - No. 9. - pp. 25-32.



## РАЗДЕЛ XXVIII. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Галимова К.Р.

### Радиосвязь коротких волн в арктических условиях при ЧС

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-613

#### Аннотация

Данная статья рассматривает применение средств радиосвязи коротких волн в управлении силами и средствами по чрезвычайным ситуациям в арктических условиях. В контексте сурового климата и труднодоступности региона, эффективное использование средств радиосвязи КВ - диапазона играет ключевую роль в оперативной координации спасательных операций и обеспечении безопасности.

**Ключевые слова:** средства радиосвязи, короткие волны, ЧС, управление силами и средствами, экстренная связь, спасательные операции

#### Abstract

This article examines the use of short-wave radio communications (HF band) in the management of emergency forces and facilities in Arctic conditions. In the context of the harsh climate and the inaccessibility of the region, the effective use of HF radio communications plays a key role in the operational coordination of rescue operations and ensuring safety.

**Keywords:** radio communications, short waves, emergency situations, force and means management, emergency communications, rescue operations

Северные широты – это крайне непредсказуемая и непростая среда, где чрезвычайные ситуации могут возникнуть в любое время. В таких условиях оперативное управление силами и средствами МЧС (Министерства по чрезвычайным ситуациям) становится особенно важным. Для обеспечения эффективной работы спасателей, координации операций и своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации в северных регионах широко используются средства радиосвязи коротких волн (далее - КВ диапазона).

Северные широты представляют собой суровый климатический пояс, где сильные морозы, снегопады, арктические бури и туманы являются обыденным явлением. Кроме того, в этих регионах часто наблюдаются затруднения с мобильной связью из-за удаленности от центров обслуживания, ландшафтных особенностей и недостаточной инфраструктуры. В условиях, когда время – решающий фактор для спасения жизней и имущества, связь становится незаменимым инструментом для организации координации и оперативного реагирования.

Средства радиосвязи КВ обладают уникальными свойствами, которые делают их эффективным инструментом для обеспечения связи в северных широтах. Вот несколько преимуществ применения средств радиосвязи КВ диапазона:

- + В отличие от более высоких частот, средства радиосвязи КВ диапазона обладают большей дальностью действия и способны передавать сигнал на значительные расстояния.
- + Они более устойчивы к атмосферным помехам, таким как ауроральные явления и сильные атмосферные давления, что делает их надежным средством связи даже в экстремальных условиях.
- + В случае катастроф и аварий, когда мобильная связь может быть нарушена или недоступна, данные средства связи позволяют организовать экстренную связь между оперативными группами МЧС, координировать спасательные операции и управлять силами и средствами на месте происшествия.



- + Радиостанции на КВ диапазоне компактны, легки в установке и могут быть быстро задействованы в любом месте, что делает их идеальным выбором для спасательных операций в отдаленных и труднодоступных районах.

Арктический регион подвержен риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В среднем ежегодно в регионе происходит до 100 чрезвычайных ситуаций природного характера и природных пожаров. При этом отмечается их постоянный рост. Развитие ресурсных баз и освоение Арктической зоны Российской Федерации несут в себе новые риски. Комплексная система обеспечения безопасности населения и территории Арктической зоны РФ позволит своевременно предотвращать чрезвычайные ситуации, в том числе крупномасштабные. МЧС России повысило эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации и пожары, обеспечив тем самым защиту экономически важных объектов.

Арктический регион имеет ряд специфических особенностей, влияющих на современное состояние и перспективы развития систем радиосвязи. Основными из них являются следующие:

- Физико-географические особенности северных широт;
- Сложное состояние ионосферы, обусловленное солнечной активностью.

В этом контексте особое место занимает развитие систем управления и средств связи. Среди всех средств управления особое место занимает высокочастотная и сверхвысокочастотная радиосвязь. КВ -радиосвязь - это не только экономичный способ организации дальней связи, но и признанная система стратегического резервирования. В то же время основными недостатками КВ радиосвязи являются: зависимость от состояния ионосферы Земли и ограниченная скорость передачи информации, обусловленная многолучевым распространением радиоволн. Кроме того, к основным недостаткам можно отнести отсутствие связи в полярных и прибрежных районах.

Особое внимание следует уделить нарушениям радиосвязи КВ. Исследования показали, что особенности распространения радиоволн во многом зависят от структуры атмосферы и влияния земной поверхности. Например, помехи от авроральной и полярной ионосферы могут серьезно влиять на сигналы радиоканалов, проходящих через ионосферу в высоких широтах. В последнее время предпринимаются большие усилия для того, чтобы научиться моделировать и прогнозировать основные параметры авроральной и полярной ионосфер. Проявление природных геофизических явлений особенно ярко выражено в полярных областях, что создает наибольшие трудности для работы систем радиосвязи КВ.

К основным особенностям, влияющим на распространение радиоизлучения (и радиосвязи) на  $50^\circ$  с.ш. и выше, относятся минимум северной (полярной) стенки основных ионосферных разломов, неоднородность простирающаяся ионосферы вдоль магнитных линий притяжения, начинающихся в зонах D (60-90 км), E (90-120 км) и F1,2 (130-140 км), а также авроральный эллипс. К северу от аврорального эллипса условия распространения радиоволн и качество связи контролируются ионосферой полярной шапки. Известно, что на коротковолновую радиосвязь сильно влияют ионосферные и магнитные помехи. Магнитные бури вызывают сильные возмущения в ионосфере, которые, в свою очередь, негативно влияют на состояние радиоэфира. Магнитные бури в высоких широтах могут практически полностью блокировать радиоэфир на несколько суток. Особенно сильно этот эффект проявляется в полярных областях, где солнечная активность усиливается, и радиосвязь может значительно ухудшаться, иногда вплоть до полного прекращения связи на длительные периоды времени. По современным представлениям, возмущения радиосвязи КВ обусловлены ионосферными процессами, большинство из которых тесно связано с солнечной активностью.

Наиболее серьезные помехи вызываются ионосферными бурями и суббурями, для которых характерно изменение критической частоты. Перечисленные факторы заставляют нас принимать новые концепции построения систем радиосвязи. На этой основе осуществляется автоматическое и адаптивное управление имеющимися средствами и параметрами КВ - системы радиосвязи для выбора оптимального режима работы с точки зрения решения задачи

передачи информации, что позволяет непрерывно контролировать состояние канала и использовать оптимальные в каждый момент времени конструкции кодирования сигнала, частоту, мощность и алгоритмы обработки сигнала.

В связи с вышеизложенным, при использовании высокочастотной радиосвязи для управления силами и средствами МЧС необходима следующая информация:

- Выбор оптимального количества используемых сигнальных частот;
- Использование структур кодирования сигналов (ортогонально-амплитудная модуляция и т.п.);
- Использование удаленных ретрансляторов вне места расположения пользователя системы КВ радиосвязи;
- Совместное использование ВЧ- и УКВ-диапазонов; - введение защитных интервалов между соседними базовыми посылками (противодействие многолучевости);
- Создание системы не только на основе организационных принципов, но и с учетом помеховой обстановки в районе.

Несмотря на развитие новых средств телекоммуникаций, современные КВ-системы по-прежнему играют важную роль, в том числе и в высоких широтах. По своим основным параметрам они сопоставимы с системами спутниковой связи, при этом значительно дешевле. Развитие КВ-связи позволяет создать резервную сеть с высокими эксплуатационными характеристиками, которая будет обеспечивать следующие функции:

- Сигнализация оповещения при отсутствии других (основных) каналов связи;
- Высокая устойчивость к техногенным и природным воздействиям.

Применение средств радиосвязи на КВ диапазоне играет ключевую роль в управлении силами и средствами МЧС в северных широтах за счет обеспечения надежной связи в условиях, когда обычные методы связи могут оказаться недостаточными или непригодными из-за суровых климатических условий и отдаленности мест происшествий.

\*\*\*

1. Васильев П. П. Безопасность жизнедеятельности. Экология и охрана труда. Количественная оценка и примеры: «Профессиональный учебник» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений. – М. : ЮНИТИ, 2003.
2. Кукин П. П. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда: учеб. пособие для студентов средних профессиональных учебных заведений. – М., 2002.
3. Репин Ю. В. Безопасность и защита человека в ЧС : учеб. пособие для студентов педагогических вузов. – М. : Дрофа, 2005.

**Коннов И.А.**

**Радиолокационные комплексы в превентивном контроле ЧС**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-614*

#### **Аннотация**

Данная статья обсуждает роль и значимость бортовых радиолокационных комплексов Ку-диапазона в мониторинге чрезвычайных ситуаций. Она описывает принцип работы таких комплексов, их способность обнаруживать, отслеживать и анализировать угрозы, а также их преимущества и перспективы применения в различных отраслях.

**Ключевые слова:** бортовые радиолокационные комплексы, ку-диапазон, мониторинг чрезвычайных ситуаций, обнаружение угроз, безопасность

**Abstract**

This article discusses the role and importance of Ku-band airborne radar systems in emergency monitoring. It describes the principle of operation of such complexes, their ability to detect, track and analyze threats, as well as their advantages and prospects for use in various industries.

**Keywords:** airborne radar systems, KU-band, emergency monitoring, threat detection, security

Бортовые радиолокационные комплексы являются современным средством наблюдения и контроля, применяемым в авиации, морском и наземном транспорте, которые оснащены передовыми радиотехническими системами, способными обнаруживать объекты на больших расстояниях и в различных условиях.

Радиолокационные комплексы Ку-диапазона используют электромагнитные волны для обнаружения, отслеживания и анализа объектов в окружающей среде. Они работают на частотах в диапазоне Ку, что обеспечивает высокую точность и разрешающую способность при наблюдении за объектами на земле, в воздухе и на воде.

Одной из ключевых функций бортовых радиолокационных комплексов Ку-диапазона – это обеспечение контроля чрезвычайных ситуаций. Благодаря своей высокой чувствительности и широкому обзору, радиолокационные комплексы могут быстро обнаруживать потенциальные угрозы, включая непредвиденные погодные явления, аварии, и другие чрезвычайные ситуации.

Анализируя данные, полученные от радиолокационного комплекса, операторы могут оценить масштаб и характер чрезвычайной ситуации, что позволяет принять соответствующие меры для ее управления и смягчения последствий. На основе данных, полученных от комплекса, операторы могут предоставить рекомендации и информацию службам безопасности и спасения для организации оперативных действий и координации усилий.

Применение бортовых радиолокационных комплексов Ку-диапазона в мониторинге чрезвычайных ситуаций обладает рядом преимуществ и перспектив:

- Скорость реакции: комплексы позволяют минимизировать время реакции на чрезвычайные ситуации.
- Широкий диапазон применения в различных отраслях, включая авиацию, морской и наземный транспорт, а также в оборонной сфере.
- Бортовые радиолокационные комплексы предлагают высокую точность и надежность при обнаружении и отслеживании объектов.

Методы дистанционного зондирования Земли и многоспектрального мониторинга за последние десятилетия оказались незаменимыми при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций различного характера. Возникла необходимость в создании единого информационного пространства для оперативного приема и обмена информацией, в том числе и радиолокационными снимками. До недавнего времени в режиме реального времени на пункты управления и далее к пользователям могла передаваться только оптическая информация, а радиолокационные данные приходилось обрабатывать на земле. Однако сейчас завершается создание малогабаритной многорежимной бортовой радиолокационной системы Ку - диапазона длин волн для оснащения перспективных беспилотных и вертолетных систем, позволяющей в режиме реального времени передавать на наземный пункт управления уже сформированную бортовую радиолокационную съемку.

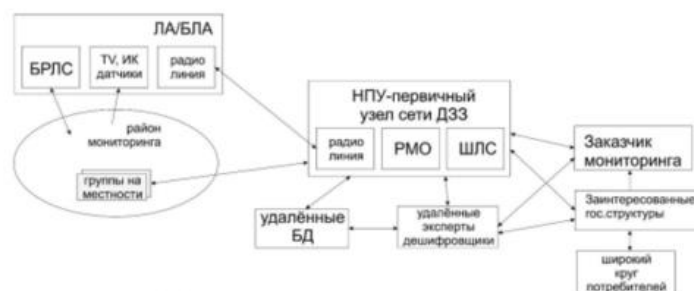


Рисунок 1. Структура взаимодействия в предлагаемой системе.

На рис. 1 показана архитектура предлагаемой системы приема и обмена информацией дистанционного зондирования Земли, в том числе и радиолокационной информацией в режиме, близком к реальному времени.

Основными особенностями являются малая масса и габариты, возможность мониторинга земной поверхности в различных режимах, а также возможность осуществления оператором перехода между режимами в режиме реального времени без посадки БПЛА-носителя. Данный БПЛА может найти широкое применение в таких областях, как системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (МЧС).

Режим RL позволяет получить радиолокационные изображения важных участков поверхности в кратчайшие сроки и с относительно низким разрешением. Главной особенностью этого режима является возможность получения информации непосредственно с участков поверхности на маршруте следования БПЛА-носителя. Разрешение по дальности - 7,5 м; Разрешение по азимуту - около 2 градусов. Поле зрения - 7,5; 30 км. Максимальное поле зрения - 800 .... +800 . В этом режиме можно устойчиво наблюдать: береговые рубежи, крупные здания, населенные пункты, катера, движущиеся транспортные средства (в режиме выбора движущихся целей).

В режиме TO SA возможно получение более детальных радиолокационных изображений в виде последовательности кадров в зоне переднего фланга по траектории движения. Разрешение по дальности и азимуту составляет 3-5 метров. В режиме бокового диапазона обеспечивается метровое и субметровое разрешение (при наличии точной навигационной информации). Реализованная модель характеризуется формированием RLI в реальном времени в формате кадра 1024x1024 пикселей (ограниченного полосой пропускания радиолиний). Очевидным недостатком такой организации передачи данных является уменьшение дальности наблюдения при улучшении детализации. Это ограничение можно обойти с помощью разработанного метода чередования режимов наблюдения, при котором режимы с меньшими разрешающими характеристиками, но большей шириной полосы захвата могут выдавать начальные условия (цели) для фотографирования с более детальным разрешением. Таким образом, сначала можно обнаружить объект, а затем сформировать его детальное изображение. Дальнейшее развитие программных средств должно быть продолжено в следующих направлениях:

- Декодирование и привязка к местности на основе данных мониторинга в Ku (2 см) радиолокационном диапазоне и исходных данных навигационных систем БПЛА;
- Интеграция с собственными и другими базами данных наблюдений в заданном районе для определения динамики развития обстановки и формирования оперативных прогнозов;
- Интеграция с центрами мониторинга и управления для автоматизации принятия решений;
- Разработка веб-интерфейсов для оперативного доступа через телекоммуникационные сети, с разграничением прав доступа, возможностями оперативного применения для дешифровки данных, самоидентификации изображений по "полевым" группам;
- Интеграция разнородных баз данных (RLI с различным разрешением, радиометрическая и оптическая информация);
- Обеспечение возможности привлечения удаленных экспертов к дешифрированию и динамической оценке ситуации.

Бортовые радиолокационные комплексы Ku-диапазона играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективного управления чрезвычайными ситуациями. Их способность обнаруживать и анализировать угрозы быстро и точно делает их неотъемлемой частью современных систем мониторинга и управления. С развитием технологий и

улучшением функциональности, их значение и вклад в общественную безопасность продолжит расти, делая мир более защищенным и подготовленным к чрезвычайным ситуациям.

\*\*\*

1. Стратонович Р.Л. Теория информации М., «Сов. радио», 1975. – 424 с
2. Аджемов С.С., Бокк Г.О., Зайцев А.Г. Исследование алгоритмов сверхразрешения в адаптивных антенных решетках // Радиотехника, 2000, – № 11.– С. 66-71.
3. Шорин О.А., Бокк Г.О. Оптимальная структура дискретной QAM-модуляции, обеспечивающая максимум информационной производительности радиоканала // Экономика и качество систем связи, 2018. – № 3 (9). – С. 9-17.

**Плотицын Л.К., Семенова С.Н.  
Создание FM-передатчика**

*Кубанский государственный университет  
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-615

**Аннотация**

Авторами статьи проведен опыт по созданию FM-передатчика. Поставлена цель: разработать проект радиопередатчика, собрать проект и запустить его в эфир. Решены такие задачи как: 1) выбор схемы; 2) подбор деталей для радиопередатчика; 3) сборка радиопередатчика. В результате работы был собран и протестирован радиопередатчик, и опытным путем удалось уточнить его дальность действия, которая составила около 60 метров.

**Ключевые слова:** радиопередатчик, схема, спайка, FM-передатчик, опыт.

**Abstract**

The authors of the article conducted an experiment on the creation of an FM-transmitter. The aim of the article was to develop a radio transmitter project, assemble the project and launch it on the air. The following tasks have been solved: 1) the selection of the circuit; 2) the selection of parts for the radio transmitter; 3) the assembly of the radio transmitter. As a result of the work, a radio transmitter was constructed and tested. Experimentally it was possible to clarify its 60 meters distance range.

**Keywords:** radio transmitter, circuit, spike, FM-transmitter, experience.

**Введение**

Изобретение радио – одно из важнейших открытий человечества, позволяющее с помощью радиоволн ускорить передачу сообщений без использования проводов на разные расстояния. Данная тема актуальна тем, что радиуправление активно развивается и используется в сегодняшнем мире в различных целях.

Вкратце дадим краткий экскурс в историю создания радиоприемника. Первый патент на беспроводную передачу электрического сигнала получил в 1872 году американский исследователь, Малон Лумис, заявивший в 1866 году об изобретении способа беспроводной связи.

Уильям Крукс не проводил исследований по технике передачи и приема электромагнитных волн, но будучи писателем, предположил «бесконтактную биологическую связь между головами людей» и публиковал свои идеи в статьях по данной тематике в различных журналах. Так, например, в 1892 г. в своей работе «Некоторые возможности применения электричества» в английском журнале общего профиля, описывая воображаемую приемо-передающую установку, он неоднократно применил термин «радио». Им также были заявлены в тексте статьи термины, такие как «диапазон», «чувствительность», «генерирование», «избирательность» и т.д., ставшие впоследствии общеупотребительными в данной области практически во всех языках мира.

Так, в США изобретателями беспроводной связи считают Дэвида Хьюза (1878 г.), а также Томаса Эдисона (1876 г.) и Николу Теслу (патент на передающее устройство с резонанс-

трансформатором в 1891 году). В Германии Генрих Герц в 1888 г. занимался изучением беспроводной связи; во Франции – Эдуард Бранли в 1890 г.; в ряде балканских стран – Никола Тесла (1891 г.); в Бразилии – Ландель де Муру (1893–1894 гг.); в Англии – Оливер Джозеф Лодж (1894 г.); в Индии – Джагдиш Чандру Боше (1894–1895 гг.); а в России – Александр Степанович Попов (1895 г.) и Яков Наркевич-Иодко (1890 г.) [1].

В европейских странах создателем первой успешной системы беспроводной передачи телеграфного сигнала считается итальянский инженер Гульельмо Маркони (1895–1896 гг.).

В СССР и в бывших союзных республиках одним из изобретателей беспроводного телеграфа считался Александр Степанович Попов (1901 г.). В экспериментах, проведенных в специализированном кабинете физики, а позже в саду Минного офицерского класса, его «прибор Попова» обнаружил излучение электромагнитных волн на расстоянии до 60 м от передатчика. Так, на научном заседании Русского физико-химического общества в Петербурге 25 апреля (7 мая) 1895 года А.С. Попов продемонстрировал, как указано в документальном протоколе заседания, «прибор, предназначенный для показывания быстрых колебаний в атмосферном электричестве». А, начиная с 1945 года 7 мая отмечается нашей страной (Россией), как День радио.

Первое время радиоволны не использовались для передачи звука. Канадский изобретатель Реджинальд Фессенден смог промодулировать радиосигнал звуковым сигналом, корректно подключив угольный микрофон в разрыв провода антенны искрового передатчика. Таким образом, 23 декабря 1900 года Реджинальд Фессенден воплотил в действительность передачу звукового сигнала на расстояние примерно в 1 милю (1,61 км) [1].

Каждый, из приведенного нами ряда широко известных ученых и специалистов в той или иной степени, связанных с изучением и развитием беспроводной связи, внес свой ценнейший вклад в развитие науки и техники.

### **Принцип работы радиопередачи**

Установлено, что на приемной стороне радиоволны наводят модулированный сигнал в приемной антенне, откуда он затем поступает в радиоприемник. Здесь система фильтров выделяет из множества наведенных в антенне токов от разных радиопередатчиков и от других источников радиоволн сигнал с определенной несущей частотой. А, детектор восстанавливает из него модулирующий информационный (полезный) сигнал. Этот сигнал, вероятнее всего, немного отличается от передаваемого сигнала радиопередатчиком в результате влияния различных помех. Итак, передача сигнала происходит следующим образом: на передающей стороне образуется сигнал с необходимыми характеристиками, такими как частота и амплитуда сигнала. После этого передаваемый сигнал воспроизводит более высокочастотное колебание (несущее). Полученный модулированный сигнал излучается антенной в пространство. На приемной стороне радиоволны наводят модулированный сигнал в антенне, затем он демодулируется и фильтруется ФНЧ (фильтр нижних частот), избавляясь тем самым от высокочастотной составляющей – несущей. Таким образом, происходит извлечение полезного сигнала. Получаемый сигнал может немного отличаться от сигнала, передаваемого передатчиком (происходят искажения в результате помех и наведений) [3].

### **Пошаговая инструкция по созданию радиоприемника**

Чтобы добиться логичности и точности в проведении нашего исследования, была изучена специализированная литература по созданию радиоприемника. Пользуясь рекомендациями, предложенными в пособии «Принципы работы радиопередатчика», мы выполнили основные требования и выбрали схему, которая корректно бы работала без помех в эфире.

Благодаря инструкции по созданию радиопередатчика [2] в домашних условиях, наша работа была запланирована и осуществлена в следующей последовательности:

1. Был осуществлен подбор схемы и компонентов.
2. Проведена смотка катушки по параметрам (7–8 витков провода диаметром 0,6–1 мм, на оправке 5 мм).
3. Найден корпус под монтажную плату.



4. Выполнены обрезка текстолита и сверление множества отверстий в корпусе под монтажную плату.
5. Осуществлена спайка всех деталей согласно выбранной схеме.
6. Установлена плата в корпусе и подключен источник питания.
7. Полученный передатчик подключен к источнику звука через аудио штекер.
8. Найдена свободная частота на FM-приемнике (именно та, на которой нет никакой радиостанции).

### Практические методы и результаты исследования

Переходя к практической части проведения эксперимента отметим то, что работу мы начали с подбора оптимальной схемы радиопередатчика. Далее были использованы необходимые и подходящие детали под схему (Рис. 1). Следующим шагом была последовательная сборка, а точнее спайка радиопередатчика в домашних условиях (Рис. 2). (Все фото, продемонстрированные в тексте данной статьи, взяты из личного архива Л.К. Плотицына).



Рисунок 1. Детали, подобранные под 1-ую схему FM-передатчика



Рисунок 2. 1-ая спайка FM-передатчика

После сборки был проведен ряд необходимых опытов. Из которых было выявлено то, что схема функционирует, но работает не совсем корректно и стабильно. Затем авторы статьи приступили к дальнейшей доработке, исправлению и устранению, возникших в процессе эксперимента ошибок. В процессе эксперимента над этой схемой было выбрано и применено множество вариантов настроек (например, замена номинала деталей), но она по-прежнему работала некорректно. Необходимо было найти новую схему, и она была найдена (Рис. 3). Далее в нашей работе следовал подбор деталей номиналом как в схеме, и в этот раз было намного сложнее, т. к. многих деталей не оказалось в наличии, но, в конце концов, они были подобраны и подготовлены для достижения поставленной в статье цели.

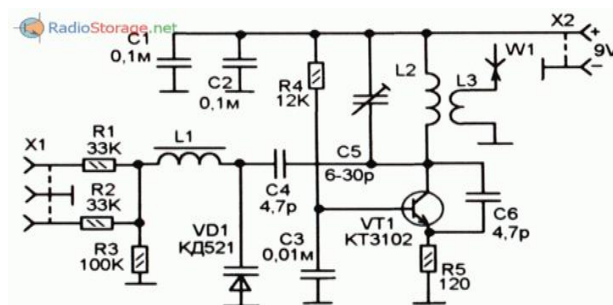


Рисунок 3. Схема 2-ой спайки FM-передатчика



В итоге схема была собрана (Рис. 4). Как и в предыдущий раз, был проведен ряд опытов. Результат был лучше по сравнению с прошлой схемой, но все еще не устраивал нас потому, что работа второй схемы была также нестабильна. Далее было совершено множество попыток настройки для того, чтобы улучшить результат, но спайка, к сожалению, работала непостоянно.



Рисунок 4. Собранная спайка FM-передатчика

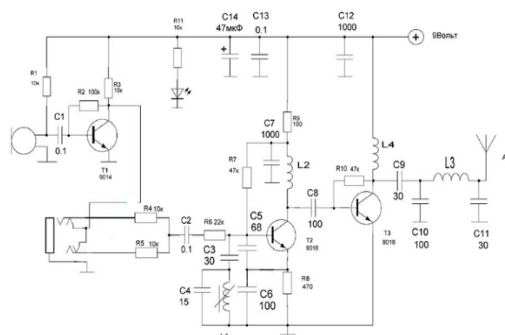


Рисунок 5. Схема FM-передатчика

Вследствие этого нами было принято решение подобрать новую схему (Рис. 5).

Итак, проведя уже знакомую этапность действий, спаяли новую цепь и протестировали. Она (цепь) работала чисто. Далее был создан корпус (он же экран) для еще более стабильной работы. Следующим шагом были проведены опыты на дальность действия радиопередатчика (Рис. 6, Рис. 7), установленного на подоконнике квартиры многоэтажного дома (окно обведено на Рис. 7). Настроив нужную частоту, наконец, была услышана звукозапись. После этого, продолжив эксперимент, мы постепенно стали удаляться от фиксированного места, до тех пор, пока сигнал не ослаб и звук, исходящий из радиоприемника, не пропал.

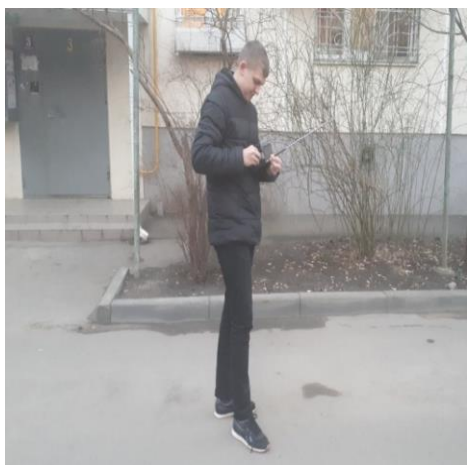


Рисунок 6. Тестирование



Рисунок 7. Тестирование

Таким образом, опытным путем удалось уточнить дальность действия, созданного нами радиопередатчика, которая составила около 60 метров.

В заключение подчеркнем важность проведенного опыта, результаты которого можно использовать на практических занятиях по физике, при создании вспомогательного материала

для детско-юношеских кружков и школ, специализирующихся в проектировании и создании разнообразных радиоуправляемых беспроводных конструкций.

\*\*\*

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Радио> (дата обращения: 20.12.2023).
2. Простой и дешевый радиопередатчик своими руками. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://usamodelkina.ru/3346-prostoy-i-deshevyy-radio-peredatchik-svoimi-rukami.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://usamodelkina.ru/3346-prostoy-i-deshevyy-radio-peredatchik-svoimi-rukami.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения: 20.12.2023).
3. Принципы работы радиопередатчика. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://soundchange.ucoz.ru/> (дата обращения: 20.12.2023).

**Школьников Е.И.**

**Мобильные роботы и технологические перспективы: мастерство и качество в управлении**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-616

**Аннотация**

Данная статья рассматривает суть качественного управления мобильными роботами в контексте современной технологической эволюции. В ней освещаются принципы качественного управления, включая планирование, адаптивность, интерактивность и самообслуживание. Также обсуждаются перспективы развития этой области.

**Ключевые слова:** робототехника, мобильные роботы, управление роботами, качественное управление, автономные системы

**Abstract**

This article examines the essence of high-quality management of mobile robots in the context of modern technological evolution. It highlights the principles of quality management, including planning, adaptability, interactivity and self-service. The prospects for the development of this area are also being discussed.

**Keywords:** robotics, mobile robots, robot management, quality management, autonomous systems

В мире, насыщенном технологическими инновациями, мобильные роботы играют все более важную роль в различных сферах жизни, начиная от промышленности и медицины, и заканчивая бытовыми задачами. Качественное управление этими машинами становится ключевым фактором для обеспечения эффективности и безопасности их работы. Мобильные роботы становятся все более умными и автономными благодаря развитию искусственного интеллекта и технологий автоматизации.

Программное управление мобильными роботами основывается на алгоритмах и программном обеспечении, которые позволяют им выполнять различные задачи, такие как навигация в неизвестной среде, обнаружение препятствий и выполнение манипуляций. Такие алгоритмы становятся все более сложными и эффективными благодаря применению методов машинного обучения и глубокого обучения. С другой стороны, управление мобильными роботами также может осуществляться человеком, как непосредственно, так и удаленно с помощью специальных интерфейсов управления, что позволяет операторам контролировать роботов в реальном времени и принимать решения на основе обратной связи от датчиков и камер.

Качественное управление мобильными роботами означает эффективное управление движением и действиями робота с целью достижения определенных задач, включая не только

программное управление и алгоритмы, но и аспекты технического обеспечения, датчиков, и взаимодействия с окружающей средой.

Качественное управление мобильными роботами начинается с тщательного планирования маршрутов, задач и режимов работы, также прогнозирование окружающей среды и обнаружение препятствий:

1. Способность роботов к автономному функционированию без постоянного участия оператора будет продолжать расти, что приведет к расширению сфер применения робототехники, включая автономные автомобили, доставку товаров и услуг, и промышленные процессы.
2. Роботы будут обладать все более сложными системами принятия решений на основе алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей. Это позволит им адаптироваться к различным сценариям и оптимизировать свои действия для достижения поставленных целей.
3. Роботы будут все более интегрироваться в нашу повседневную жизнь, образуя разнообразные робототехнические экосистемы.

На самом деле задача обеспечения передвижения мобильных роботов такая же, как и у существ в природе. Поэтому естественно рассмотреть перспективы этого метода в робототехнике. Разработка такого рода технологий для представления образной информации о внешней среде и управления движением робота является совершенно новым направлением в разработке систем управления, основанных на цифровой, но аналоговой образной информации.

Этот метод основан на решении следующих задач:

1. Выбор и поддержание визуальных ориентиров (опорных точек).
2. Оценивание их положения в системе координат, связанной с мобильным роботом, на основе показаний датчиков. Визуальный ориентир, используемый для позиционирования робота, должен соответствовать общим требованиям к ориентирам на местности, а именно:
  - Ориентиры должны быть хорошо видны на фоне окружающих предметов;
  - С разных ракурсов и разных точек маршрута ориентир должен быть хорошо виден;
  - Чтобы решить проблему триангуляции, ориентиры должны быть пространственно компактными.

Формирование визуальных природных ориентиров и позиционирование роботов в пространстве этих ориентиров основаны на интеграции двух методов построения визуальных карт.

Согласно первому способу, описание пространства, окружающего робота, выполняется в виде трехмерной точечной карты. Хорошо известный метод построения такой карты заключается в построении путем отслеживания положения камеры в пространстве наблюдаемых точечных объектов (метод параллельного отслеживания и картографирования РТАМ). РТАМ предназначен для отслеживания местоположения камеры и формирования точечной карты в среде без ручной разметки. Точка представляет собой микрообласть телевизионного кадра с характерными градиентными характеристиками.

Метод РТАМ имеет следующие ограничения, которые необходимы для решения навигационных задач MR:

- Небольшая рабочая зона (10-20 метров);
- Слишком много точек на карте (несколько тысяч);
- Отсутствует топология карты, представленная облаком точек;
- Элементы рабочей области должны быть статичными, то есть их взаимное расположение и размер не должны изменяться, а новые, ранее не существовавшие объекты не должны появляться в рабочей области.;

- Наличие повторяющихся текстурных и угловых характеристик в поле зрения приводит к серьезным ошибкам позиционирования, в том числе взаимным.

Для того чтобы использовать этот метод в системе управления мобильным роботом и обеспечить групповую работу робота, он был значительно модифицирован. Чтобы увеличить скорость и повысить точность позиционирования робота на карте в сочетании с точечными картами, полученными несколькими роботами, реализована пространственная фильтрация и иерархическая кластеризация точечных карт.

Обнаруженные кластеры позже были использованы для формирования визуальных шаблонов. Отслеживание во время перемещения осуществляется с помощью метода TLD. С помощью камеры сферические координаты непосредственно измеряются и преобразуются в декартову плоскость (проекционную плоскость) с помощью проекционной оптики. Поэтому камера в миссии используется в качестве датчика угла обзора. Для вычисления пространственного положения робота в системе координат, связанной с роботом, информация с видеокамеры обрабатывается вместе с данными датчика о текущих координатах положения робота. Такими датчиками на роботе являются одометры и инерциальные навигационные системы произвольной формы.

Более общий способ описания внешней среды основан на проблемно-ориентированном языке, близком к природе. Такое описание использует языковые переменные для описания расстояния в интервале, взаимного положения (спереди, сзади, рядом, вверху, над, под, ниже), ориентации в направлении движения (вперед, назад, вправо, влево), и его скорость. В то же время должна быть выполнена такая же проблемно-ориентированная интервальная классификация объектов во внешней среде. Количественная информация, получаемая от сенсорной системы, должна быть переведена на такой качественный язык.

Согласно такой модели окружающей среды, оценка ситуации и принятие решений о действиях должны осуществляться на таком языке, с использованием математической логики, основанной на расплывчатых рамках и производственных правилах, и в будущих интервалах. Одни и те же средства следует использовать для планирования действий и разработки соответствующих алгоритмов и процедур автоматического и ручного управления оператором. Варианты этого метода управления включают, в частности, ситуационное управление.

В заключение, качественное управление мобильными роботами играет ключевую роль в развитии современной робототехники и автоматизации. Понимание его принципов и перспектив поможет обеспечить эффективное внедрение робототехнических систем в различные сферы нашей жизни, повышая производительность, безопасность и комфортность общества.

\*\*\*

1. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
  2. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: пер. с англ. М.: Мир, 1989.
  3. Магда Ю.С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. М.: ДМК «Пресс», 2012.
-

## РАЗДЕЛ XXX. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

**Воробьев А.Ю.**

**Обеспечение надежной работы асинхронных двигателей: этапы проверки**

*Самарский государственный технический университет*

*(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-617

### **Аннотация**

Данная статья представляет обзор методов проверки асинхронных электродвигателей, необходимых для обеспечения их эффективной и безопасной работы. Описываются этапы наладки, а также проверки работы на холостом ходу и под нагрузкой.

**Ключевые слова:** асинхронные двигатели, наладка, контрольная проверка, электродвигатели, безопасность, эффективность, диагностика, износ

### **Abstract**

This article provides an overview of the methods of testing asynchronous electric motors necessary to ensure their efficient and safe operation. The stages of setup are described, as well as checking operation at idle and under load.

**Keywords:** asynchronous motors, commissioning, control check, electric motors, safety, efficiency, diagnostics, wear

Асинхронные двигатели являются одними из наиболее широко используемых электрических двигателей. Наладка и контрольная проверка таких двигателей играют ключевую роль в обеспечении их оптимальной работы и продолжительного срока службы.

В сфере электротехники необходимо подвергать все электрические машины диагностике на различных этапах: от момента изготовления до запуска, ремонта и других работ, необходимые для оценки пригодности машины к эксплуатации. Одной из наиболее распространенных проблем у асинхронных двигателей является износ подшипников.

При осмотре внешней части асинхронного двигателя особое внимание уделяется щитку. Важно, чтобы щиток имел индивидуальное наименование и содержал следующие характеристики:

- Тип и заводской номер;
- Номинальные данные;
- Дата выпуска;
- Масса;
- Соответствие стандартам ГОСТ.

После осмотра щитка проводится проверка общего состояния двигателя, состояния подшипников, вентилятора и клеммных выводов.

Диагностика неисправностей должна проводиться при появлении вибраций, увеличении шума или нагреве. Рассмотрим этапы наладки асинхронного двигателя подробнее.

1. Подготовка - первый этап, включающий в себя проверку состояния оборудования, его окружающей среды и убеждение в том, что все необходимые инструменты и документация доступны. Начинается с осмотра внешних частей двигателя, включая щиток, подшипники, вентилятор и клеммные выводы.
1. Проверка электрических параметров – характеризуется проверкой параметров двигателя, такие как напряжение питания, токи, сопротивление изоляции и другие, позволяя убедиться в соответствии параметров с требованиями производителя и предотвратить возможные проблемы.

2. После проверки электрических параметров проводится пуск двигателя для проверки его работоспособности. Оценивается его поведение при различных нагрузках и условиях работы.
3. Измерение сопротивлений обмоток постоянному току. Для измерения сопротивления изоляции обмотки статора асинхронного двигателя необходимо использовать мегомметр. В ходе пусконаладочных работ сопротивление изоляции обмоток каждой фазы измеряется относительно защитного корпуса и двух других фаз. Перед измерением необходимо заземлить предмет на 2-3 минуты, чтобы удалить остаточные заряды, которые могут повлиять на точность показаний приборов.
4. Если в процессе тестирования выявляются отклонения от требуемых параметров, производится их коррекция с помощью специальных инструментов и методов настройки. Если сопротивление уменьшается до значений ниже нормы, это указывает на возможные проблемы, такие как повышенная влажность или накопление пыли на выводах. Для предотвращения таких проблем рекомендуется провести продувку машины с использованием сжатого воздуха и очистить выводы обмоток.
5. Пробный пуск: Проводится для проверки направления вращения, состояния ходовой части и толчков тока. На заключительном этапе наладки асинхронного двигателя проводится проверка его работы как на холостом ходу, так и под нагрузкой. Проверка на холостом ходу осуществляется в течение часа. В этот период осуществляется проверка нагрева подшипников и обмоток, а также отсутствия заметной вибрации. В случае отсутствия подозрительных явлений приступают к проверке работы двигателя под нагрузкой, при этом анализируются токи в каждой фазе. После 30 минут работы под нагрузкой двигатель включается с приводным механизмом на обкатку на восемь часов. В этот период производится измерение температуры основных узлов и обмоток машины, оценка коэффициента полезного действия (КПД) и состояния смазки подшипников узлов.
6. Важным этапом является составление документации о проведенной наладке, включая записи о выявленных проблемах, проведенных мероприятиях и рекомендациях по дальнейшему обслуживанию.
7. Проверка работы на холостом ходу и под нагрузкой: Проверяется в течение определенного времени, с учетом нагрева подшипников и обмоток.

После наладки следует провести контрольную проверку, чтобы убедиться в стабильности работы асинхронного двигателя. Контрольная проверка включает в себя следующие этапы:

1. Проверяются электрические и механические параметры работы двигателя, такие как токи, напряжения, температуры, скорость вращения и вибрация.
2. Для более точной оценки работы двигателя проводится тестирование при различных нагрузках и условиях эксплуатации, включая пуск под нагрузкой и переход на номинальную мощность.
3. Проверяется состояние изоляции обмоток двигателя для выявления возможных дефектов, которые могут привести к короткому замыканию или выходу из строя.
4. Измерение воздушного зазора. Воздушный зазор представляет собой уязвимое место в работе асинхронных двигателей, оказывающее значительное влияние на их характеристики, поэтому после проведения ремонтных работ или в случае недостаточной эффективности двигателя необходимо измерить воздушный зазор в четырех точках, находящихся на диаметрально противоположных сторонах. При этом важно, чтобы зазоры были равномерны по всей окружности и не имели отличий.



5. Проверка токов в каждой фазе: Осуществляется после работы под нагрузкой для оценки состояния двигателя.
6. Обкатка с приводным механизмом: Выполняется в течение определенного времени для оценки температуры, КПД и состояния смазки подшипников.
7. Полученные данные сравниваются с требованиями производителя и предыдущими результатами тестирования для выявления любых отклонений или изменений.
8. На основе результатов контрольной проверки разрабатываются рекомендации по предупредительному обслуживанию, направленные на поддержание оптимальной работы двигателя и предотвращение возможных поломок в будущем.

После успешного прохождения всех этапов составляется протокол о монтаже и выдается заключение о готовности к эксплуатации.

Оптимизация процесса наладки и контрольной проверки асинхронных двигателей играет ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности их работы. Соблюдение всех этапов и рекомендаций позволяет предотвратить возможные поломки и продлить срок службы оборудования.

\*\*\*

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование.: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2015. - 48 с.
2. Лихачев, В. Л. Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей / В.Л. Лихачев. - М.: Солон-Пресс, 2010. - 358 с.
3. Лихачев, В.Л. Электродвигатели асинхронные / В.Л. Лихачев. - М.: Солон, 2003. - 304 с.

**Воробьев А.Ю.**

### **Преодоление вызовов старения электродвигателей с помощью ОВХСЗ**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-618

#### **Аннотация**

Статья рассматривает инновационные методы контроля старения электродвигателей, основанные на использовании обмоточных высокочастотных схем замещения, предоставляющие возможность более точной диагностики состояния изоляции обмоток, что способствует предотвращению аварийных ситуаций и повышению надежности работы оборудования.

**Ключевые слова:** электродвигатели, старение, контроль, обмоточные высокочастотные схемы замещения, изоляция, мониторинг, надежность, диагностика, преимущества, инновации.

#### **Abstract**

The article considers innovative methods for controlling the aging of electric motors based on the use of high-frequency winding replacement circuits, which provide an opportunity for more accurate diagnosis of the insulation condition of the windings, which helps to prevent accidents and improve the reliability of the equipment.

**Keywords:** electric motors, aging, control, high-frequency winding replacement circuits, isolation, monitoring, reliability, diagnostics, advantages, innovations.

С развитием технологий появились новые методы контроля старения электродвигателей, в частности, использование обмоточных высокочастотных схем замещения, что открывает перед инженерами и операторами новые перспективы в поддержании надежности и эффективности работы электродвигателей.



Обмоточные высокочастотные схемы замещения (далее – ОВХСЗ) – это инновационный подход к оценке состояния изоляции обмоток электродвигателей. В отличие от традиционных методов, таких как испытания изоляции на постоянном токе или переменном токе низкой частоты, ОВХСЗ используют высокочастотные сигналы для диагностики состояния изоляции, позволяя выявлять даже самые незначительные дефекты и предотвращать возможные отказы электродвигателей. Рассмотрим преимущества использования ОВХСЗ:

1. Высокочастотные сигналы позволяют обнаруживать дефекты, которые могут оставаться незамеченными при использовании традиционных методов;
2. Поскольку сигналы высокой частоты имеют низкую амплитуду и короткую длительность, они оказывают меньшее воздействие на саму обмотку, что делает этот метод более безопасным и менее разрушительным;
3. Позволяют проводить быструю и эффективную диагностику состояния электродвигателей, что сокращает время простоя оборудования и увеличивает производительность процессов;
4. Можно использовать как для новых, так и для существующих электродвигателей, что делает его универсальным средством контроля старения оборудования.

ОВХСЗ уже успешно применяются в различных отраслях, включая производство, энергетику, горнодобывающую промышленность и транспорт. Например, в промышленных предприятиях ОВХСЗ используются для регулярного мониторинга состояния электродвигателей, что позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварийные ситуации. В энергетическом секторе этот метод применяется для повышения надежности работы генераторов и электродвигателей, что имеет прямое влияние на энергоэффективность и экономию ресурсов.

Как известно, электродвигатели, работающие от электронных преобразователей с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), подвержены воздействию пиков высокого напряжения после каждого импульса с быстрым фронтом. Такое явление может значительно ускорить процесс старения, поскольку подобные напряженные скачки способствуют возникновению частичных разрядов в системе электрической изоляции (далее по тексту – СЭИ) электродвигателя.

Фактически, ионизация воздуха в мельчайших пустотах, оставшихся между витками СЭИ двигателя, активизирует процесс старения тонких слоев органической изоляции эмалированного медного провода, применяемого при изготовлении катушек двигателя. Оценка старения СЭИ электрических машин становится важным аспектом программ профилактического обслуживания, направленных на обеспечение надежной работы оборудования.

На сегодняшний день существует несколько методов мониторинга машин, однако большинство из них не способны обнаружить короткие замыкания до их возникновения. Проведенные исследования демонстрируют, что с возрастанием старения межвитковая емкость увеличивается, и существует корреляция между этим показателем и степенью износа изоляции. Возможно определить критическое изменение межвитковой емкости, которое можно использовать в системах мониторинга для предупреждения о возможном ускорении старения изоляции вследствие появления частичных разрядов. Французские ученые опубликовали статью, в которой подробно описали метод анализа и результаты исследования. Они предложили инструмент моделирования, основанный на использовании эквивалентной схемы, которая автоматически генерируется из топологии катушки. Определение параметров этой схемы является важным шагом для корректной оценки вариаций резонансных частот. Для этого рассматривалась катушка известной геометрии, и автоматически была создана эквивалентная схема из геометрии катушки. Затем предложен метод определения параметров с использованием программного обеспечения конечных элементов. Катушки были представлены эквивалентной схемой, состоящей из дискретных элементов, таких как резисторы, конденсаторы и индуктивности. Каждый элемент этой эквивалентной схемы соответствует

одному витку или части витка, имеющему значительно меньшую длину волны, чем наибольшая резонансная частота. Для маленьких машин основным элементом такой схемы является виток катушки.

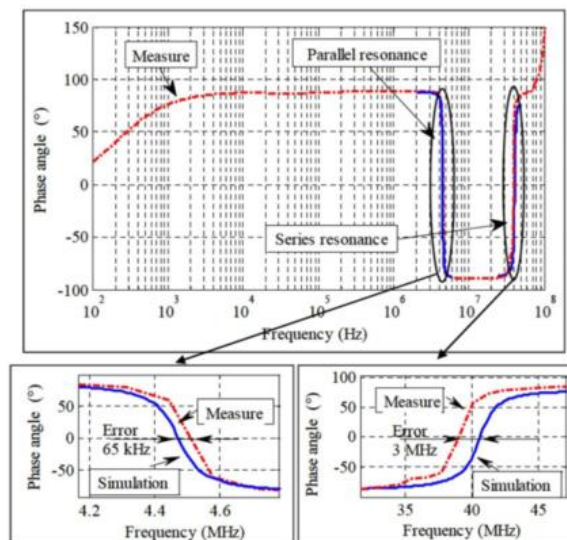


Рисунок 1. Результаты эксперимента.

Моделирование проводится для небольших диапазонов частот вокруг первых двух резонансных частот. Результаты представлены на графике. Они совмещены с общей кривой, а более детальное изучение позволяет оценить точность модели. Для первой резонансной частоты абсолютная погрешность составляет около 65 кГц, что соответствует относительной погрешности 1,5%. Для второй резонансной частоты более важна разница между измеренными и смоделированными результатами (3 МГц) с относительной разницей 7,5%. Это подтверждает, что параметры модели сложнее определить с увеличением частоты. Модель может быть использована для определения вариаций резонансных частот в результате изменений межвитковой емкости.

Старение изоляции электрических машин может характеризоваться увеличением межвитковой емкости обмоток, что вызывает изменения резонансных частот в диапазоне мегагерц. В данном исследовании представлен инструмент моделирования, который способен определять изменения резонансных частот в результате критических изменений емкости. Для получения достоверных результатов требуется точное и надежное определение параметров катушки, поэтому большая часть данной работы посвящена определению общих параметров элементарной экспериментальной катушки.

Дальнейшие исследования в этой области направлены на разработку более точных и эффективных методов мониторинга старения изоляции электродвигателей. Один из подходов включает использование технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных, полученных в процессе мониторинга. Модели машинного обучения могут обучаться на больших объемах данных, включающих информацию о резонансных частотах, межвитковой емкости и других характеристиках, связанных со старением изоляции. Эти модели могут затем использоваться для предсказания вероятности старения и возможных отказов электродвигателя на основе текущих данных.

В заключение, контроль старения электродвигателей с использованием обмоточных высокочастотных схем замещения представляет собой перспективный подход, который способен значительно повысить надежность и эффективность работы промышленного оборудования. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут создать более точные и эффективные методы мониторинга, что позволит предотвращать аварийные ситуации,

снижать затраты на обслуживание и повышать энергоэффективность производственных процессов.

\*\*\*

1. Е. Ф. Макаров. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей: Учебник для нач. проф. образования / Евгений Федорович Макаров. — М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2003. — 448 с.
2. Никитенко, Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование: Учебное пособие / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев. - СПб.: Лань, 2018. - 316 с.
3. Мастерова О. А., Барская А. В. Эксплуатация электроэнергетических систем и сетей: учебное пособие / О. А. Мастерова, А. В. Барская. – Томск: ТПУ, 2006. – 114 с.

**Гибадуллин Р.Р., Хайруллина А.М.**

**Исследование традиционных методов экономической оценки эффективности реализации систем электроснабжения**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-619*

**Аннотация**

В настоящей работе, основанной на анализе научной литературы, предпринимается попытка рассмотрения теоретических и практических аспектов использования традиционных методов экономической оценки эффективности электроснабжения.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, электроснабжение, экономическая оценка, сравнительная эффективность, абсолютная эффективность.

**Abstract**

This paper, based on the analysis of scientific literature, attempts to review the theoretical and practical aspects of the use of traditional methods of economic evaluation of electricity supply efficiency.

**Keywords:** electric power industry, power supply, economic evaluation, comparative efficiency, absolute efficiency.

Общеизвестно, что электроснабжение является одной из ключевых инфраструктурных отраслей экономики, и нацелено на обеспечение потребителей электроэнергией для удовлетворения их нужд в освещении, отоплении, производстве и иной деятельности. Экономическая эффективность обозначенной сферы электроэнергетики является важным показателем, отражающим степень использования ресурсов и возможностей для обеспечения потребителей электроэнергией с минимальными затратами.

В современном мире, где экономика и энергетика тесно взаимосвязаны, проблема исследования различных аспектов эффективности электроснабжения становится особенно актуальной. Во многом это связано с тем, что от грамотной реализации задач по повышению показателей экономической эффективности электроснабжения зависит качество жизни населения и развитие промышленного, а также бытового хозяйства [1].

Цель настоящей работы – рассмотреть ключевые традиционные методы оценки экономической эффективности электроснабжения, используемые сегодня в мировой электроэнергетической отрасли.

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день в сфере экономики существует тенденция использовать ряд общепринятых и проверенных временем методов оценки эффективности электроснабжения потребителей. К таким методам относятся: метод

сравнительной эффективности; метод абсолютной эффективности; расчетные методы (метод дисконтирования, метод чистого приведенного дохода, метод внутренней нормы доходности).

Первые два метода относятся к так называемым традиционным методам, каждый из которых имеет множество подметодов, однако в сфере электроснабжения они используются обобщенно и в совокупности, в связи с чем в настоящей статье при их рассмотрении попытка разграничения последних не предпринимается [2].

### 1. Метод сравнительной эффективности

Сфера электроснабжения играет ключевую роль в современном обществе. Она служит обеспечению энергией различных потребителей: промышленные предприятия, предприятия бытового обслуживания, объекты транспортного назначения, IT-инфраструктура. При этом, ученые отмечают, что требования к электроснабжению постоянно растут, в связи с чем возникает необходимость сравнивать различные элементы электроэнергетической системы и определять их эффективность. Метод сравнительной эффективности основывается на сравнении затрат на различные варианты электроснабжения и выборе наиболее эффективного из них. Иными словами, этот метод позволяет оценить, какой из вариантов электроснабжения будет наиболее экономичным и надежным (см. рисунок 1).

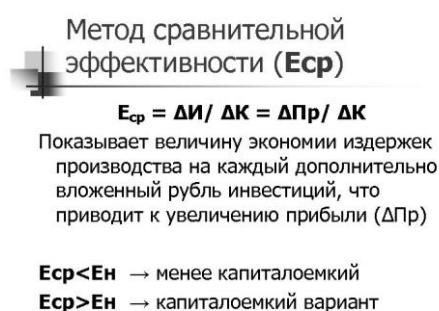


Рисунок 1. Метод сравнительной эффективности электроснабжения.

Преимущества метода: позволяет выбрать наиболее эффективный вариант электроснабжения; учитывает различные факторы, такие как затраты на эксплуатацию, надежность и экологическую безопасность. Недостатки метода: является трудным для применения в реальных условиях; требует большого количества данных и расчетов. Рассмотрим некоторые аспекты данного метода более подробно.

При сравнении систем электроснабжения необходимо учитывать ряд технических параметров. Важными критериями являются надежность, гибкость, пропускная способность, устойчивость к аварийным ситуациям и др. Анализируя эти параметры, возможно определить, насколько системы электроснабжения способны адаптироваться к изменяющимся условиям и обеспечивать стабильную поддержку потребителей электроэнергией. Как известно, энергетические ресурсы являются ограниченными, и их эффективное использование имеет огромное значение. При сравнении систем электроснабжения необходимо также учитывать экономические параметры, такие как стоимость строительства, эксплуатации и обслуживания, а также степень эффективности, например, измеряемую в экономии топлива или сокращении выбросов загрязняющих веществ. В ходе исследования проводится сравнительный анализ различных систем, применяются методы математического моделирования и статистического анализа данных. В результате получается количественная оценка эффективности каждой системы, которая позволяет выбрать наиболее оптимальную вариацию электроснабжения.

Предложенный метод сравнительной эффективности электроснабжения может быть также использован при выборе энергоэффективных решений и разработке стратегий энергоснабжения для конкретных предприятий, городов и регионов. Еще он может быть полезен для принятия решений по оптимизации энергопотребления и устранению узвистостей в сфере электроэнергетики [3].

### 2. Метод абсолютной эффективности

Он основан на сравнении абсолютных значений затрат и результатов различных вариантов электроснабжения. Для этого используются такие показатели, как стоимость электроэнергии, затраты на эксплуатацию и обслуживание, надежность электроснабжения и экологические аспекты. На основе этих данных определяется наиболее экономически выгодный вариант электрического снабжения. Абсолютную экономическую эффективность электроснабжения можно выразить формулой, представленной на рисунке 2.

**Общая (абсолютная) экономическая  
эффективность**

$$\mathcal{E}_o = \frac{\mathcal{E}}{C + E_n \cdot K}$$

где  $\mathcal{E}$  — эффект, полученный в течение года;  
 $C$  — текущие затраты в течение года;  
 $K$  — капитальные вложения, определившие эффект;  
 $E_n$  — норматив эффективности для приведения капитальных вложений к годовой размерности.

Рисунок 2. Абсолютная экономическая эффективность электроснабжения.

Одним из главных преимуществ данного метода является его простота и наглядность. Он позволяет быстро оценить различные варианты электроснабжения и выбрать наиболее оптимальный. Кроме того, данный метод учитывает все основные факторы, влияющие на эффективность электроснабжения, что делает его универсальным и применимым для решения различных задач. Однако, у метода абсолютной эффективности есть и свои недостатки. Во-первых, он не учитывает временные аспекты, то есть не рассматривает долгосрочные последствия принятия решений о развитии электроснабжения. Во-вторых, данный метод не всегда учитывает социальные и экологические аспекты, которые также могут иметь важное значение для оценки эффективности. В-третьих, он может быть недостаточно точным при сравнении вариантов с различными уровнями затрат и результатов.

Несмотря на существующие ограничения, метод абсолютной эффективности широко используется на практике. Проведение комплексного анализа позволяет определить наиболее устойчивые технологии генерации и распределения электроэнергии, а также выявить уязвимые места и потенциал для оптимизации системы. На основе результатов анализа можно разработать меры по улучшению эффективности электроснабжения, такие как внедрение энергосберегающих технологий, модернизация сетевой инфраструктуры и оптимизация процессов управления энергетической системой [4].

Что касается практических аспектов традиционной экономической оценки электроснабжения, то особое внимание следует обращать на показатели эффективности капитальных вложений (см. рисунок 3), в частности, на коэффициент экономической эффективности, срок окупаемости основных и дополнительных капитальных вложений, а также на минимум приведенных затрат. Именно данные показатели имеют значительное влияние на точность экономической оценки [5].

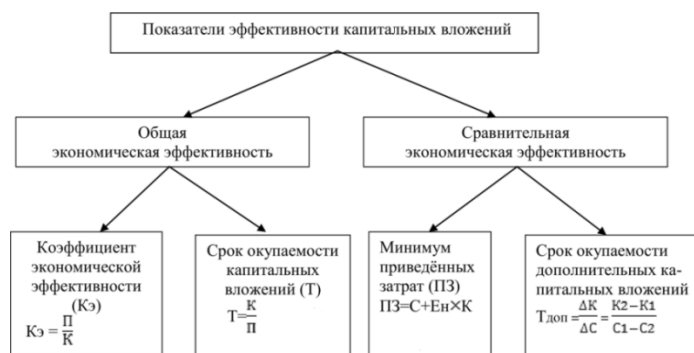


Рисунок 3. Показатели эффективности капитальных вложений.

Таким образом, с помощью традиционных методов экономической оценки эффективности электроснабжения, возможно определение наиболее оптимальных вариантов развития и модернизации имеющейся энергетической инфраструктуры, а также осуществима разработка эффективных стратегий энергосбережения и повышения энергоэффективности. В свою очередь, как показал анализ литературы, данные мероприятия, позволяют снизить затраты на электроэнергию, улучшить качество электроснабжения и обеспечить устойчивое развитие экономики в целом.

\*\*\*

1. Виноградов А.В. К определению эффективности систем электроснабжения // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7. – С. 26–35.
2. Василькова Т.М. Методы оценки экономической эффективности капитальных вложений // Агроинженерия. – 2008. – № 5. – С. 20–23.
3. Бальжинов А.В., Мангадаев А.М., Михеева Е.В. Техничко-экономическое сравнение вариантов систем электроснабжения // Вестник ВСГТУ. – 2010. – № 3. – С. 64–67.
4. Берникова М.С., Грекова Н.С. Оценка экономической эффективности инноваций в организации // Аграрная наука в инновационном развитии АПК. – 2018. – № 1. – С. 32–38.
5. Бозоров М.Б. Исследования энергоэффективности системы электроснабжения объектов энергосистем на основе обобщенных показателей эффективности // Российская наука в современном мире. – 2018. – № 1. – С. 69–71.

**Колобов М.А., Аносов М.С., Васин А.В., Устинов Б.В., Манцеров С.А.**  
**Разработка математической модели для определения уровня помех**

*НГТУ им. П.Е. Алексеева  
(Россия, Нижний Новгород)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-620*

**Аннотация**

Данная статья посвящена разработке математической модели, позволяющей определить уровень помех в различных топологиях источников питания. В работе рассматривается проблема точности измерения уровня помех и предлагается новый подход к моделированию помех. Предлагается алгоритм, основанный на математической статистике и анализе сигналов, который позволяет более точно определять уровень помех и, следовательно, улучшать качество обработки сигналов.

**Ключевые слова:** ЭМС, кондуктивные помехи, источник питания.

**Abstract**

This article is dedicated to the development of a mathematical model that allows for determining the level of interference in various power supply topologies. The paper addresses the problem of accuracy in interference level measurement and proposes a new approach to modeling interference. An algorithm based on mathematical statistics and signal analysis is suggested, which enables a more accurate determination of interference levels and, consequently, an improvement in signal processing quality

**Keywords:** EMS, conductive interference, power supply.

Электромагнитные помехи, генерируемые электронными устройствами, делятся в соответствии с механизмом распространения на кондуктивные и излучаемые помехи. Кондуктивные помехи распространяются по цепям питания и являются одной из причин, влияющих на величину излучаемых помех. Кондуктивные помехи выражаются в виде нежелательных пульсаций напряжения в питающей сети, а также в виде нежелательных токов, генерируемых этими пульсациями напряжений. Излучаемые помехи представляют собой электромагнитные волны, которые можно характеризовать парой ортогональных векторов напряженности электрического  $E$  и индукции магнитного поля  $B$ , соответственно, величина

напряженности электрического поля  $E$  имеет прямую связь с величинами колебаний разностей потенциалов между различными частями электронного устройства, а величина индукции магнитного поля  $B$  имеет прямую связь с величинами токов.

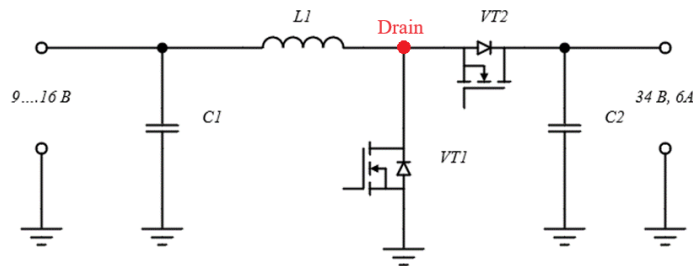


Рисунок 1. Повышающий преобразователь.

Для демонстрации общих принципов расчета кондуктивных помех был выбран повышающий преобразователь, схема которого представлена рисунке 1. Преобразователь принципиально состоит из входного конденсатора  $C1$ , индуктивности  $L1$ , ключей  $VT1$  и  $VT2$  выходного конденсатора  $C2$ . Преобразователь работает следующим образом:

Ключ  $VT1$  открывается и через индуктивность  $L1$  начинается протекать электрической ток  $I$ , в индуктивности запасается энергия в виде энергии магнитного поля по величине равная  $E_m = (LI^2)/2$ . Потенциал точки  $Drain$  схемы при открытом ключе  $VT1$  становится приблизительно равным потенциалу отрицательного полюса источника питания, то есть 0.

Ключ  $VT1$  закрывается и открывается ключ  $VT2$ . При завершении процесса переключения индуктивность  $L1$  и источник питания становятся соединены последовательно, а так как согласно законам коммутации ток через индуктивность не может измениться мгновенно, то в индуктивности образуется противоЭДС, которая совпадает по направлению с ЭДС источника питания. Ток протекает в нагрузку и конденсатор  $C2$ . Потенциал точки  $Drain$  схемы становится выше напряжения питания.

Ключ  $VT2$  закрывается, открывается  $VT1$ , и цикл преобразования повторяется снова. В ходе работы потенциал точки  $Drain$  схемы колеблется от 0 до заданной величины напряжения на нагрузке, это место в схеме имеет самое большое изменения потенциала во время работы.

В отличие от вышеприведенного примера реальные электронные устройства имеют корпуса и соединены с источником питания неидеальными проводами, имеющими собственную индуктивность, распределенную емкость и активное сопротивление. Для имитации паразитных параметров питающей сети во время испытаний применяют эквиваленты сети. Схема эквивалента сети для измерения уровней кондуктивных помех по стандарту CISPR 25 представлена на рисунке 2.

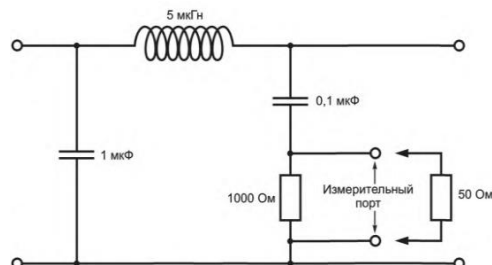


Рисунок 2. Эквивалент сети в соответствии со стандартом CISPR 25.

Эквивалент сети представляет собой специальную схему, имеющую постоянный импеданс в широком диапазоне частот. В отличие от идеального случая реальная схема замещения испытуемого устройства с эквивалентом сети будет выглядеть как представлено на рисунке 3.



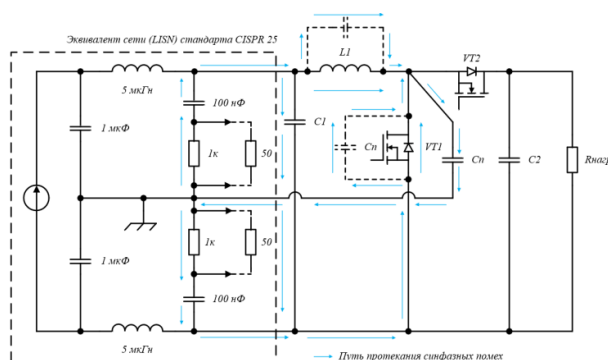


Рисунок 3. Реальная схема замещения при измерении кондуктивных помех в соответствии со стандартом CISPR 25.

В реальной схеме подключения появляются дополнительные элементы, представляющие эквиваленты паразитных связей между элементами. Так как устройство находится в корпусе, то между элементами устройства, находящимися под действием переменных потенциалов и корпусом, возникает емкостная связь. На рисунке 3 эта паразитная связь представлена конденсатором  $C_{п}$ , подключенным между точкой Drain и общим корпусом, так как именно между этими двумя элементами устройства возникают наибольшие колебания потенциала.

Согласно методике проведения испытаний в соответствии со стандартом CSIPR 22 средняя точка измерительного делителя напряжения подключается к корпусу, что позволяет замкнуть путь протекания синфазной помехи. Из рисунка 3 видно, что синфазная помеха протекает по силовым проводам питания устройства в одном направлении[1,2].

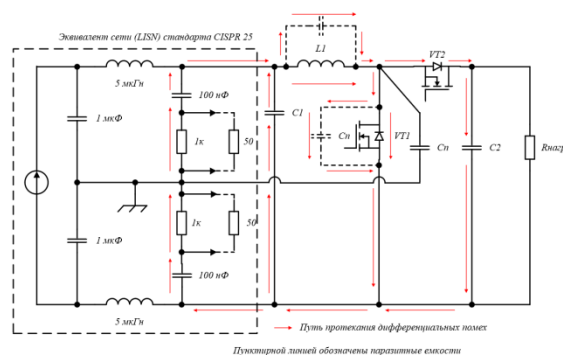


Рисунок 4. Путь протекания дифференциальной помехи.

Путь протекания дифференциальной помехи показан на рисунке 4. По причине наличия паразитных параметров реальных компонентов часть тока помехи условно протекает через паразитные элементы, обозначенные штриховой линией. Дифференциальная помеха протекает только через провода питания испытуемого устройства. К одному из резисторов величины 1 кОм измерительного делителя напряжения в эквиваленте сети подключается анализатор спектра, имеющий входной импеданс 50 Ом, другой, оставшийся свободным, измерительный выход эквивалента сети нагружается резистором величины 50 Ом.

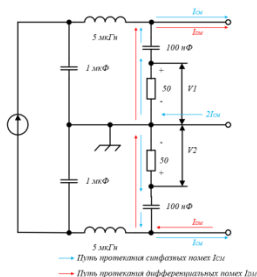


Рисунок 5. Пути протекания токов помех через эквивалент сети.

Исходя из вышеприведенных схем, величины потенциалов на измерительных выводах эквивалента сети (рисунок 5)  $V_1$  и  $V_2$  можно выразить следующим образом:

$$V_1 = 50 \cdot (I_{CM} + I_{DM})$$

$$V_2 = 50 \cdot (I_{CM} - I_{DM})$$

где,

$I_{CM}$  – ток синфазной помехи;

$I_{DM}$  – ток дифференциальной помехи.

Абсолютные величины напряжений синфазной  $V_{CM}$  и дифференциальной помехи  $V_{DM}$  могут быть определены по следующим соотношениям:

$$|V_{CM}| = |50 \cdot I_{CM}| = \left| \frac{V_1 + V_2}{2} \right|$$

$$|V_{DM}| = |50 \cdot I_{DM}| = \left| \frac{V_1 - V_2}{2} \right|$$

Согласно стандарту CISPR25 величины помех нормируются в дБмкВ для различных частот. В результате вычислений  $V_{CM}$  и  $V_{DM}$  полученные значения представляют временной ряд, и для корректного сравнения с допустимыми величинами необходимо выполнить преобразование Фурье и получить спектр сигнала  $V(\omega)$ .

$$V(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} V(t) \cdot e^{-i\omega t} dt$$

После получения спектра сигнала производится его сравнение с допустимым значениями согласно стандарту или требованиям[3,4,5].

Разработка математической модели для определения уровня помех играет важную роль в обеспечении эффективной работы систем связи. Это позволяет анализировать, прогнозировать и управлять воздействием помех на работу системы, что является ключевым аспектом в области обеспечения качества связи и функционирования электронных устройств.

\*\*\*

1. Электромагнитные помехи импульсных преобразователей [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://mstator.ru/en/node/980?language=en>
2. I. Oganezova, R. Kado, B. Khvitia, A. Gheonjian and R. Jobava, "Simulation of conductive and radiated emissions from a wiper motor according to CISPR 25 standard," 2015 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), Dresden, Germany, 2015, pp. 963-968, doi: 10.1109/ISEMC.2015.7256296.
3. Simulation of conducted emissions in low voltage switching converters IOP Conference Series: Materials Science and Engineering A V Vasin, A A Novoselov, E E Samokhvalov and S V Lazarevich IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1086 012034
4. A. Madi, F. Vieira, P. Lezynski, S. Koj and R. Smolenski, "Simulation of Conducted Emissions From Power Converters Using Leading Switching Technologies," 2023 IEEE 7th Global Electromagnetic Compatibility Conference (GEMCCON), Nusa Dua, Indonesia, 2023, pp. 56-56
5. Электромагнитные помехи импульсных преобразователей [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL:[https://e2e.ti.com/blogs\\_/b/powerhouse/posts/introduction-to-emi-standards-causes-and-mitigation-techniques](https://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/posts/introduction-to-emi-standards-causes-and-mitigation-techniques)

**Лаврин М.С.**

**Потенциал «ВЭД» - верньерных электроракетных двигателей**

*Самарский государственный технический университет*

*(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-621

#### **Аннотация**

Статья рассматривает перспективы создания и исследования верньерных электроракетных двигателей, также описываются основные преимущества таких двигателей, их

потенциальные применения в космической индустрии, текущие направления исследований и разработок.

**Ключевые слова:** верньерный электроракетный двигатель, космические исследования, маневренность, точность управления, эффективность топлива.

### Abstract

The article examines the prospects for the creation and research of vernier electric rocket engines, also describes the main advantages of such engines, their potential applications in the space industry, current research and development directions.

**Keywords:** vernier electric rocket engine, space research, maneuverability, control accuracy, fuel efficiency.

Верньерный электроракетный двигатель (далее – ВЭД) представляет собой разновидность электроракетного двигателя, который способен изменять направление своего тягового вектора, обеспечивая тем самым маневренность и точность управления в космическом пространстве. Такой тип двигателей получил свое название в честь французского инженера Шарля Франсуа Верньера, который впервые предложил применять подобные принципы управления в ракетной технике. ВЭД был предложен в XIX веке Годфридом Верньером и применялся в паровых машинах. Он основан на использовании упругих колес, которые накапливают энергию во время фазы высокой нагрузки и высвобождают её во время фазы низкой нагрузки. Применение этого принципа в электроракетных двигателях может существенно улучшить их эффективность и экономию энергии.

Основное преимущество ВЭД заключается в их способности обеспечивать высокую степень точности маневрирования в космическом пространстве, что особенно важно при выполнении сложных миссий, таких как стыковка с космическими объектами, коррекция траектории полета, а также обеспечение безопасного возвращения на Землю. Кроме того, ВЭД обладают высокой эффективностью и экономичностью использования топлива, что делает их привлекательным вариантом для долгосрочных космических миссий. ВЭД также обладают высоким коэффициентом полезного действия (КПД) по сравнению с химическими ракетными двигателями. Это связано с тем, что ионизированные частицы, используемые в ВЭД, имеют намного большую скорость выхода из сопла, что обеспечивает более эффективное использование топлива.

Благодаря своей эффективности и точности, ВЭД могут расширить возможности космических миссий, включая дальние космические путешествия, исследование малых космических тел и выполнение сложных маневров вблизи других космических объектов. Поэтому, научное сообщество и космические агентства в различных странах активно ведут исследования и разработки в области верньерных электроракетных двигателей. Множество экспериментов проводится с целью улучшения дизайна и повышения эффективности этих двигателей. Одним из ключевых направлений исследований является разработка новых материалов и технологий, которые позволят увеличить эффективность работы верньерных электроракетных двигателей и снизить их стоимость производства.

Среди разнообразия ракетных двигателей выделяются Верньерные двигатели, чья отличительная особенность заключается в низком расходе рабочего тела – газа с высоким давлением. Тем не менее, существует сложность использования сжатого газа, обусловленная необходимостью хранения и транспортировки объемных твердотельных емкостей. Важно отметить, что все ракетные двигатели используют продукты высокотемпературного горения, которые выбрасываются через сопло двигателя.

Электрические ракетные двигатели представляют собой важный шаг в космической технологии. Они используют электричество как источник энергии для создания тяги. В зависимости от метода преобразования электрической энергии в кинетическую энергию реактивной струи, различают три основных типа: электротермические, электростатические (ионные) и электромагнитные ракетные двигатели.

Существуют реактивные двигатели, где в камеру сгорания подается газообразное рабочее тело, нагреваемое с помощью лазерного излучения. Затем высокотемпературные продукты сгорания выбрасываются из сопла, обеспечивая тягу, но такой подход имеет ограниченное применение из-за низкого коэффициента полезного действия (далее – КПД) передачи энергии от лазерного источника к рабочему телу, который обычно составляет менее 20%.

Для повышения КПД и эффективности предлагается новая схема подачи и преобразования энергии, а также оптимизация энергозатрат на преодоление расстояния. Представленный на рисунке 1 ракетный двигатель включает в себя индукционную катушку (рисунок 2), размещенную внутри камеры нагрева (рисунок 1). Индуктирующие провода катушки охватывают пористую вставку 8. Перед пористой вставкой установлен дополнительный насос 9 для подачи рабочего тела (например, воды) в камеру нагрева. Процесс нагрева осуществляется с помощью высокочастотного генератора, передавая энергию токам высокой частоты, и тепла выделяемого при трении рабочего тела внутри матрицы пористой вставки. Нагретое рабочее тело, например вода, подается через пористую вставку в камеру нагрева.

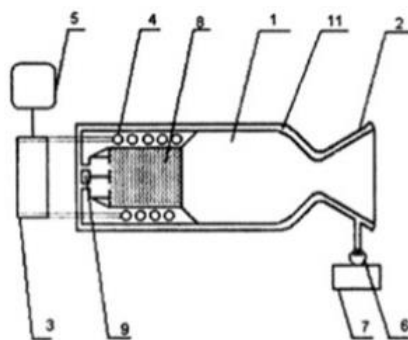


Рисунок 1. Схема двигателя.

Использование высокочастотных методов для нагрева рабочего тела обеспечивает более эффективный процесс нагрева и высокий КПД. Предлагаемый способ позволяет достичь высоких температур в камере нагрева, не позволяя при этом материалам пористой вставки расплавиться. Такой подход может быть применен с водой или другими неагрессивными и не токсичными жидкостями.

Проводящие исследования по ВЭД позволило сделать ряд выводов. Параметры пористости и расхода рабочего тела оказывают значительное влияние на температуру пористой вставки. Увеличение пористости и расхода рабочего тела приводит к повышению температуры вставки. Использование воды как рабочего тела позволяет обеспечить требуемые параметры ракетного двигателя на разных режимах его работы. Этот метод также упрощает конструкцию и повышает безопасность эксплуатации за счет отсутствия баллонов сжатого газа, а также снижает энергозатраты и себестоимость эксплуатации.

В последние десятилетия исследователи и инженеры активно работают над совершенствованием верньерных электроракетных двигателей. Одним из ключевых направлений является увеличение эффективности ионизации топлива, что позволит улучшить ускорение частиц и, как следствие, повысить КПД двигателя. Также важным аспектом является разработка новых материалов для создания более эффективных сопел и ускорителей, способных выдерживать высокие температуры и обеспечивать длительный срок службы без потери производительности.

Верньерные электроракетные двигатели представляют собой перспективное направление в развитии космической техники. Их способность обеспечивать высокую точность управления и маневренность делает их важным элементом в освоении космоса и выполнении сложных космических миссий.

Несмотря на свой потенциал, у ВЭД все еще есть некоторые вызовы, включая необходимость улучшения хранения и поставки энергии, а также разработки более эффективных методов управления ионизированными частицами. Но инновационные исследования в этой области продолжаются, что обещает расширить возможности и применение ВЭД в будущем.

\*\*\*

1. Аэродинамика и динамика полета: лабораторный практикум / составители : Д. В. Айдаркин, Е. Н. Коврижных, С. Г. Косачевский, А. Н. Мирошин. -Ульяновск: УИ ГА, 2020. - 76 с.
2. Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники: Учебное пособие Н.В. Белов, Ю.С. Волков. - СПб.: Лань, 2018. - 432 с.
3. Сытин, Л.Е. Все об авиации / Л.Е. Сытин. - М.:Астрель, 2016.-884с.

**Рахматуллин С.С.**

### **Критические аспекты определения времени отключения устройств и систем АПВ**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
энергетический университет»  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-622

#### **Аннотация**

В данной работе, основанной на анализе научной литературы, предпринимается попытка исследовать ключевые аспекты определения времени отключения оборудования с функцией АПВ, необходимого для поддержания показателей надежности работы существующих энергосистем на должном уровне.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, автоматика энергосистем, релейная защита, АПВ, отключение устройств.

#### **Abstract**

In this paper, based on the analysis of scientific literature, an attempt is made to investigate the key aspects of determining the tripping time of equipment with reclosure function, necessary to maintain the reliability performance of existing power systems at an appropriate level.

**Keywords:** electric power engineering, power system automation, relay protection, reclosure, device tripping.

Автоматическое повторное включение (АПВ) является важной функцией обеспечения безопасности и надежности энергосистем. АПВ позволяет быстро восстанавливать электроснабжение после кратковременных отключений, вызванных короткими замыканиями или перегрузками.

Однако при использовании устройств и систем АПВ в обязательном порядке необходимо учитывать время их отключения, чтобы избежать нежелательных последствий. Исследователи подчеркивают, что обозначенное научное направление является важным на сегодняшний день, поскольку непосредственно связано с реализацией мероприятий по повышению стабильности электроснабжения критически важных потребителей [1].

В связи со всем вышесказанным, цель настоящей работы – исследовать ключевые аспекты определения времени отключения оборудования с функцией АПВ, необходимого для поддержания показателей надежности работы существующих энергосистем на должном уровне.

Анализ литературы показал, что время отключения АПВ – это период, в течение которого система остается отключенной после срабатывания соответствующих устройств РЗА. Это время может варьироваться в зависимости от типа системы и ее настроек. Обычно время отключения АПВ составляет от 0,3 до 1,5 секунд [2].

Как было упомянуто, выбор правильного времени отключения АПВ важен для обеспечения стабильности и безопасности энергосистемы. Если время отключения слишком короткое, система может быть подвержена частым повторным отключениям, что может привести к перегрузке и перегреву оборудования. Если же время отключения продолжительное, то это может привести к потере питания для потребителей и нарушению технологического процесса [3].

Для определения оптимального времени отключения АПВ необходимо учитывать множество факторов, таких как тип системы, ее характеристики, а также возможные внешние воздействия. Например, если система работает в условиях частых коротких замыканий, то время отключения должно быть больше, чтобы обеспечить достаточное время для охлаждения оборудования. Также стоит учитывать, что время отключения может зависеть от погодных условий и времени суток. В ночное время потребление электроэнергии снижается, и время отключения можно уменьшить, чтобы повысить эффективность системы [4].

Таким образом, многие исследователи сходятся во мнении, что время отключения АПВ играет важную роль в обеспечении надежности и стабильности энергосистемы. Правильный выбор времени отключения позволяет избежать нежелательных отключений и гарантировать бесперебойное электроснабжение потребителей [2–4]. Такое положение дел обуславливает важность более детального рассмотрения обозначенной проблемы.

Специалисты сообщают, что определение такого параметра как время отключения рассматриваемого типа электрооборудования является важной частью процесса АПВ и требует использования различных методов, таких как прямые измерения, косвенные измерения и экспертные оценки. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе оптимального подхода для конкретной системы.

1. Метод прямого измерения. Он заключается в непосредственном измерении времени отключения с помощью специальных приборов. Этот метод требует наличия специализированного оборудования и может быть сложным в реализации на практике.

Одним из главных преимуществ метода является его высокая точность. Действительно, благодаря использованию специализированных устройств для измерения времени отключения, метод прямого измерения позволяет получить наиболее точные данные о времени отключения и, соответственно, наиболее точно настроить параметры АПВ. Кроме того, метод позволяет учитывать различные факторы, которые могут повлиять на время отключения. Например, если отключение вызвано коротким замыканием (КЗ), то данный способ позволит учесть время, необходимое для гашения дуги КЗ, что может быть важно для предотвращения повторных отключений.

Однако стоит отметить, что использование метода прямого измерения требует установки дополнительных устройств и может быть более затратным, по сравнению с другими способами определения времени отключения. Тем не менее, точность и надежность данного метода делают его одним из наиболее предпочтительных для использования в традиционных системах АПВ, установленных на многих объектах электроэнергетики в нашей стране [5].

2. Метод косвенных измерений. Он основан на использовании данных о параметрах энергосистемы и расчете времени отключения на базе математических моделей. Данный метод менее точен, чем прямое измерение, но может быть использован в случае отсутствия специализированного оборудования. Метод косвенных измерений предполагает использование данных о параметрах системы, таких как напряжение, ток и частота, для оценки времени отключения. Основным преимуществом этого способа является его относительная простота и доступность. Для его реализации не требуется установка дополнительного оборудования, что снижает затраты на применение в системах АПВ. Существенным недостатком метода, помимо

низкой точности, является зависимость от корректности используемых в процессе измерения моделей. Также метод косвенных измерений может быть менее эффективным при наличии значительных искажений в сигналах, что нередко происходит при возникновении КЗ или других аварийных ситуаций. В таких случаях метод прямых измерений является более предпочтительным [6].

3. Метод экспертных оценок. Он предполагает определение времени отключения АПВ и оценку параметров системы на основе опыта и знаний специалистов, занимающихся эксплуатацией электроэнергетических объектов. Экспертные оценки могут быть получены как от сотрудников, работающих в конкретной энергосистеме, так и от стороннего персонала в области релейной защиты и автоматики.

Данный метод довольно распространен в энергетическом комплексе нашей страны, поскольку нередко используется для мониторинга и контроля режимов работы энергосистем. Основным преимуществом рассматриваемого способа является его гибкость и возможность учета различных факторов, которые могут влиять на работу системы, к которой подключены устройства АПВ. Что касается недостатков, то следует отметить субъективность оценок и возможность ошибок со стороны кадрового состава. Кроме того, использование экспертных оценок может быть дорогостоящим и требовать значительных временных затрат на сбор и анализ необходимых данных [7].

Таким образом, определение времени отключения устройств АПВ является важным аспектом для обеспечения стабильной и надежной работы эксплуатируемых энергосистем. Как показал анализ, правильно выбранное время отключения позволяет избежать нежелательного прерывания работы взаимосвязанного электроэнергетического оборудования, перегрузок и перегревов, а также потери питания для потребителей. При выборе времени отключения необходимо учитывать множество факторов, включая тип системы, характеристики оборудования, возможные внешние воздействия и погодные условия. Также важным является использование общепринятых методов определения временной продолжительности отключения устройств АПВ, которые кратко рассмотрены в настоящей статье.

\*\*\*

1. Жарков Ю.И., Десятник А.Н. Определение допустимого времени АПВ при устойчивом коротком замыкании через непосредственный контакт // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2002. – № 1. – С. 62-65.
2. Дедов Д.Д., Смакова А.Р., Пудовинникова М.В. Автоматическое повторное включение // Электроэнергетика сегодня и завтра. – 2023. – № 1. – С. 189-191.
3. Рахматуллин, С. С. Исследование интеграции мер по предотвращению аварий в энергосистеме и обществе / С. С. Рахматуллин // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : Сборник научных трудов X Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, Томск, 09–11 ноября 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 184-187.
4. Рахматуллин, С. С. Проблема скорости срабатывания релейной защиты и важность создания передовых математических методов ускоренной координации реле / С. С. Рахматуллин, В. Р. Сагиров, Л. Р. Мавляутдинов // Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 27 марта 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 34-36.
5. Качесов В.Е., Кошелько С.П. Адаптивное однофазное автоматическое повторное включение линий высокого напряжения на основе параметров установившегося режима // Электротехника. – 2016. – № 12. – С. 73-78.
6. Куликов А.Л., Пелевин П.С., Лоскутов А.А. Метод автоматического повторного включения на кабельно-воздушных ЛЭП с использованием двусторонних измерений // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2019. – № 4. – С. 81-90.
7. Елисеев В.А. Ведомственная экспертиза инновационных проектов и программ // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 9. – С. 37-48.



Рахматуллин С.С.

**Проблема определения длительности перерыва электроснабжения при использовании устройств АПВ**

ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
энергетический университет»  
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-623

**Аннотация**

В данной работе, основанной на анализе научной литературы, предпринимается попытка исследовать актуальные аспекты определения длительности перерыва электроснабжения при находящихся в эксплуатации устройствах АПВ, влияющую на надежность и безопасность функционирования энергосистем.

**Ключевые слова:** энергетический комплекс, автоматика энергосистем, релейная защита, АПВ, перерыв электроснабжения.

**Abstract**

In this paper, based on the analysis of scientific literature, an attempt is made to investigate the actual aspects of determining the duration of power supply interruption with in-service reclosing devices, affecting the reliability and safety of power systems operation.

**Keywords:** power complex, power system automation, relay protection, reclosure, power supply interruption.

Общеизвестно, что автоматическое повторное включение (АПВ) является важным инструментом обеспечения надежности энергосистемы, который позволяет восстановить электроснабжение после кратковременного отключения. Однако его применение сталкивается с рядом проблем и ограничений, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации систем электрического снабжения.

Одним из важных параметров, определяющих эффективность работы системы АПВ, является длительность перерыва электроснабжения. Этот параметр определяет, насколько быстро устройство АПВ сможет восстановить электроснабжение после его прерывания. Если длительность перерыва определена неверно, это может привести к недооценке или переоценке степени воздействия аварии на потребителей, что, в свою очередь, повышает риск осуществления неправильных решений о необходимости восстановления снабжения потребителей электрической энергией [1].

Цель работы – исследовать актуальные аспекты определения длительности перерыва электроснабжения при эксплуатации систем АПВ, влияющую на надежность и безопасность функционирования энергосистем.

Длительность перерыва электроснабжения – это время, в течение которого потребитель не получает электроэнергию. Этот параметр является важным показателем качества электроснабжения и используется для оценки надежности системы электроснабжения. Продолжительность перерыва может быть различной и зависит от многих факторов, таких как тип нагрузки, время суток, погодные условия и т.д. В некоторых случаях длительность перерыва достигает нескольких часов, что может привести к серьезным последствиям для участников электроэнергетического сектора.

Анализ литературы показал, что определение длительности перерыва электроснабжения позволяет оценить степень воздействия аварийного события на потребителей и рассчитать показатели, влияющие на скорость восстановления энергообеспечения. Длительность перерыва электроснабжения наряду с временем отключения АПВ является критически важным фактором, без которого невозможна корректная настройка устройств автоматики энергосистем [2].

Для определения длительности перерыва электроснабжения используются различные методы, такие как измерение напряжения на шинах потребителя, использование системы релейной защиты и другие. Рассмотрим существующие методы более подробно.

Одним из наиболее распространенных способов определения длительности перерыва электроснабжения при задействованном АПВ является измерение напряжения на шинах потребителя. Метод основывается на том, что при аварийном отключении электроснабжения напряжение на шинах потребителя падает до нуля, а после его восстановления оно быстро возрастает до нормального значения. Для измерения разности потенциалов используются специальные измерительные приборы (как правило, вольтметры), которые подключаются к шинам. Прямое измерение с использованием вольтметров является наиболее точным и надежным, однако оно требует непосредственного подключения электрооборудования к высоковольтной энергоустановке. Применяется также косвенное измерение с использованием трансформаторов напряжения, которые преобразуют высокое напряжение на шинах в низкое напряжение, которое затем подается на вольтметр. Важно также отметить, что в последние годы с развитием интеллектуальных и цифровых технологий в отечественном электроэнергетическом комплексе практикуется метод измерения напряжения с использованием микропроцессорных устройств, который отличается быстродействием и высокой точностью полученных результатов [3].

На сегодняшний день релейная защита является одним из основных инструментов для определения длительности перерыва электроснабжения. РЗА представляет собой систему устройств, которая обеспечивает автоматическое отключение оборудования при возникновении аварийных режимов работы. При использовании данного метода определение длительности перерыва электроснабжения осуществляется с помощью специальных устройств – реле времени, которые устанавливаются на входе защиты и выполняют функцию контроля длительности отключения оборудования. Здесь перерыв электроснабжения определяется путем измерения времени между моментом возникновения ненормального режима и моментом срабатывания устройства РЗА, которое автоматически определяет аварийную ситуацию по изменению таких параметров сети, как ток и напряжение. Затем эта информация передается на систему АПВ, которое восстанавливает электроснабжение. Главным преимуществом метода является способность релейной защиты автоматически принимать решения о необходимости автоматического отключения оборудования или продолжения его работы в нормальном режиме [4].

Нельзя также не упомянуть метод статистического анализа, который является весьма эффективным для определения длительности перерывов электроснабжения при использовании АПВ. Способ основан на анализе статистических данных о перерывах электроснабжения за определенный период времени. Он позволяет определить среднюю длительность перерыва и оценить его вариабельность. Суть метода заключается в том, что система непрерывно регистрирует данные о напряжении, токе и других параметрах, и на основе этих данных вычисляются показатели продолжительности отсутствия электрического снабжения потребителей. Для проведения статистического анализа используются различные алгоритмы и программы, которые автоматически обрабатывают полученные данные и выдают результаты в виде графиков и таблиц. Преимущества метода: получение наиболее точных и объективных данных о длительности перерывов, так как метод не зависит от человеческого вмешательства и учитывает все возможные факторы, влияющие на длительность перерывов; возможность полной автоматизации и реализации расчетов в режиме реального времени [5].

Наиболее современным и инновационным способом определения длительности перерывов электроснабжения при использовании задействованных в энергосистеме устройств АПВ является метод моделирования. Метод предполагает создание математической модели, которая описывает процесс электроснабжения, и ее использование для определения длительности перерыва. Моделирование может быть выполнено с применением специализированного программного обеспечения. Метод учитывает различные факторы, влияющие на надежность энергосистемы. Математическая модель позволяет определить

зависимости между различными параметрами системы: нагрузка, напряжение, частота, мощность. Главным преимуществом моделирования является возможность учета различных сценариев развития событий, что позволяет определить наиболее вероятную длительность перерыва электроснабжения для каждого конкретного случая [6].

Определение длительности перерыва электроснабжения имеет важное значение для настройки системы АПВ и обеспечения ее эффективной работы. Выбор метода определения длительности перерыва зависит от специфики системы электроснабжения, доступных ресурсов и требований к точности результатов. Например, если система АПВ используется на небольшой подстанции, то можно использовать метод прямого измерения или статистического анализа. Если же система АПВ применяется на крупной электростанции или промышленном предприятии, то целесообразно использовать метод моделирования, так как он позволяет учесть все особенности системы электроснабжения и точнее определить длительность перерыва [4–6].

Важно отметить, что определение длительности перерыва электроснабжения необходимо не только для эффективной работы АПВ, но и для оценки степени воздействия аварии на потребителей. Если длительность перерыва слишком велика, это может привести к повреждению оборудования и нарушению технологического процесса. В то же время, слишком короткое время перерыва может привести к тому, что потребители не успеют переключиться на резервное питание, что также может вызвать сбои в работе оборудования [1–3].

Таким образом, определение длительности перерыва электроснабжения является важным этапом при настройке системы АПВ. Выбор способа определения этого параметра зависит от специфики системы и требований к результатам. Важно понимать, что правильный выбор метода и его корректное применение позволяют обеспечить эффективную работу системы АПВ, снизить потери электроэнергии и улучшить качество электроснабжения потребителей.

\*\*\*

1. Рахматуллин, С. С. Исследование интеграции мер по предотвращению аварий в энергосистеме и обществе / С. С. Рахматуллин // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : Сборник научных трудов X Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, Томск, 09–11 ноября 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 184-187.
2. Рахматуллин, С. С. Новые технологии в области высоковольтных энергосистем / С. С. Рахматуллин // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 588-590.
3. Исмоилов С.Т. Распределенное регулирование режима напряжения электрической сети // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 1. – С. 59-63.
4. Дедов Д.Д., Смакова А.Р., Пудовинникова М.В. Автоматическое повторное включение // Электроэнергетика сегодня и завтра. – 2023. – № 1. – С. 189-191.
5. Ершов С.В., Жабин Б.А. Особенности определения провалов напряжения в системах электроснабжения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 8. – С. 97-103.
6. Кронгауз Д.Э. Оценка ущербов от перерывов в электроснабжении потребителей // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. – № 6. – С. 54-56.

**Сумбаев С.Ю.**

**Оптимизация электрических систем в электросистемах летательных аппаратов**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-624

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает важность выбора электрических проводов и кабелей в бортовых цепях электрооборудования летательных аппаратов. Обсуждаются требования к

проводам и кабелям, факторы, влияющие на выбор сечения, а также методы выбора оптимальных параметров.

**Ключевые слова:** электрические провода, кабели, летательные аппараты, бортовые цепи, электрооборудование, сечение проводов.

### Abstract

This article examines the importance of choosing electrical wires and cables in the on-board circuits of aircraft electrical equipment. The requirements for wires and cables, factors influencing the choice of cross-section, as well as methods for choosing optimal parameters are discussed.

**Keywords:** electrical wires, cables, aircraft, on-board circuits, electrical equipment, wire cross section.

Летательные аппараты сегодня находятся на переднем крае технологического прогресса, предъявляя все более высокие требования к эффективности, безопасности и экологической устойчивости.

Как и в любой другой области, в авиации существуют строгие нормы и стандарты, касающиеся материалов, используемых в электрических проводах и кабелях, и их характеристик. В первую очередь, эти материалы должны быть высококачественными и обладать высокой степенью надежности. Они должны быть способными выдерживать различные эксплуатационные условия, такие как вибрации, температурные колебания и воздействие влаги.

Летательные аппараты, будь то самолеты, вертолеты или даже беспилотные летательные аппараты (БПЛА), имеют уникальные требования к электрическим системам. Они должны быть легкими, надежными, обеспечивать высокую энергоэффективность и быть способными работать в экстремальных условиях, таких как высокие и низкие температуры, высокие вибрации и другие факторы, характерные для аэрокосмических приложений.

Одним из ключевых моментов является выбор допустимых сечений проводов и кабелей. Это важно не только для обеспечения эффективной передачи электроэнергии, но и для обеспечения безопасности полета. Неправильный выбор сечения может привести к перегреву, короткому замыканию и другим аварийным ситуациям. Факторы, влияющие на выбор сечения проводов и кабелей:

1. Токовая нагрузка: Определение токовой нагрузки является первым шагом при выборе сечения провода или кабеля. Это зависит от потребляемой мощности электропотребителя и характеристик цепи;
2. Длина провода, которая влияет на его электрическое сопротивление: чем длиннее провод, тем больше его сопротивление и тем больше потери напряжения;
3. Различные условия эксплуатации, такие как температурные условия, вибрации и воздействие влаги, должны быть учтены при выборе сечения провода или кабеля;
4. Совместимость с электрооборудованием;

Существует несколько методов выбора допустимых сечений проводов и кабелей:

1. Используя математические модели для определения оптимального сечения провода или кабеля на основе токовой нагрузки, длины провода и других факторов;
2. Используя ряд стандартов и рекомендаций, устанавливающих требования к выбору сечений проводов и кабелей.
3. Опираясь на свой опыт и знания при выборе сечения проводов и кабелей для конкретных задач.

Для выбора *Sil* кабельно-проводниковой продукции (КПП), используемой в электрооборудовании с переменным током частотой 50 Гц, обычно учитываются режимы одно- или трехфазного короткого замыкания. Однако, когда речь идет о силовых цепях бортовых

электрических сетей летательных аппаратов, частота переменного тока может значительно отличаться от промышленной частоты 50 Гц. Примером может служить современный авиалайнер "Airbus 380", где длина бортовых силовых цепей составляет более 530 км. Мощность источников электроэнергии на борту летательных аппаратов также варьируется от 20 кВт до 600 кВт и более.

Рассмотрим также особенности использования неизолированных и изолированных проводов и кабелей с разными типами изоляции (ПВХ, Р, ПЭТ) и медными (или алюминиевыми) жилами. Важно обратить внимание на то, как силовые цепи бортовых электрических сетей летательных аппаратов могут адаптироваться к переменному току с частотой  $f > 50$  Гц и как выбирать предельно допустимые сечения для этих проводов и кабелей, учитывая внутренние и наружные оболочки-экраны, а также поясную (защитную) изоляцию. Основные идеи и результаты описаны следующим образом:

1. Использование предохранителей, основанных на эффекте электрического взрыва металлической проволоки, вместо традиционных плавких предохранителей.
2. Влияние частоты переменного тока на время срабатывания предохранителей. Оказывается, что увеличение частоты переменного тока может значительно ускорить срабатывание предохранителей.
3. Длительность протекания аварийного тока также существенно влияет на выбор предохранителей.
4. Применение повышенной частоты переменного тока в бортовых электрических сетях может улучшить быстродействие предохранителей.
5. Важно учитывать термическую стойкость проводов и кабелей при выборе предохранителей. Рассматривается расчет температурных параметров при действии короткого замыкания.

При выборе проводов и кабелей для летательных аппаратов необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Тип изоляции: ПВХ (поливинилхлорид), Р (резина), ПЭТ (полиэтилентерефталат) - каждый из этих материалов обладает своими характеристиками, такими как устойчивость к температуре, химическая стойкость и гибкость. Например, ПВХ может быть более устойчивым к механическим повреждениям, в то время как ПЭТ может быть более устойчивым к высоким температурам.
2. Материал жил: Медь обладает более высокой электропроводностью и лучше подходит для применения в проводах, где требуется высокая эффективность передачи энергии. Однако алюминий может быть более легким и более экономичным в некоторых случаях.
3. Переменный ток с частотой  $f > 50$  Гц: При работе с переменным током с частотой выше 50 Гц возникают особенности, связанные с электромагнитными явлениями, влияющими на эффективность передачи энергии и требования к изоляции.
4. Выбор предельно допустимых сечений: При выборе предельно допустимых сечений проводов и кабелей следует учитывать требования по нагрузке, длине провода, условиям эксплуатации (в том числе температурным и механическим), а также безопасности. Расчеты проводятся с учетом допустимого нагрева проводов, потерь напряжения и других факторов.
5. Внутренние и наружные оболочки-экраны, а также поясная (защитная) изоляция: Эти элементы обеспечивают защиту проводов и кабелей от внешних воздействий, электромагнитных помех и других факторов, которые могут негативно сказаться на работе электрических систем воздушных судов.

Выбор допустимых сечений электрических проводов и кабелей в бортовых цепях электрооборудования летательных аппаратов - это важный этап проектирования и

эксплуатации воздушных судов. Неправильный выбор сечения может привести к серьезным последствиям, включая аварийные ситуации. Поэтому необходимо тщательно анализировать условия эксплуатации, требования к системе и руководствоваться соответствующими стандартами и рекомендациями при принятии решений.

Оптимизация электрических систем в летательных аппаратах играет ключевую роль в обеспечении их эффективной и безопасной работы. Путем использования передовых технологий, улучшения проектирования и интеграции новых решений можно достичь существенного улучшения характеристик летательных аппаратов, что приведет к повышению их производительности, надежности и экологической устойчивости.

\*\*\*

1. Прянишников, В.А. Теоретические основы электротехники: Курс лекций / В.А. Прянишников. - СПб.: КОРОНА-принт, 2015. - 368 с.
  2. Розум, Т.Т. Сборник задач по электротехнике и электронике: Учебное пособие / Ю.В. Бладыко, Т.Т. Розум, Ю.А. Куварзин; Под общ. ред. Ю.В. Бладыко. - Мн.: Вышэйшая шк., 2017. - 478 с.
  3. Синдеев, Ю.Г. Электротехника с основами электроники: Учебное пособие для профессиональных училищ, лицеев и колледжей / Ю.Г. Синдеев. - Рн/Д: Феникс, 2018. - 407 с.
  4. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / В. М. Акимов и др.; под ред. С. М. Шляхтенко. Учебник для вузов, 2-е перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 587 с.
-

## РАЗДЕЛ XXXI. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Абрашитова Р.С.

Меры по предотвращению и ликвидации аварий при обращении с отходами

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-625

### Аннотация

Данная статья обсуждает важность разработки противоаварийных мер и мер по ликвидации аварий при обращении с отходами на предприятиях арматуростроения. Рассмотрены основные аспекты оценки рисков, разработки превентивных мер и готовности к оперативным действиям в случае аварийных ситуаций. Обсуждаются практические шаги, которые предприятия могут предпринять для минимизации рисков и последствий аварийных ситуаций при обращении с отходами.

**Ключевые слова:** обращение с отходами, противоаварийные меры, ликвидация аварий, оценка рисков, экологическая устойчивость

### Abstract

This article discusses the importance of developing emergency response measures and measures to eliminate accidents in waste management at valve manufacturing enterprises. The main aspects of risk assessment, development of preventive measures and preparedness for operational actions in case of emergency situations are considered. Practical steps that enterprises can take to minimize the risks and consequences of emergencies in waste management are discussed.

**Keywords:** waste management, emergency response measures, accident elimination, risk assessment, environmental sustainability

Первый шаг в разработке противоаварийных мер – это проведение комплексной оценки рисков, что включает в себя анализ потенциальных источников аварий, определение вероятности их возникновения, а также оценку возможных последствий для окружающей среды и здоровья работников. На основе этих данных разрабатываются меры по минимизации рисков и предотвращению возможных аварий. Противоаварийные меры могут включать в себя:

1. Разработку процедур обращения с отходами;
2. Обучение персонала;
3. Использование современного оборудования и технологий;
4. Разработка планов эвакуации и аварийных сценариев.

Несмотря на принятие всех необходимых противоаварийных мер, аварии все равно могут происходить. Поэтому важно иметь готовые планы действий по ликвидации аварий и минимизации их последствий. Меры по ликвидации аварий должны быть включены в общую систему управления отходами и включать следующие аспекты:

1. Немедленное реагирование на аварийную ситуацию помогает минимизировать ее последствия. Для этого необходимо иметь оперативный штаб и четкие инструкции по действиям в случае аварии.
2. Важно предпринять меры по изоляции и локализации источника утечки для предотвращения распространения загрязнений.
3. После ликвидации аварии необходимо провести мониторинг окружающей среды и оценить ее состояние для принятия дальнейших мер по восстановлению.



4. После аварии необходимо провести детальный анализ причин и обстоятельств, которые привели к ее возникновению, чтобы извлечь уроки и предотвратить подобные ситуации в будущем.

Например, спектр выпускаемой продукции на предприятиях арматуростроения разнообразен и включает в себя оборудование для ремонта и испытаний арматуры для трубопроводов большого диаметра, а также механическое и подъемно-транспортное оборудование. Производство данного оборудования включает несколько этапов.

В начале производственного процесса, листовой прокат и заготовки цилиндрической формы поступают на заготовительный участок. Листовой прокат режется на заготовки с использованием специальных резаков, которые работают путем сжигания смеси кислорода с природным газом. Круглый металл режется на заготовки на отрезных ленточных станках. Затем заготовки направляются на механический участок для обработки на токарных, фрезерных, расточных, и шлифовальных станках. После этого, детали, в зависимости от типа производимого оборудования, направляются на слесарно-сборочный участок. На слесарно-сборочном участке детали собираются с использованием крепежных элементов, таких как болты, гайки, и шпильки. Иногда для сборки отдельных узлов оборудования может применяться электросварка. Параллельно механической сборке, проводится монтаж необходимого электрооборудования. Завершая производственный цикл, готовое изделие проходит приемо-сдаточные испытания, после чего окрашивается на участке окраски и упаковывается в специальную деревянную тару для отправки заказчиком.

Также следует отметить, что внутреннее производственное и уличное освещение осуществляется с использованием ртутных ламп. Это может вызвать образование опасных отходов первого класса, включая ртутные лампы и люминесцентные ртутьсодержащие трубки. Отработанные ртутьсодержащие лампы должны быть утилизированы специализированными организациями без их накопления на территории предприятия.

В процессе эксплуатации автотранспорта на предприятии могут образовываться различные виды отходов, включая свинцовые аккумуляторы, отработанные моторные и трансмиссионные масла, старые покрышки, обтирочный материал, загрязненный маслами и фильтры, пропитанные нефтепродуктами.

Кроме того, в административных и офисных помещениях используется офисная техника. При списании картриджей для принтеров, клавиатур, и манипуляторов образуются отходы из смеси затвердевших разнородных пластмасс. Также в результате канцелярской деятельности и делопроизводства могут образовываться отходы.

В процессе перемещения и обращения с отходами возможны ситуации, которые могут создать негативное воздействие на окружающую среду. В данном контексте рассмотрим отходы, которые подразумевают уровень опасности и соответствующие меры по их предотвращению и ликвидации:

1. Ртутные лампы и люминесцентные ртутьсодержащие трубки (отработанные и брак):
  - Класс опасности: 1.
  - Опасные свойства: токсичность.
  - Возможные аварийные ситуации: незаконное выпускание ртути в окружающую среду.
  - Противоаварийные мероприятия: хранение отработанных ртутных ламп в специально закрытых помещениях, недоступных для посторонних лиц.
  - Меры по ликвидации аварий: ограждение места аварии, установка предупреждающих и запрещающих знаков, сбор отходов с применением средств индивидуальной защиты, упаковка отработанных ламп в специальные металлические контейнеры, механическая уборка ртути, химическая обработка мест загрязнения.

2. Масла (моторные, трансмиссионные, компрессорные, промышленные) и свинцовые аккумуляторы (отработанные, неповрежденные, с неслитым электролитом):
- Класс опасности: 2 и 3.
  - Опасные свойства: пожароопасность.
  - Возможные аварийные ситуации: разлив нефтепродуктов, возгорание.
  - Противоаварийные мероприятия: оборудование мест временного хранения огнетушителями, хранение в специально оборудованных емкостях с плотно закрывающимися крышками.
  - Меры по ликвидации аварий: установка предупреждающих и запрещающих знаков, сбор разлитого масла, передача собранных материалов для утилизации, реабилитация территории, удаление загрязненного грунта и поверхностей, применение химических средств для тушения возгорания в случае пожара.

Применение этих мер и соблюдение предосторожности помогут предотвратить аварийные ситуации и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду в процессе работы предприятия.

Разработка противоаварийных мер и мер по ликвидации аварий при обращении с отходами на предприятиях арматуростроения является важным аспектом обеспечения безопасности и экологической устойчивости производства. Она требует комплексного подхода, включающего оценку рисков, разработку превентивных мер и готовность к оперативным действиям в случае возникновения аварийных ситуаций. Только таким образом можно обеспечить безопасность работников, защитить окружающую среду и обеспечить устойчивость производства на долгосрочной перспективе.

\*\*\*

1. Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности / Э.А. Арустамов. - М.: Academia, 2015. - 432 с.
2. Гусакова Н.В. Мониторинг и охрана городской среды: Учеб. пособие. — Ростов-н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009. — 150 с
3. Куликов, О.Н. Безопасность жизнедеятельности в строительстве: Учебник / О.Н. Куликов. - М.: Академия, 2019. - 448 с.

**Вещицкий А.Т.**

### **Загрязнение подземных вод в нефтегазовых регионах**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-626

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает роль глинистых отложений в контексте вторичного загрязнения подземных вод в условиях нефтегазового техногенеза. Обсуждаются механизмы, приводящие к загрязнению подземных вод, влияние глинистых отложений на процессы удержания и десорбции загрязнителей, а также последствия для экосистемы и здоровья человека. В статье также предлагаются меры по предотвращению загрязнения и поддержанию качества подземных вод в нефтегазовых регионах.

**Ключевые слова:** глинистые отложения, подземные воды, вторичное загрязнение, нефтегазовый техногенез, механизмы загрязнения, десорбция загрязнителей.

#### **Abstract**

This article examines the role of clay deposits in the context of secondary groundwater pollution in the context of oil and gas technogenesis. The mechanisms leading to groundwater pollution, the influence of clay deposits on the processes of retention and desorption of pollutants, as

well as the consequences for the ecosystem and human health are discussed. The article also suggests measures to prevent pollution and maintain groundwater quality in oil and gas regions.

**Keywords:** clay deposits, groundwater, secondary pollution, oil and gas technogenesis, pollution mechanisms, desorption of pollutants.

Подземные воды представляют собой важный ресурс, необходимый для жизни человека и поддержания экосистем, но в условиях нефтегазового техногенеза, когда проводятся различные виды геологоразведочных и добычных работ, подземные воды становятся под угрозой вторичного загрязнения. Глинистые отложения, характерные для многих нефтегазовых регионов, играют важную роль в этом процессе.

Глинистые отложения представляют собой компактные, водоупорные горные породы, содержащие большое количество глинистых минералов, таких как иллит, каолинит, монтмориллонит и другие, которые обладают высокой адсорбционной способностью, что делает глинистые отложения эффективными в поглощении и удержании различных загрязнителей, включая нефтепродукты и химические вещества.

В условиях нефтегазового техногенеза происходит множество процессов, которые могут привести к загрязнению подземных вод. Это могут быть утечки нефти и нефтепродуктов из скважин, нефтеперерабатывающих заводов, разливы нефтепродуктов на поверхности почвы и многие другие. Под воздействием факторов окружающей среды эти загрязнители могут проникать в глинистые отложения и затем мигрировать в подземные воды.

Глинистые отложения могут действовать как барьер, задерживающий загрязнители и предотвращающий их проникновение в подземные воды на первых этапах загрязнения. При продолжительном воздействии загрязнителей, глинистые отложения могут стать насыщенными и потерять свою адсорбционную способность. В результате этого происходит процесс десорбции, при котором загрязнители, ранее удерживавшиеся в глинистых отложениях, вымываются и могут проникать в подземные воды.

Вторичное загрязнение подземных вод не только угрожает экосистемам, но и представляет серьезную угрозу для здоровья человека. Многие загрязнители, такие как бензол, толуол, ксилол и другие ароматические углеводороды, являются потенциально опасными веществами, способными вызвать различные заболевания, включая рак.

Для предотвращения вторичного загрязнения подземных вод необходимо принимать комплекс мер по контролю и мониторингу состояния глинистых отложений и подземных вод, что включает в себя регулярное мониторинговое наблюдение качества воды, разработку и применение технологий очистки и дегазации подземных вод, а также принятие законодательных мер по ограничению разливов и утечек нефтепродуктов.

Среди источников контаминации подземных вод, имеются значимые процессы, связанные с миграцией продуктов нефтегазового техногенеза. Такие продукты, перемещаясь вместе с поверхностными стоками через аэрированную зону, вступают в химические взаимодействия с глинистыми частями терригенных отложений, часто представленных в виде мелких линз, включений и пропластков. Глинистые материалы, обладая высокой площадью поверхности и способностью к сорбции, приобретают роль неких техногенных "сорбентов" для нефтепродуктов, тяжелых металлов, радионуклидов и других вредных компонентов. В стабильных геологических условиях, глинистые отложения зоны аэрации выполняют защитную функцию для подземных вод, предотвращая их загрязнение.

Однако, в областях активного нефтегазового техногенеза, таких как микросейсмические движения, вибрации и колебания, а также просадочные явления, может быть инициирован процесс обратной десорбции загрязняющих веществ из глинистых пород. Этот механизм может привести к вторичному загрязнению грунтовых вод.

Подобные процессы загрязнения также имеют место в донных отложениях открытых водоемов. Существует множество научных исследований, подтверждающих высокое содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов в иловых водах, которые становятся источниками вторичной загрязненности придонных масс водных систем. Кроме того, близ

промышленных объектов часто обнаруживается превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ как в поверхностных, так и подземных водах. Но, в отношении глинистых отложений зоны аэрации, данные процессы и их воздействие на загрязнение подземных вод требуют дополнительных исследований.

В более глубоких геологических комплексах, глинистые флюидоупоры, пропластки и различные минеральные и органические соединения накапливаются на протяжении многих миллионов лет. При естественных и техногенных событиях, таких как сейсмические действия, гидроразрывы пласта, закачка воды для поддержания давления, извлечение больших объемов попутных вод и другие процессы, создаются условия для активной десорбции ранее сорбированных вредных компонентов из глинистых пород. Поровые растворы тонкодисперсных пород могут служить транспортным средством для переноса этих веществ.

Для подтверждения данной гипотезы проводились эксперименты, которые учитывали, как геодинамически стабильные условия, так и воздействие виброакустических нагрузок. Были использованы два типа образцов глинистых пород: рыхлые почвообразующие грунты, собранные на территории с утечками дизельного топлива, и плотные глины из сверхглубокой скважины. А в зависимости от условий экспериментов, рассматривались процессы уплотнения осадков, наращивания давления и воздействия виброакустических колебаний. Данные эксперименты позволили лучше понять механизмы десорбции загрязняющих веществ из глинистых пород и их воздействие на подземные воды.

Для приближения эксперимента к условиям естественных процессов было учтено разнообразие исследований, касающихся воздействия сейсмических явлений на геосферу, что включает в себя наблюдения, показывающие, что акустический шум, создаваемый на компрессорных станциях и линейных участках трубопроводов, охватывает частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц. Даже небольшие сейсмические события (20-5000 Гц) могут нарушать баланс в подземной гидросфере и вызывать гидродинамические и гидрохимические изменения, которые распространяются на большие территории. Воздействие виброакустических колебаний с акустической частотой на водонасыщенные среды может активировать пленки связанных вод и увеличивать их способность к переносу масс.

Первая серия экспериментов, моделирующая выделение поровых растворов из почвообразующих грунтов зоны аэрации, продемонстрировала активное перемещение экологически опасных химических элементов из пород в поровые растворы под воздействием виброакустических колебаний.

Во второй серии экспериментов моделировался процесс переноса загрязнителей поровыми растворами из глин в пластовые воды. Химический анализ поровых растворов, извлеченных из глинистых пород, показал значительное увеличение концентраций тяжелых металлов и органических веществ под воздействием виброакустических и стресс-барических нагрузок. Эти результаты объясняются способностью поровых растворов, извлекаемых из тонкодисперсных отложений, растворять и переносить вредные элементы и органический материал из пород. Такие поровые флюиды могут перемещаться через трещины, плоскости скольжения и другие каналы, предоставляя механизм для миграции загрязнений к водоносным пластам.

Такие эксперименты указывают на потенциальную угрозу загрязнения подземных вод в условиях повышенной геодинамической активности, характерной для районов, где действуют нефтегазовые объекты. Учет таких процессов в мониторинге экологического состояния подземных вод позволит более точно оценивать экологическую ситуацию в этих районах, особенно в случаях долгосрочной добычи нефти и газа.

Глинистые отложения, хотя и могут служить эффективным барьером для защиты подземных вод от загрязнения, также могут стать источником вторичного загрязнения в условиях нефтегазового техногенеза. Понимание механизмов и последствий этого процесса играет важную роль в разработке эффективных стратегий по защите подземных вод и поддержанию экологического баланса в нефтегазовых регионах.

\*\*\*

1. Амиян В. А., Уголев В. С. Физико-химические методы повышения производительности скважин. – М.: Недра, 1970. – 280 с.
2. Кристиан М.А., Сокол С.Н. Химические методы в процессах добычи нефти. М.: Недра, 1985. – 184 с.
3. Ибрагимов Г. З., Хисамутдинов Н. И. Справочное пособие по применению химических реагентов в добыче нефти. – М.: Недра, 1983.- 312 с.
4. Логинов Б. Г., Малышев Л. Г., Гарифуллин Ш. С. Руководство по кислотным обработкам скважин. - М.: Недра, 1966. – 396 с.

**Комарова П.А.****Оптимизация технологических параметров в термошахтной добыче***Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)**doi: 10.18411/trnio-04-2024-627***Аннотация**

Данная статья исследует применение термошахтного метода добычи. Обсуждаются основные аспекты влияния растворенного газа на вязкость нефти, проницаемость пласта, давление в пласте и принимаются во внимание технологические решения для оптимизации процесса добычи.

**Ключевые слова:** растворенный газ, нефть, термошахтный метод, добыча углеводородов, технологические показатели, вязкость, проницаемость пласта, давление в пласте, оптимизация процесса.

**Abstract**

This article explores the application of the thermal mining method. The main aspects of the effect of dissolved gas on oil viscosity, reservoir permeability, reservoir pressure are discussed and technological solutions for optimizing the production process are taken into account.

**Keywords:** dissolved gas, oil, thermoshack method, hydrocarbon extraction, technological parameters, viscosity, reservoir permeability, reservoir pressure, process optimization.

Термошахтный метод добычи нефти является одним из эффективных способов разработки месторождений, особенно тех, которые характеризуются высокой вязкостью нефти. Одним из важных аспектов оптимизации термошахтной добычи является подбор состава инъекционной жидкости. Инженеры и ученые исследуют различные сочетания пара, воды и добавок, чтобы достичь оптимальной температуры, давления и консистенции необходимых для понижения вязкости нефти.

Термошахтная добыча основана на использовании термической энергии для облегчения и усиления процесса добычи полезных ископаемых. Основными элементами этого процесса являются:

1. Термальная энергия может быть получена из различных источников, включая геотермальные источники, солнечную энергию и другие возобновляемые источники, а также тепловую энергию, создаваемую внутри Земли.
2. Использование тепловой энергии в технологических процессах позволяет ускорить и улучшить добычу полезных ископаемых, таких как нефть, газ, руды и даже вода.
3. Важным преимуществом термошахтной добычи является ее экологическая эффективность. Поскольку этот метод использует возобновляемые источники энергии и часто связан с более чистыми технологиями, он может снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Использование тепловой энергии позволяет оптимизировать процессы добычи, снижая затраты на энергию и повышая общую энергоэффективность.

В сравнении с традиционными методами добычи, термошахтная добыча предлагает более экологически чистые решения, которые помогают снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Один из важнейших параметров в термошахтной добыче нефти - это температурный режим, который определяет эффективность передачи тепла в пласт. Оптимальная температура может быть достигнута путем точного контроля теплового потока в скважине и использованием специализированных теплоносителей. Регулирование давления и расхода флюида (обычно пара или горячая вода) является важным для создания необходимых условий для термального разрушения нефтяных пластов и максимального извлечения нефти из них.

Время, в течение которого пласт находится в контакте с тепловым воздействием, играет критическую роль в термошахтной добыче. Оптимизация этого параметра помогает достичь максимальной производительности и эффективности процесса. Выбор подходящего теплоносителя, такого как пар, горячая вода или инфракрасное излучение, а также его концентрация, влияют на скорость и эффективность теплообмена в пласте.

Оптимизация геометрии скважины, включая длину, диаметр и ориентацию, играет важную роль в обеспечении равномерного распределения тепла по всему пласту и максимизации производительности скважины.

Нефть содержит в себе различные газы, в том числе метан, этилен, пропан, бутан, и другие углеводороды, которые могут быть растворены в ее объеме в различных концентрациях. Количество и состав растворенного газа зависят от условий формирования месторождения и характеристик нефти. Влияние растворенного газа на технологические показатели разработки:

1. Вязкость нефти: Растворенный газ в нефти может значительно влиять на ее вязкость. Присутствие газа может снижать вязкость нефти, что облегчает ее добычу и улучшает эффективность термошахтного метода.
2. Проницаемость пласта: Растворенный газ способен изменять проницаемость пласта, что может как улучшать, так и затруднять процесс добычи нефти.
3. Технологические решения: Исследование влияния растворенного газа на технологические показатели позволяет разработать оптимальные стратегии добычи, включая выбор параметров термошахтного процесса, оптимизацию состава инъекционной жидкости и другие технические аспекты.

В настоящее время в мировой практике активно используются численные гидродинамические модели для прогнозирования параметров добычи месторождений и анализа эффективности технологий добычи углеводородов. Эти модели предоставляют возможность учитывать не только разнообразные геолого-физические и промысловые факторы, но и сложные физические процессы, которые происходят в пласте месторождения.

Процесс численного моделирования этого месторождения выполняется с помощью термического модуля STARS, который входит в состав коммерческого программного комплекса CMG. Этот инструментарий учитывает все основные геолого-физические и технологические параметры, связанные с процессом добычи высоковязкой нефти с использованием термических методов. Для построения гидродинамической сетки используется технология угловой точки, которая обеспечивает более точное описание геометрии и структуры залежи. Следует отметить, что структура рассматриваемой залежи осложнена наличием слабопроницаемых пропластков и сильной неоднородностью фильтрационных свойств.

Помимо PVT модели, которая учитывает три фазы (нефть, газ, вода), для оценки воздействия растворенного газа в пласте на технологические показатели разработки разрабатывается PVT модель, в которой растворенный газ не учитывался в пластовых условиях, и были рассмотрены только две фазы: нефть и вода. Расчет технологических параметров разработки блока выполняется по двум вариантам, отличающимся только выбором PVT моделей.

Для более детальной оценки корректности разработанной геолого-фильтрационной модели на процесс добычи нефти предоставляются технологические параметры только для

нагнетательных скважин. Относительно добычи воды следует отметить, что в блок месторождения поступает вода извне, и её природа требует дополнительных исследований.

Для более полного использования потенциала 3D моделирования процессов закачки теплоносителя необходимо:

- Устанавливать оборудование для измерения энергии закачиваемого пара, чтобы определить его степень сухости.
- Автоматизировать процесс измерения производства скважин.
- Регулярно проверять замерные устройства и устранять неисправности.

Для более детального анализа различий между фактическими и модельными показателями разработки необходима дальнейшая актуализация геолого-фильтрационной модели. Учитывая текущее состояние месторождения, рекомендуется использовать модель без учета растворенного газа при прогнозировании показателей разработки, что позволит учесть текущую дегазацию в старых подземных скважинах и обеспечить более точные результаты прогноза. Однако, несмотря на отсутствие учета растворенного газа в модели, следует помнить о его потенциально положительном влиянии на добычу нефти при термошахтном методе.

Также следует уделять особое внимание сбору и качеству данных, используемых при численном моделировании, чтобы обеспечить точность результатов и увеличить надежность прогнозов.

Влияние растворенного газа в нефти на технологические показатели разработки при термошахтном способе добычи представляет собой сложную проблему, требующую комплексного подхода и детального изучения. Понимание этого влияния позволит не только улучшить эффективность добычи нефти, но и оптимизировать процессы и снизить экологические риски, связанные с добычей углеводородов. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к новым технологическим решениям и повышению эффективности нефтедобычи.

\*\*\*

1. Кудинов В.И. Основы нефтегазопромыслового дела, том 1. Москва - Ижевск. - 2005. - 720 с.
2. Персиянцев, М. Н. Добыча нефти в осложненных условиях / М.Н. Персиянцев. - М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. - 656 с.
3. Поляков, Г. А. Модели и прогнозные оценки перспектив добычи нефти / Г.А. Поляков, Т.В. Полякова. - М.: Российская политическая энциклопедия, 2004. - 152 с.

**Комиссарова С.А.**

**Современные технологии контроля примесей в газовых и газоконденсатных скважинах**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-04-2024-628*

#### **Аннотация**

Статья посвящена разработке и исследованию электронных преобразователей каналов регистрации примесей в потоке продукции газовых и газоконденсатных скважин. Освещены основные характеристики, включая точность измерений, надежность, долговечность, автоматизацию и возможность удаленного управления.

**Ключевые слова:** электронные преобразователи, газовые скважины, газоконденсатные скважины, контроль примесей, масс-спектрометрия, газовая хроматография.

#### **Abstract**

The article is devoted to the development and research of electronic converters of channels for recording impurities in the product stream of gas and gas condensate wells. The main characteristics are highlighted, including measurement accuracy, reliability, durability, automation and the possibility of remote control.



**Keywords:** electronic converters, gas wells, gas condensate wells, impurity monitoring, mass spectrometry, gas chromatography.

В современной нефтегазовой промышленности контроль за качеством продукции играет важнейшую роль в обеспечении безопасности процессов, экономической эффективности и соблюдении стандартов экологической безопасности.

Нефтегазовая промышленность сталкивается с постоянным вызовом в обеспечении качества добычи и переработки углеводородов. Одним из основных аспектов здесь является эффективный контроль за содержанием примесей в газах и газоконденсатных потоках. Примеси, такие как сероводород, диоксид углерода и другие, могут не только снижать качество продукции, но и представлять серьезные опасности для окружающей среды и здоровья людей.

Электронные преобразователи каналов регистрации примесей представляют собой высокотехнологичные системы, способные обеспечить точный и надежный контроль за составом газовых потоков. Такие устройства работают на основе современных методов анализа, таких как масс-спектрометрия, газовая хроматография и спектроскопия. Такие электронные преобразователи обеспечивают высокую точность измерений содержания примесей в газовых потоках, что позволяет операторам быстро реагировать на изменения и контролировать процессы добычи и переработки.

Технологии, лежащие в основе электронных преобразователей, обеспечивают их надежную работу в условиях высоких давлений и температур, характерных для нефтегазовых скважин. Многие современные системы предоставляют возможность автоматизации процессов контроля и управления, что снижает риски человеческого вмешательства и повышает эффективность работы. Ключевым аспектом развития электронных преобразователей каналов регистрации примесей является постоянное исследование новых материалов, датчиков и методов анализа, направленных на улучшение точности, скорости и надежности измерений.

Инженеры и ученые в этой области постоянно работают над увеличением чувствительности датчиков, снижением энергопотребления систем и расширением диапазона измеряемых параметров.

Электронные преобразователи каналов регистрации примесей широко применяются в нефтегазовой промышленности по всему миру. Они находят применение не только на скважинных установках, но и на предприятиях по переработке газа и нефти. Для повышения точности и эффективности контроля жидких и твердых примесей в потоке продукции, электронные преобразователи должны постоянно совершенствоваться. Они должны обеспечивать обработку выходных сигналов первичных измерительных преобразователей, учитывая особенности флуктуаций и ударов частиц. Важно также разрабатывать электронные блоки, способные дифференцировать сигналы и выделять информативную составляющую среди шумов.

Производство из газовых и газоконденсатных скважин сопровождается многокомпонентным потоком с разнообразной структурой, включая газовую фазу, а также жидкую и твердую фазы примесей. Присутствие примесей в таком многофазном потоке создает технические и эксплуатационные проблемы, такие как сложности в измерении расхода продукции и потенциальные аварии на скважинных установках. Реальномасштабный контроль выноса жидкости и твердых частиц дает новые возможности для решения этих проблем и оптимизации процесса добычи газовых и газоконденсатных месторождений.

Присутствие примесей, таких как вода и твердые частицы, в многофазном потоке продукции создает ряд проблем. Это включает в себя затруднения в измерении расхода контролируемого потока и потенциальные нарушения в работе скважинного оборудования. Реальномасштабный контроль выноса жидкости и песка позволяет более эффективно управлять процессом добычи и оптимизировать работу месторождений.

Системы контроля примесей и расхода газа, газового конденсата и нефти становятся все более востребованными в нефтегазовой промышленности. Они позволяют операторам скважинных установок более точно контролировать процессы добычи и управлять режимами

работы скважин. Это способствует повышению эффективности добычи и снижению операционных рисков.

Ударное воздействие песчинок и частиц примесей на корпус первичного измерительного преобразователя проявляется в различных характеристиках сигнала. Песчинки, хотя и имеют низкую концентрацию в потоке по сравнению с жидкостью, но из-за остроты их кромок вызывают более высокочастотные короткие ударные импульсы с большой амплитудой. Спектр таких импульсов охватывает более широкий диапазон частот и может быть выделен среди других сигналов в ультразвуковом диапазоне.

Оценка содержания примесей, таких как песок и вода, в потоке является задачей, которая требует анализа сигналов. Для определения содержания воды, предлагается вычислять среднеквадратическое значение сигнала ударного воздействия капель жидкости в определенной информативной полосе частот в ультразвуковом диапазоне. Для определения содержания песка, используется специальный функциональный преобразователь, который формирует последовательность импульсов, количество которых пропорционально интенсивности ударов песчинок. Таким образом, можно оценить количество песка в потоке.

Для улучшения электронных преобразователей была разработана функциональная схема специального электронного преобразователя, который может обрабатывать сигналы ударного воздействия частиц примесей песка и воды, который включает два измерительных канала для измерения расхода примесей воды и удельного содержания песка. Основным принципом работы заключается в анализе сигналов и выделении информативной составляющей, исключая шумовую составляющую.

Стоит отметить, что электронные преобразователи остаются стабильными и работоспособными даже в условиях экстремальных температурных перепадов, что является важным фактором для их применения на месторождениях Крайнего Севера.

Разработанные электронные преобразователи обладают перспективой для применения в реальных промысловых условиях. Они способны точно измерять содержание различных примесей в потоке продукции газовых и газоконденсатных скважин, что позволяет оптимизировать процесс добычи и обеспечивать стабильную работу месторождений.

Исследования электронных преобразователей для регистрации примесей в потоке продукции газовых и газоконденсатных скважин подтвердили их стабильность и эффективность в экстремальных условиях. Эти устройства могут значительно улучшить контроль за процессом добычи и обеспечить стабильную работу месторождений. Результаты исследований позволяют рассматривать эти электронные преобразователи как перспективное решение для применения на практике.

Развитие электронных преобразователей каналов регистрации примесей играет ключевую роль в повышении эффективности и безопасности процессов добычи и переработки углеводородов. Постоянные исследования и инновации в этой области содействуют развитию современных технологий контроля и обеспечения качества в нефтегазовой промышленности.

\*\*\*

1. Акимова Т.А., Кузьмин А.П. «Экология. Природа-Человек-Техника». – М., 2001. – 178 с.
2. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Эффективные методы - М.: ООО "Недро-Бизнесцентр", 2009. - 552 с.
3. Денисова В.В. Промышленная экология. – М. : Химия, 2009. – 720 с.
4. Зайцев С.В. Промышленная экология. – М. : Химия, 2005. – 230 с.

**Назарова Д.И.**

**Стратегии обеспечения надежности в сетях газораспределения**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-629

**Аннотация**

Данная статья представляет собой обзорный анализ методов определения надежности сетей газораспределения. Освещаются практическое значение определения надежности сетей газораспределения и его влияние на энергетическую безопасность и экономическое развитие.

**Ключевые слова:** надежность, сети газораспределения, технические аспекты, организационные аспекты, материалы, мониторинг.

**Abstract**

This article is an overview analysis of methods for determining the reliability of gas distribution networks. The practical significance of determining the reliability of gas distribution networks and its impact on energy security and economic development are highlighted.

**Keywords:** reliability, gas distribution networks, technical aspects, organizational aspects, materials, monitoring.

Определение надежности сетей газораспределения – это комплексный процесс, который включает в себя как технические, так и организационные аспекты. Надежность сетей газораспределения начинается с качества материалов, используемых для строительства трубопроводов и сооружений. Материалы должны быть прочными, устойчивыми к коррозии и другим агрессивным воздействиям окружающей среды.

Регулярное обслуживание и проведение инспекций являются ключевыми мероприятиями для выявления потенциальных проблемных мест и их устранения до возникновения аварийных ситуаций. Разделение сетей и наличие резервных путей для подачи газа позволяют минимизировать риски отключения потребителей в случае аварийных ситуаций или планового обслуживания.

Организационные аспекты надежности сетей газораспределения:

1. Стандарты и нормативы;
2. Управление рисками;
3. Кризисное управление и реагирование на чрезвычайные ситуации.

Определение надежности сетей газораспределения имеет огромное практическое значение для общества, поскольку от этого зависит энергетическая безопасность, комфорт и благополучие миллионов людей. Надежные сети газораспределения способствуют стабильной поставке энергоресурсов для промышленности, домашнего потребления, а также для транспорта.

Более того, надежные сети газораспределения способствуют экономическому развитию регионов, поскольку обеспечивают условия для инвестиций и развития бизнеса.

Определение надежности распределительных сетей газоснабжения – это свойство данных сетей обеспечивать потребителей газом с заданными параметрами в течение установленного времени при правильном обслуживании и регулярном ремонте. Распределительные сети газоснабжения обладают несколькими уникальными характеристиками, которые влияют на их надежность.

Одной из ключевых характеристик является длительность действия этих сетей, так как они обслуживают населенные пункты до появления альтернативных источников энергии. Это означает, что долговечность отдельных элементов сети не может полностью характеризовать надежность всей системы. Кроме того, распределительные сети газоснабжения обеспечивают не только промышленные объекты, но и гражданское население, что делает их характером социальными.

Социальный характер сетей означает, что отказы в работе этих сетей несут не только экономические, но и моральные последствия. Следовательно, критерии оценки надежности должны учитывать социальные аспекты и последствия отказов, которые не всегда можно учесть в числовых расчетах. Еще одной особенностью распределительных сетей газоснабжения является ограниченная возможность резервирования. Газопроводы имеют небольшую способность аккумулирования газа, что означает, что увеличение надежности системы через увеличение ее емкости практически невозможно.

Для повышения надежности сетей газоснабжения используются два основных подхода: улучшение качества отдельных элементов системы и резервирование. Резервирование позволяет повысить надежность системы в целом, даже если отдельные элементы могут испытывать сбои.

*Улучшение качества отдельных элементов системы:*

1. Выбор прочных и долговечных материалов для трубопроводов, арматуры и других компонентов системы газоснабжения играет ключевую роль в предотвращении повреждений, коррозии и прочих видов износа.
2. Проведение регулярного технического обследования и обслуживания помогает выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях и предотвращать возможные отказы и аварии.

*Резервирование:*

1. Создание дополнительных резервных линий и оборудования позволяет переключаться на альтернативные пути подачи газа в случае отказа основных элементов или аварийных ситуаций.
2. Использование резервных источников энергии, таких как газовые генераторы, позволяет обеспечить постоянную подачу газа в случае отключения основных источников энергии.
3. Наличие резервных систем управления и контроля позволяет автоматически переключаться на альтернативные системы в случае сбоев или отказов основных.

Состояние системы определяется состоянием всех ее элементов, и система считается исправной, только если все ее элементы исправны. При наличии отказов в системе возникают различные состояния, включая полную неисправность и частичную работоспособность. Отказы и восстановление элементов определяют последовательность состояний системы.

Главной целью распределительных сетей газоснабжения является обеспечение нормального расхода газа потребителям, и расчетный расход газа является ключевой характеристикой функционирования этих сетей. Любое состояние системы соответствует определенному уровню расхода газа, поставляемого потребителям. Параметр потока отказов определяет надежность системы и описывает последовательность отказов элементов системы во времени.

В зависимости от причины отказов можно выделить три основных типа повреждений: механические, коррозионные и нарушения целостности сварных соединений. Механические повреждения обычно происходят в результате строительных работ рядом с трубопроводом и могут быть случайными. Коррозионные повреждения вызваны воздействием агрессивных сред на трубопроводы. Нарушения целостности сварных соединений могут быть обусловлены осадками грунта и температурными изменениями.

Итак, понимание и учет всех вышеперечисленных аспектов играют важную роль в определении надежности распределительных сетей газоснабжения и в разработке стратегий для повышения ее уровня.

Особенно важно заметить, что данные о надежности могут изменяться со временем, и регулярное обновление и мониторинг являются ключевыми аспектами поддержания высокого уровня надежности сети газоснабжения. Это также подчеркивает необходимость соблюдения стандартов безопасности и регуляций, чтобы минимизировать риски для окружающей среды и общества.

Оценка надежности сетей газораспределения – это сложная и многогранная задача, и она играет важную роль в обеспечении безопасности и комфорта граждан, а также в поддержании стабильного функционирования промышленных объектов. Также уровень надежности газовой сети имеет критическое значение для обеспечения непрерывного и стабильного энергоснабжения. В случае сетей газораспределения, недостатки в надежности могут привести к серьезным последствиям, включая прерывания в газоснабжении, экономические убытки и даже угрозы для безопасности населения.

Поддержание высокой надежности газовых систем требует постоянного мониторинга, технического обслуживания и инвестиций в современные технологии и оборудование, что также связано с внедрением передовых методов диагностики и прогнозирования, которые позволяют выявлять потенциальные проблемы до их возникновения и устранять их. Кроме того, оценка надежности газовых сетей играет важную роль при принятии решений о расширении и модернизации существующей инфраструктуры. Это помогает оптимизировать затраты и обеспечить устойчивость системы к изменяющимся условиям и потребностям.

В заключение, обеспечение надежности газовых сетей – это сложная задача, требующая полноценного подхода и постоянного внимания к техническим, экономическим и социальным аспектам.

\*\*\*

1. Колосов А.И., Панов М.Я., Стогней В.Г. Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения // Вестник Воронежского государственного технического университета, 2013, т. 9, № 3-1. – С. 56-62.
2. Сазонова С.А. Разработка метода дистанционного обнаружения утечек в системах газоснабжения // Вестник Воронежского государственного технического университета, 2011, т. 7, № 11. – С. 119-121.

**Тауберт Ю.О.**

### **Снижение рисков газопритоков в скважинах**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-630

#### **Аннотация**

Данная статья представляет краткий обзор методов ограничения газопритоков в скважины, эксплуатирующие нефтегазовые залежи. Проблема газопритоков в скважинах может привести к снижению эффективности добычи и повышенному риску аварийных ситуаций. В статье рассматриваются различные технологии, которые могут быть применены для решения этой проблемы.

**Ключевые слова:** газопритоки, скважины, нефтегазовые залежи, электрические центрифуги, газлифтные системы, уплотнительные технологии, обратная промывка, добыча углеводородов, контроль газа, безопасность скважин.

#### **Abstract**

This article provides a brief overview of methods for limiting gas flows into wells exploiting oil and gas deposits. The problem of gas flows in wells can lead to a decrease in production efficiency and an increased risk of accidents. The article discusses various technologies that can be applied to solve this problem.

**Keywords:** gas inflows, wells, oil and gas deposits, electric centrifuges, gas lift systems, sealing technologies, backwash, hydrocarbon production, gas control, well safety.

Нефтегазовые скважины часто сталкиваются с проблемой газопритоков, что может привести к снижению эффективности добычи и даже к аварийным ситуациям. Подобные ситуации требуют принятия мер для контроля и ограничения газопритоков. Газопритоки могут

оказывать негативное влияние на процесс добычи, а также приводить к потере эффективности скважин и увеличению затрат. В данной статье будет представлен краткий обзор различных методов ограничения газопритоков в скважины, используемых при эксплуатации нефтегазовых залежей.

Одним из таких методов ограничения газопритоков является использование электрических центрифуг, которые позволяют разделить газ и жидкость, удаляя газ из потока перед тем, как жидкость будет поднята на поверхность. Электрические центрифуги могут работать в реальном времени и обеспечивать эффективное разделение газожидкостной смеси.

Газлифтные системы также используются для ограничения газопритоков в скважинах путем впрыска газа в поток жидкости в скважине, что позволяет увеличить давление и обеспечить подъем жидкости на поверхность, помогая предотвратить обратный приток газа в скважину и уменьшить его содержание в добычной жидкости.

Уплотнительные технологии также широко используются для ограничения газопритоков и могут включать в себя применение специальных уплотнительных материалов или резиновых уплотнений, которые помогают предотвратить проникновение газа по стенкам скважины. Такие технологии могут быть особенно полезны в случае старых скважин или скважин с повышенным давлением.

Обратная промывка – это метод, который используется для удаления газа из скважины путем впрыска жидкости под давлением. Этот процесс помогает вытеснить газ из скважины и уменьшить его содержание в добычной жидкости. Обратная промывка может быть эффективной стратегией в случае возникновения газопритоков.

Один из наиболее распространенных методов ограничения газопритоков – это применение механических устройств. Одним из таких устройств является газлифтер. Газлифтеры способствуют отделению газа от жидкости внутри скважины, что позволяет уменьшить газопритоки. Другими механическими методами являются применение клапанов и затворов, которые могут контролировать объем газа, поступающего в скважину.

В процессе эксплуатации нефтегазоконденсатных месторождений возникают определенные сложности и особенности, связанные с характером залегания углеводородов в пласте. Особенности этих месторождений заключаются в совместном наличии нефти, газа и воды в пласте, отсутствии надежных глинистых разделов на уровне газонефтяного и водонефтяного контактов. Эта геологическая специфика ставит перед индустрией задачу ограничения газопритоков в скважины, что влияет на эффективность и экономические показатели добычи. Важнейшими проблемами становятся прорыв газа из газовой шапки в нефтяной пласт и внедрение нефти в газонасыщенную зону пласта, что влечет за собой увеличение газового фактора и потерю нефти.

В современных литературных источниках ограничен объем информации, касающейся проблемы изоляции газопритоков в нефтяных скважинах, добывающих нефтегазовые залежи. Существующие подходы и решения в основном ограничиваются авторскими свидетельствами и патентами, не предоставляя достаточно данных о практических испытаниях данных методов. Это усложняет систематизацию и анализ известных методов изоляции газопритоков.

Вопрос изоляции газопритоков в нефтедобывающих скважинах можно разделить на три группы:

1. Изоляция газопритоков в скважинах, которые добывают нефть из газонефтяной зоны в контактной зоне. Это является серьезной проблемой, которая затрудняет добычу нефти из-за прорыва газа к забою.
2. Ликвидация заколонных перетоков газа в скважинах, где нефтяная и газовая зоны разделены непроницаемой перемычкой. Эта задача имеет разнообразные технические решения, но ей обычно уделяется меньше внимания в литературе.
3. Методы предотвращения газопроявлений на стадии строительства скважин, включая предотвращение заколонных перетоков газа.

Рассмотрев методы изоляции газопритоков, их можно классифицировать по типу используемого изолирующего материала. Один из подходов предлагает создание

искусственного экрана с использованием кристаллогидратов в газовом пласте. Другие методы включают использование пенообразующих агентов, жидкостей с нефтерастворимыми соединениями кремния и другие вещества для создания барьеров против газопритоков.

Следующая группа методов направлена на предотвращение прорыва газа в скважины и включает использование разнообразных изолирующих материалов с различными эффектами. Селективные методы изоляции газопритоков описаны и в других исследованиях. В основном, эти методы основаны на использовании асфальтосмолистых веществ, где в качестве растворителей используют пластовую нефть, ароматические углеводороды или четыреххлористый углерод. Другой подход предусматривает закачивание 10% раствора асфальтосмолистых веществ и пентана. В этот раствор добавляют малтены – нефтепродукты, составляющие часть битумов и используемые как пентизаторы асфальтенов.

Для предотвращения образования газового конуса на уровне газонефтяного контакта предлагается закачивать сжиженные углеводородные газы на глубину до 6 метров, затем на такую же глубину – пластовую нефть, загущенную добавкой нефтерастворимых веществ (полутвердый полиэтилен) от 0,01 до 0,5%. Закачка может осуществляться с использованием пакера. Если необходимо, верхняя часть пласта перфорируется дополнительно. Скважина после обработки вводится в эксплуатацию, при этом в верхнюю часть пласта также закачивается вязкая нефть для предотвращения образования конуса.

Для предотвращения конусообразования газа и неуправляемой миграции нефти в газовую шапку предлагается создание изолирующего экрана из отложений серы на границе нефть-газ. Отложения серы образуются при взаимодействии серного ангидрида и сероводорода в присутствии воды. Этот способ рекомендуется использовать, если в нефтяном газе содержится сероводород. Для предотвращения прорыва газа вокруг ствола скважины рекомендуется устанавливать непроницаемый экран, созданный с помощью гидроразрыва пласта и введения синтетического каучука или синтетических пластмасс в трещину для образования непроницаемого экрана.

Еще один способ предотвращения прорыва газа заключается в создании радиальной трещины на границе раздела фаз, в которую затем закачивают пар вместе с расплавленным твердым составом, не растворимым в воде, но растворимым в нефти. Этот состав охлаждается и переходит в твердую фазу, закупоривая поровые каналы и препятствуя гидродинамической связи между пластами.

Промышленная практика также имеет доступ к эффективным техническим решениям, которые обеспечивают изоляцию прорыва газа в скважины, эксплуатирующие нефтегазовые и нефтегазоконденсатные залежи. Методы, основанные на создании долгосрочного радиального изолирующего экрана в пласте на уровне раздела, могут представлять особый интерес. Такие методы, однако, требуют сложных и трудоемких работ, таких как создание специальных отверстий, использование пакетирующих устройств и проведение массивного гидроразрыва пласта для получения горизонтальной трещины в определенном интервале пласта.

Ограничение газопритоков в скважины, эксплуатирующие нефтегазовые залежи, является ключевой задачей для обеспечения безопасной и эффективной добычи углеводородов. Методы, описанные выше, представляют собой лишь некоторые из множества технологий, доступных индустрии. Решение о выборе конкретного метода зависит от особенностей конкретной скважины, ее геологических и технических характеристик, а также от условий добычи.

\*\*\*

1. Ананьев В.П. Специальная инженерная геология: Учебник / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов, Н.А. Филькин. — М.: Инфра-М, 2017. — 320 с.
2. Антонова Е.О., Брандман Э.М. История эксплуатации нефтегазовых объектов в России и за рубежом. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2005. 151 с.
3. Чендев Ю. Г. Геология и гидрогеология: геохимия окружающей среды. — М.: Юрайт, 2020. — 147 с.



Худякова Е.А.

## Сохранение природы в городском ландшафте: Зеленый урбанизм

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-04-2024-631

### Аннотация

Статья обсуждает концепцию зеленого урбанизма как стратегического подхода к созданию устойчивых и экологически благоприятных городов. В статье рассматриваются основные принципы зеленого урбанизма, его преимущества и значение для современного градостроительства.

**Ключевые слова:** зеленый урбанизм, градостроительство, устойчивое развитие, экологическая устойчивость, энергоэффективность, природные зоны

### Abstract

The article discusses the concept of green urbanism as a strategic approach to creating sustainable and environmentally friendly cities. The article discusses the basic principles of green urbanism, its advantages and importance for modern urban planning.

**Keywords:** green urbanism, urban planning, sustainable development, environmental sustainability, energy efficiency, natural areas

Зеленый урбанизм – это подход к градостроительству, который стремится создать экологически устойчивые и жизнеспособные городские среды, где человек и природа гармонично сосуществуют. Он представляет ряд инновационных методов и технологий, направленных на уменьшение экологического следа городов, повышение энергоэффективности зданий и инфраструктуры, а также создание доступных и комфортных условий для жизни городских жителей.

Зеленый урбанизм поддерживает сохранение природных ландшафтов и создание зеленых зон в городах, таких как парки, скверы, и озелененные территории, которые способствуют сохранению биоразнообразия и улучшению качества воздуха.

Одним из ключевых аспектов зеленого урбанизма является строительство зданий, обладающих высокой энергоэффективностью, что включает в себя использование возобновляемых источников энергии, улучшенные технологии утепления и вентиляции, а также учет экологических аспектов при проектировании и строительстве. Зеленый урбанизм поощряет использование общественного транспорта, велосипедов и пешеходных зон вместо автомобильных перевозок, что способствует снижению выбросов и улучшению качества воздуха в городах.

Преимущества зеленого урбанизма:

- Зеленый урбанизм способствует созданию комфортных и здоровых условий для жизни городских жителей, включая доступ к природным ресурсам и зеленым зонам отдыха.
- Благодаря использованию экологически устойчивых технологий и методов строительства, зеленый урбанизм помогает снижать негативное воздействие городов на окружающую среду и сохранять ее биоразнообразие.
- Инвестиции в зеленое градостроительство способствуют созданию новых рабочих мест, развитию экологических индустрий и повышению конкурентоспособности городов в условиях глобальной экономики.

Ставший популярным термин "зеленый урбанизм" представляет собой концепцию городского планирования, направленную на улучшение городского дизайна с нулевым уровнем выбросов и отходов. Он возник в 1990-х годах для содействия развитию компактных энергосберегающих городов и поиска изменений. Сейчас его основная идея заключается в

создании экологически интегрированного и устойчивого городского развития, которое обеспечивает и улучшает экологические преимущества на местном, национальном и международном уровнях.

На рубеже конца 20-го и 21-го веков в теории городского развития появились различные взгляды, и эти взгляды стали актуальной областью исследований урбанизма и будущего самого города. В современных условиях города должны проектироваться в совершенно новой среде, для чего необходим город нового типа и разрабатывается концепция зеленого урбанизма, и ее целью является преобразование существующих городов.

Ведущие социологи и градостроители, а также многие другие исследуют более широкие области, такие как глобализация, устойчивость городов, экология, информационно-коммуникационные технологии и другие взаимосвязанные подсистемы, связанные с городами.

С точки зрения природных и климатических условий можно выделить два основных аспекта современного городского развития. Первый связан с транспортом, что делает возможной совершенно иную, децентрализованную систему городского планирования. Во-вторых, очень важно полностью понимать вопросы, связанные с изменением климата и потреблением природных ресурсов, которые имеют столь же далеко идущие последствия, поскольку это увеличивает возможность появления совершенно новых принципов городского проектирования. Теперь представляется важным переосмыслить существующий город и его инфраструктурную систему с экологической точки зрения, превратив его в компактный многоцелевой город.

Формирование концепции зеленого урбанизма требует сотрудничества градостроителей, экологов, инженеров, физиков, психологов, социологов, экономистов и других экспертов, а также архитекторов. Концепция зеленого урбанизма основана на минимизации использования энергии, воды и материалов на каждом этапе использования. Кроме того, он эффективно сокращает выбросы углекислого газа, использует экологически ориентированные технологии при проектировании зданий и сооружений, в основном использует натуральные материалы в зданиях, рационально использует существующие ресурсы и перерабатывает различные отходы. Это также играет важную роль в получении дополнительных ресурсов.

Чтобы сделать города более устойчивыми, градостроителям необходимо понимать и применять основные принципы зеленого урбанизма систематически и поэтапно. Эти принципы могут быть эффективны в различных городских ситуациях, но их почти всегда необходимо адаптировать к фону и масштабу проекта. Рекомендуется разработать специальный метод для каждого города и ситуации, чтобы адаптировать принципы к конкретным климатическим условиям, окружающей среде объекта, доступности технологий, социальным условиям, масштабу проекта, различным организациям, заинтересованным сторонам и т.д. Этот метод городского планирования требует процесса оптимизации и понимания более широкого контекста развития и его многочисленных аспектов, прежде чем он сможет достичь эффективных результатов.

Краткий перечень принципов, на которых основана концепция зеленого урбанизма, в определенной степени объясняет принципы действия. Однако следует отметить, что для обеспечения устойчивого развития города и обеспечения его успеха на многих уровнях все компоненты городского дизайна должны работать интерактивно и не могут рассматриваться по отдельности. По сути, эти принципы основаны на нулевом использовании, нулевых отходах и нулевых выбросах энергии, полученной традиционными способами (стремление к низкоуглеродным и безуглеродным выбросам).

Следовательно, увеличение потребления ресурсов и энергии во всем мире в сочетании с трудно регулируемыи системами переработки отходов и невозможным использованием определенных природных ресурсов вынудило многие страны искать возможности для внедрения новых мер на практике. Достижение этой цели путем создания городов с нулевым уровнем выбросов по-прежнему является сложной задачей, требующей непрерывные совместные усилия всех сторон.

Важно отметить, что инновационные технологии и инженерные решения сами по себе не могут создать устойчивый город. Технология сама по себе не может обеспечить устойчивость и осуществимость. Проблема гораздо сложнее. Проектирование развития города требует комплексного и многоаспектного подхода, и каждый раз стратегия должна корректироваться в соответствии с уникальной экологией и городской средой.

Зеленый урбанизм представляет собой не только стратегию развития градостроительства, но и философию жизни в гармонии с природой. В условиях растущего городского населения и угрозы изменения климата, внедрение принципов зеленого урбанизма становится все более актуальным для обеспечения устойчивого развития и процветания современных городов. Однако для успешной реализации этого подхода необходимо совместное усилие государственных и муниципальных властей, частного сектора и общественных организаций, а также активное участие городских жителей в процессе принятия решений, направленных на создание зеленых и устойчивых городов будущего

\*\*\*

1. Аксенова, Л. Л. Переработка и утилизация строительных отходов для получения эффективных зеленых композитов / Л. Л. Аксенова, Л. В.
2. Загускин Н. Н. «Зеленое» строительство — основное направление трансформационных изменений инвестиционно строительной сферы/ Проблемы современной экономики, 2013, №4. С. 314 - 319.
3. Карташева, К. К. Формирование архитектурно – планировочной структуры городского жилища на социально - демографической основе / К. К. Карташева. – Москва: Моск. архитектур. ин-т. – 1985. – 329

**Цой Ю.И., Блинов А.К.**

**Использование клея-двустороннего скотча на полипропиленовой основе для приклеивания декоративных элементов из древесины**

*Санкт-Петербургская Государственная  
художественно-промышленная Академия  
имени А.Л. Штиглица  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-632

**Аннотация**

Целью декоративно-прикладного искусства является проектирование и изготовление оригинальных, красивых предметов, несущих также и большую функциональную нагрузку. Оно включает в себя большинство видов искусства, которые создают как предметы для интерьеров зданий, так и дизайн самого интерьера..

Появление новых материалов для создания декоративных элементов требует разработки и новых технологических приемов для их использования. Ключевым моментом в этом вопросе является выбор новых видов клеевых материалов для приклеивания различных видов декоративных элементов из массивной древесины ,строганого шпона и пленочных материалов на щитовое основание.

Авторами работы были проведены исследования по приклеиванию декоративных элементов из строганого шпона толщиной 0,4 мм древесины дуба и березы двусторонним скотчем на полипропиленовой основе на деревянный щит из сосны , также облицованного строганым березовым шпоном.

Проведенные исследования показали высокую эффективность использования пленочного двустороннего скотча на полипропиленовой основе для приклеивания различных элементов декора из древесины, взамен стандартных жидких клеев. Способ позволяет исключить такие операции, как приготовление клея, оборудование для нанесения клея и прессовое оборудование для пьезотермообработки.

**Ключевые слова:** декоративно-прикладное искусство, декор из массивной древесины, строганный шпон, двусторонний скотч на полипропиленовой основе, прочность склеивания на неравномерный отрыв

### Abstract

The purpose of decorative and applied art is to design and manufacture original, beautiful objects that also carry a large functional load. It includes most types of art that create both objects for the interiors of buildings and the design of the interior itself.

The emergence of new materials for creating decorative elements requires the development and new technological techniques for their use. The key point in this issue is the choice of new types of adhesive materials for gluing various types of decorative elements made of solid wood, planed veneer and film materials onto a panel base.

The authors of the work conducted research on gluing decorative elements made of planed veneer 0.4 mm thick oak and birch wood with double-sided tape on a polypropylene basis on a wooden board made of pine, also lined with planed birch veneer.

The conducted studies have shown the high efficiency of using double-sided polypropylene-based film adhesive tape for gluing various decorative elements made of wood, instead of standard liquid adhesives. The method eliminates operations such as glue preparation, glue application equipment and pressing equipment for piezothermic treatment.

**Keywords:** decorative and applied art, solid wood decor, planed veneer, double-sided adhesive tape on a polypropylene basis, adhesive strength for uneven separation

Целью декоративно-прикладного искусства является проектирование и изготовление оригинальных, красивых предметов, несущих также и большую функциональную нагрузку. Оно включает в себя большинство видов искусства, которые создают как предметы для интерьеров зданий, так и дизайн самого интерьера. В качестве основных направлений можно выделить керамическое искусство, изделия из металла, мебель, ювелирные изделия, мода, различные виды текстильного искусства, изделия из стекла и т.д. Такие произведения должны обязательно обладать и эстетическим качеством: их форма, функция и декор должны быть неразрывно связаны.

Если главной задачей художника декоративно-прикладного искусства является создание образца конкретного вида прикладного искусства, то задачей дизайнера является совершенствование формы предмета, его конструктивных и функциональных характеристик в соответствии с потребительскими и новыми эстетическими требованиями. Иными словами, специалистом по декоративно-прикладному искусству является художник, который создает различные декоративные изделия, предназначенные для украшения и улучшения интерьеров, помещений и ландшафтов среды.

Сейчас можно выделить два основных направления декоративно-прикладного искусства: первое – создание различных художественных предметов, в которых на первый план выставляется прикладное качество создаваемого изделия: это мебель, посуда, ювелирные изделия и др.; второе – включает в себя создание различных декоративных украшений, имеющих минимум практического назначения – это роспись интерьера и бытовых предметов: статуэток, ковров, гобеленов и т.д.

В настоящее время создаются новые и совершенствуются старые технологии в декоративно-прикладном творчестве. Среди таковых можно отметить, например, торцевание – это вид бумажного творчества, заключающийся в создании аппликативной мозаики, создаваемой из небольших кусочков гофрированной (креповой) бумаги. Также можно отметить энкастику – это техника живописи, в которой связующим веществом красок является воск. Живопись выполняется красками в расплавленном виде.

Великолепные традиции декоративно-прикладного искусства России формировались и складывались на протяжении веков. Его основными видами являются: художественная обработка дерева и металла, резьба по камню, кости рога, золотое шитье, тиснение и

аппликация на коже, плетение циновок и предметов быта. Современное декоративно-прикладное искусство России отражает преемственность и развитие художественных традиций всех времён и поколений отечественных мастеров, бережно хранящих и передающих накопленное художественное наследие.

Появление новых материалов для создания декоративных элементов требует разработки и новых технологических приемов для их использования. Ключевым моментом в этом вопросе является выбор новых видов клеевых материалов для приклеивания различных видов декоративных элементов из массивной древесины, строганого шпона и пленочных материалов на щитовое основание. Анализ состояния вопроса по современным клеевым материалам показал, что наиболее подходящим применительно к декоративно-прикладному искусству, являются пленочные клеи, которые можно использовать для холодного приклеивания различных декоративных элементов из массивной древесины, древесных и синтетических материалов. К числу таких пленочных клеевых материалов можно отнести двусторонний скотч на полипропиленовой основе. Данный клей подходит для приклеивания различных материалов холодным способом, т.е. без нагревания клеевого слоя, что позволяет использовать его в различных сферах, начиная от мелких поделок до крупных творческих выставочных проектов.

Благодаря своим высоким клеящим характеристикам, он обеспечивает прочное, долговечное склеивание, очень прост в применении, не требует особых трудозатрат в приготовлении, нанесении на склеиваемую поверхность, не нужно организовывать и оснащать оборудованием участки приготовления, нанесения клея и склеивания декоративного элемента. При выборе необходимого пленочного клея следует обращать на толщину полипропиленовой основы, чтобы она могла выдерживать внешние нагрузки и не разрушаться при применении и изготовлении различных декоративных композиций, которые будут выставляться внутри помещений. Следует выбирать клей, устойчивый к различным температурно-влажностным изменениям помещения, чтобы склеенная композиция прослужила вам долгое время. Авторами работы были проведены исследования по приклеиванию декоративных элементов из строганого шпона толщиной 0,4 мм древесины дуба и березы двусторонним скотчем на полипропиленовой основе на деревянный щит из сосны, также облицованного строганым березовым шпоном. Приклеивание опытных образцов декора выполняли с помощью сыпучей цулаги. В ходе выполнения экспериментов контролировали давление прижима образцов, продолжительность выдержки образцов под давлением, шероховатость поверхности опытных образцов. Результаты исследований представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

Таблица 1

*Декоративный элемент из строганого березового шпона.*

<i>Шероховатость поверхности щита(основы), R<sub>m</sub>, мкм</i>	60	80	100
<i>Давление приклеивания, P, МПа</i>	0,1	0,2	0,3
<i>Продолжительность склеивания, т, сек</i>	20	30	40
<i>Прочность приклеивания при неравномерном отрыве, кН/м</i>	0,8	1,0	1,2

Таблица 2

*Декоративный элемент из строганого дубового шпона.*

<i>Шероховатость поверхности щита(основы), R<sub>m</sub>, мкм</i>	60	80	100
<i>Давление приклеивания, P, МПа</i>	0,15	0,25	0,35
<i>Продолжительность склеивания, т, сек</i>	25	35	45
<i>Прочность приклеивания при неравномерном отрыве, кН/м</i>	0,7	1,1	1,2

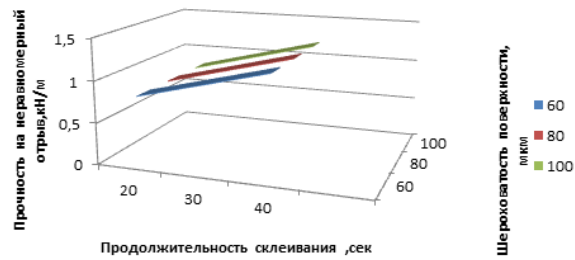


Рисунок 1. Изменение прочности приклеивания декора из строганого березового шпона на неравномерный отрыв.

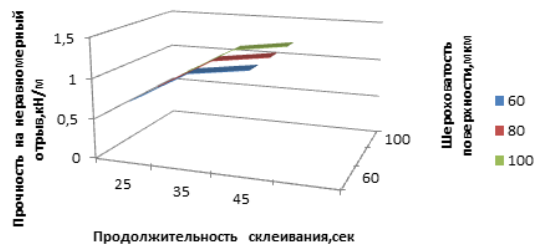


Рисунок 2. Изменение прочности приклеивания декора из строганого дубового шпона на неравномерный отрыв.

Как показывает анализ результатов проведенных экспериментов, в обоих вариантах наблюдается высокая прочность приклеивания при испытании на неравномерный отрыв, отвечающая нормативным требованиям. Как видно, прочность приклеивания декора возрастает прямо пропорционально продолжительности склеивания и давлению во всем диапазоне исследуемой шероховатости поверхности строганого шпона древесины березы и дуба. Это можно объяснить тем, что при этих условиях склеивания создаются наилучшие возможности для активного контакта молекул клея с молекулами склеиваемых материалов для образования наиболее прочных, долговечных адгезионных сил в клеевом соединении.

#### Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность использования пленочного двустороннего скотча на полипропиленовой основе для приклеивания различных элементов декора из строганого шпона различных пород древесины, взамен стандартных жидких клеев. Способ позволяет исключить такие операции, как приготовление клея, оборудование для нанесения клея и прессовое оборудование для пьезотермообработки.

\*\*\*

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. - М.: изд. МГУЛ, 2007. - 351 с.
2. Розов В.Н., Савченко В.Ф. Облицовывание столярно-мебельных деталей и изделий. - М.: Высшая школа, 1988. - 176 с.
3. Бухтияров В.П. и др. Полимерные материалы в производстве мебели. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 272 с.

**Цой Ю.И., Блинов А.К.**

### **Склеивание и защитно-декоративная отделка элементов декора из древесины и древесных материалов**

*Санкт-Петербургская Государственная  
художественно-промышленная Академия  
имени А.Л. Штиглица  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-633

#### **Аннотация**

В настоящее время в мебельной промышленности используется широкая гамма различных пленочных материалов для изготовления фасадных щитов, облицовывания кромок и т.д.



К их числу относятся прозрачные и непрозрачные пленки, имеющие высокие адгезионные характеристики и не обладающие ими, с текстурным рисунком и без нее, щиты после облицовывания могут быть использованы как в лакированном, так и в неотделанном лакокрасочным материалом виде.

Пленки, не обладающие собственной адгезией к подложке, приклеивают при низких давлениях (0,4—1,5 МПа) без охлаждения плит пресса.

Пленки, обладающие высокой адгезией к подложке, приклеивают при высоком давлении (1,8—5,0 МПа) и высокой температуре, что требует охлаждения материала в прессе под давлением.

Авторами работы были проведены экспериментальные исследования по возможности применения пленочных клеев для приклеивания декора из древесины и древесных материалов с одновременной их защитно-декоративной отделкой (операции приклеивания и лакирования за один технологический прием) и устраняя тем самым традиционные операции склеивания и отделки изделий из древесины.

Для проведения экспериментов были использованы пленочные карбамидо-меламино-формальдегидные и меламино-формальдегидные клеи. Декоративные элементы были изготовлены из древесины красного дерева и березы.

Проведенные исследования показали высокую эффективность и целесообразность использования пленочного карбамидо-меламино-формальдегидного и меламино-формальдегидного клеев для совмещения технологических операций склеивания и защитно-декоративной отделки изделия при разработке дизайна из различных декоративных элементов из древесины и древесных материалов.

**Ключевые слова:** карбамидо-меламино-формальдегидные меламино-формальдегидные пленочные клеи, адгезия, декоративный элемент из древесины и древесных материалов, адгезия пленочного покрытия, балл

### Abstract

Currently, the furniture industry uses a wide range of different film materials for the manufacture of facade panels, edge cladding, etc.

These include transparent and opaque films that have high adhesive characteristics and do not possess them, with and without a textural pattern, shields after cladding can be used both in varnished and uncoated form.

Films that do not have their own adhesion to the substrate are glued at low pressures (0.4—1.5 MPa) without cooling the press plates.

Films with high adhesion to the substrate are glued at high pressure (1.8—5.0 MPa) and high temperature, which requires cooling the material in a press under pressure. The authors of the work conducted experimental studies on the possibility of using film adhesives for gluing decor from wood and wood materials with simultaneous protective and decorative finishing (gluing and varnishing operations in one technological step) and thereby eliminating traditional gluing and finishing operations of wood products. For the experiments, film carbamide-melamine-formaldehyde and melamine-formaldehyde adhesives were used. The decorative elements were made of mahogany and birch wood. The conducted studies have shown the high efficiency and expediency of using film carbamide-melamine-formaldehyde and melamine-formaldehyde adhesives to combine technological bonding operations and protective and decorative finishing of the product when developing a design from various decorative elements made of wood and wood materials.

**Keywords:** carbamide-melamine-formaldehyde, melamine-formaldehyde film adhesives, adhesion, decorative element made of wood and wood materials, adhesion of the film coating, score.

В настоящее время в мебельной промышленности используется широкая гамма различных пленочных материалов для изготовления фасадных щитов, облицовывания кромок и т.д. К их числу относятся прозрачные и непрозрачные пленки, имеющие высокие адгезионные характеристики и не обладающие ими, с текстурным рисунком и без нее, щиты после



облицовывания могут быть использованы как в лакированном, так и в неотделанном лакокрасочным материалом виде.

Например, бакелитовая пленка представляет собой тонкую сульфатную бумагу массой 20—22 г/м<sup>2</sup>, пропитанную феноло-формальдегидной смолой. Пленка обладает высокой адгезией к древесине и древесным материалам, прозрачная применяется для склеивания и облицовывания водостойких марок фанеры, а текстурная бумага с каким-нибудь рисунком в производстве декоративной фанеры.

Пленку на бумажной основе прозрачную, пропитанную карбамидо-меламино-формальдегидной смолой получают из непроклеенной сульфатной бумаги массой 20—22 г/м<sup>2</sup>, она используется как при имитационной отделке древесины, так и при прозрачной отделке с сохранением натуральной текстуры древесины (на поверхность древесины напрессовывают только пленку). Пленка отличается высокой адгезией и светостойкостью. При имитационной отделке на поверхность древесины одновременно со смоляной пленкой напрессовывают непроклеенную бумагу с рисунком или без, хорошо пропитываемой растворами смол.

При напрессовке этих пленок в горячих прессах при температуре свыше 100° С смола начинает плавиться, растекаться и заполняет углубления на поверхности древесины, образуется красивая, защитно-декоративная поверхность с глянцевым эффектом, при этом формируемое покрытие не требует дополнительной отделки каким-нибудь лакокрасочным материалом.

Непрозрачную пленку на бумажной основе, пропитанную карбамидо-меламино-формальдегидной смолой, изготавливают из непроклеенной бумаги массой от 30 г/м<sup>2</sup> и выше, имитированной или без рисунка. Такая пленка в зависимости от конечной влажности бумаги после пропитки ее смолой и сушки может обладать или не обладать высокими адгезионными свойствами. Пленка, в которой бумага имеет влажность 4—5%, т. е. пропиточная смола в ней почти полностью отверждена, не обладает адгезионной способностью к подложке, поэтому для ее приклеивания необходимо наносить на подложку клей и после напрессовывания облицованную поверхность отделяют лакокрасочными материалами.

Пленочный материал, обладающий высокой адгезией к подложке, не требует нанесения клея на подложку. Поверхность после напрессовывания в зависимости от прокладок может быть глянцевой или матовой. На матовую поверхность могут наносить или не наносить лакокрасочные материалы в зависимости от требований. Непрозрачную пленку на бумажной основе, пропитанную чисто меламиновой смолой, изготавливают из непроклеенной бумаги массой от 30 г/м<sup>2</sup> и выше. Пленка выпускается с рисунком или без нее, требующая нанесения клея или нет. В зависимости от прокладок (полированные или матовые) облицованная поверхность получается блестящей или матовой, дополнительной отделке лакокрасочными материалами не подлежит. Пленки, не обладающие собственной адгезией к подложке, приклеивают при низких давлениях (0,4—1,5 МПа) без охлаждения плит пресса. Пленки, обладающие высокой адгезией к подложке, приклеивают при высоком давлении (1,8—5,0 МПа) и высокой температуре, что требует охлаждения материала в прессе под давлением. Авторами работы были проведены экспериментальные исследования по возможности применения пленочных клеев для приклеивания декора из древесины и древесных материалов с одновременной их защитно-декоративной отделкой (операции приклеивания и лакирования за один технологический прием) и устраняя тем самым традиционные операции склеивания и отделки изделий из древесины. Для проведения экспериментов были использованы пленочные карбамидо-меламино-формальдегидные и меламино-формальдегидные клеи. Декоративные элементы были изготовлены из древесины красного дерева. Результаты этих исследований приведены ниже в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

## Результаты приклеивания карбамидо-меламиновой пленки.

Шероховатость поверхности, $R_t$ , мкм	40	50	60
Влажность подложки, $w$ , %	8,6	9,0	8,3
Температура плит пресса, $t$ , °C	140	140	140
Давление приклеивания, $P$ , МПа	1,5	2,0	2,5
Продолжительность пьезотермообработки, $t$ , сек	60	80	120
Адгезия пленочного покрытия, балл	2,0	2,0	1,0

Таблица 2

## Результаты приклеивания меламино-формальдегидной пленки.

Шероховатость поверхности, $R_t$ , мкм	40	50	60
Влажность подложки, $w$ , %	9,0	8,8	9,5
Температура плит пресса, $t$ , °C	150	150	150
Давление приклеивания, $P$ , МПа	2,5	2,5	3,0
Продолжительность пьезотермообработки, $t$ , сек	80,0	120,0	180,0
Адгезия пленочного покрытия, балл	2,0	1,0	2,0

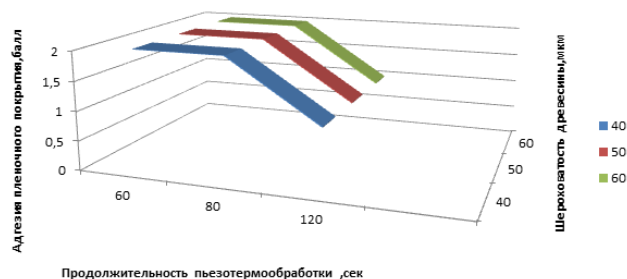


Рисунок 1. Изменение адгезионной прочности карбамидо-меламиноформальдегидного пленочного покрытия в зависимости от продолжительности пьезотермообработки.

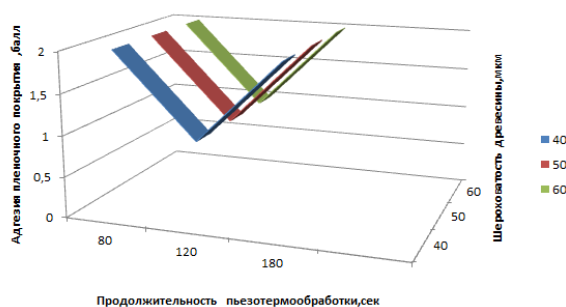


Рисунок 2. Изменение адгезионной прочности меламино-формальдегидного пленочного покрытия в зависимости от продолжительности пьезотермообработки.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что в обоих вариантах (как при использовании карбамидо-меламино-формальдегидного, так и при приклеивании меламино-формальдегидного пленочного материала) наблюдается повышение адгезионной прочности пленочного покрытия при увеличении продолжительности пьезотермообработки, что можно объяснить повышением глубины реакции поликонденсации (образование большего количества

поперечных швов и т.д.) .Наибольшая адгезионная прочность покрытия ( 1 балл ) достигается для обоих видов пленочного материала при 120 сек. пьезотермообработки ,что отвечает нормативным требованиям.Получаемые покрытия отличаются также и высоким глянцевым блеском защитно-декоративного покрытия.

Заключение

Таким образом,проведенные исследования показали высокую эффективность и целесообразность использования пленочных карбамидо-меламино-формальдегидного и меламино-формальдегидного клеев ,что позволяет совместить технологические операции склеивания и защитно-декоративной отделки изделия при разработке дизайна из различных декоративных элементов из древесины и древесных материалов.

\*\*\*

1. Фомина Е.Е.Материалы на основе полимеров в производстве мебели.-М.:Лесн. пром-сть,1989.-192 с.
  2. Шубина И.Отделка древесностружечных плит пленочными и листовыми материалами в ФРГ.М.,ВНИПИЭИлеспром,1981.-23 с.
  3. Азаров В.И.,Цветков В. Технология связующих и полимерных материалов.-М.:Лесн.пром-сть,1985.-216 с.
-

## РАЗДЕЛ XXXII. ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Бабкина А.О., Крицкая А.А., Мхитарян Л.А.

### Переход политического управления в цифровое пространство: отечественный и зарубежный опыт

*Южно-Российский институт управления – филиал ФГБОУ ВО «РАНХиГС»  
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/trnio-04-2024-634

#### Аннотация

Представленная научно-исследовательская работа посвящена анализу концепта цифровизации в отношении политического управления. Авторами проведен сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта политического управления в цифровом пространстве, выделены наиболее актуальные тенденции и проблемы распространения политических цифровых технологий.

**Ключевые слова:** политическое управление, цифровизация, политические цифровые технологии, цифровое управление, социальные сети, государственное управление, цифровое государство.

#### Abstract

The presented research work is devoted to the analysis of the concept of digitalization in relation to political governance. The authors conducted a comparative analysis of domestic and foreign experience of political governance in the digital space, highlighted the most relevant trends and problems of the spread of political digital technologies.

**Keywords:** political governance, digitalization, political digital technologies, digital governance, social media, public administration, digital state.

Актуальность вопроса перехода политического управления в цифровое пространство, связана прежде всего с процессом активной цифровизации государственного управления и формированием системы «Цифровой экономики» во всех развитых странах. Начиная с 2000 года, в США, России, странах Европейского союза и Китае, активизировался процесс перехода на цифровое политическое управление, а в современных условиях, можно наблюдать этап расширения политического влияния через коммуникативно-информационное пространство.

В Российской Федерации, например, в соответствии с национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации» реализуется Федеральный проект «Цифровое государственное управление», с целью повышения качества и скорости обслуживания граждан и обеспечения удовлетворенности граждан качеством предоставления услуг в электронном виде. Эксперты в зарубежных странах, отмечают, что процесс цифровизации политики, связан в первую очередь с появлением Интернета версии web 2.0 и его проникновением во все сферы общественной деятельности, а также с появлением новых цифровых медиа, платформ и активной цифровой капитализации [5].

В исследовании профессора политологии, доктора политических наук – Керимова А.А., отмечено, что процесс развития новых медиа-технологий открывает новые возможности для завоевания доверия электората, путем формирования имиджа политического лидера или кандидата. Также, по мнению эксперта Сибирского филиала РАНХиГС – Полуяновой И.С., имидж политического лидера Российской Федерации в условиях информационной глобализации и стремительной цифровизации, формирует имиджевый потенциал страны на мировой арене, все эти элементы являются неотъемлемой частью политического управления в целом [1].

Говоря о политическом управлении, в данном контексте, стоит обратиться к исследованию Поповой Е.А. – доктора политических наук. Автор отмечает, что политическое управление определяется как процесс принятия и осуществления решений в сфере политики с целью управления обществом, государством или организацией. Политическое управление в системе цифровизации осуществляется посредством формирования системы кибербезопасности, перевод государственных сервисов в электронный формат, активное распространение цифровой подписи, электронное голосование, появление новых систем коммуникации, формирование системы цифровой дипломатии и т.д. [4].

На практике, активный переход политического управления в цифровое пространство, начался между 2000–2010 годами в США, Северной Африке, Ближнем востоке, с приходом «твиттер–революции» (активная общественная мобилизация против власти, через социальные сети). В 2011 году, в зарубежных странах активно распространялись антиглобалистские движения: «Желтые жилеты» во Франции, «Оккупируй Уолл–стрит» в Америке, проведения информационного противоборства. Начиная с 2022 года, информационная война объединяет в себе множество стран (США, Россия, Украина, страны Европейского союза, Японию, Китай, Индию, Канаду, и т.д.), и охватывает все киберпространство (хотсинги, социальные сети, платформы, сайты, сообщества и т.д.). В целом, процесс цифрового политического управления в зарубежных странах отлажен крайне эффективно, Государственный департамент США называют «авангардом» цифровой дипломатии (использование социальных сетей в дипломатических целях) [1].

В Российской Федерации, процесс политического управления в цифровой системе характеризуется в первую очередь, активным политическим влиянием через средства массовой информации и социальные сети. С 2008 года, Президент РФ – Дмитрий Медведев выступил интересантом цифровизации, именно поэтому, сегодня 80% государственных и муниципальных учреждений имеют свои собственные официальные аккаунты в социальных сетях: ВКонтакте, ВКонтакте, Телеграмм, RuTube, а также специализированные мобильные приложения, через которые политическое управление реализуется наиболее эффективно: ГосУслуги Культура, Зарубежный помощник (официальное приложение МИД России), официальные Телеграмм–каналы политических представителей РФ: Дмитрий Медведев, РИА новости, РБК, Телеграмм канал Рамзана Кадырова, «Мир сегодня с «Юрий Подоляка», Екатерина Мизулина, Телеграмм канал Министерства обороны РФ.

По мнению Ночевки А.А. и Поповой Е.А., политическое управления в рамках цифрового пространства, в Российской Федерации основано на следующих методиках [4]:

1. Визуализация политических решений;
2. Активная медиация в системах политического управления;
3. Формирование политического имиджа;
4. Активное управление электоральными процессами. Например, в 2024 году, выборы Президента РФ будут проводится и отслеживаться при помощи Портала дистанционного электронного голосования ЦИК РФ.
5. Мобилизация каналов взаимодействия гражданского общества и политических институтов.

В контексте сравнительного анализа зарубежного и отечественного опыта цифрового политического управления, стоит подчеркнуть, что цифровая дипломатия США, по мнению многих экспертов – идеальный пример к адаптации экономической и социальной модернизации. Аналогично, в Российской Федерации, твиттер–революции и методики цифровой дипломатии, были использованы государством в своих собственных целях.

Крицкая А.А. – кандидат политических наук, в своем исследовании, на основании сравнительного анализа процесса цифровизации государственного и политического управления в России и в Дании, отметила, что данный процесс для Российской Федерации может являться перспективным, исключительно за счет систематизации методов и способов использования цифровых технологий, а также при условии исключения пробелов в системе законодательства, учитывая «гонку цифровизации государственного управления» [4].

Стоит отметить, что в Российской Федерации, как и в зарубежных странах, сформировалась единая проблема цифрового политического управления – недостаточная защита от киберугроз на государственном уровне. Хакеры и киберпреступники активно атакуют различные российские организации и инфраструктуру, формируют новые манипулятивные технологии, распространяют цифровые бомбы и мины, которые крайне негативно влияют на процесс и качество политического управления. Так, за 2022 год, согласно статистическим данным базы Касперского, было зафиксировано около 120 000 хакерских атак различного формата на информационную инфраструктуру России. В 2023 году, во всем мире было зафиксировано около 8 миллионов уникальных фейков, которые, стремились подорвать сформированную репутацию, призывали к участию в незаконных и несанкционированных митингах, а также оказали крайне негативное влияние на психологическое состояние граждан, которые подверглись информационной атаке, тем самым внесли дестабилизацию в гражданское общество [4].

Сегодня, в условиях платформенного капитализма, большинство коммуникативных инструментов в сфере политики, зависят от деятельности мировых цифровых корпораций (Яндекс, Google, международные социальные сети и платформы обмена данными), что привело к необходимости постоянной фильтрации информационного потока, с целью организации политического управления в цифровом пространстве.

Несмотря на некоторые сложности политического управления в цифровом пространстве, данные процессы формируют основу для развития цифровой экономики во многих странах. По мнению экспертов, цифровое политическое управление – основа технологического и цифрового суверенитета в современных условиях. Также, опираясь на мнение Конькова А.Е., стоит отметить, что цифровое политическое управления формирует механизмы контроля за исполнением политических решений, оценкой эффективности политики, выявления и устранения нарушений в системе государственного управления или предоставления социальных услуг, говоря простым языком, политическая цифровизация – основа для «прозрачного» политического управления и фактор минимизации негативного воздействия бюрократии [2]. Также, некоторые эксперты выделяют следующие перспективы и тенденции в данной области, касательно реализации политического управления в Российской Федерации, на примере практики организации национальных проектов. В таблице 1 представлены актуальные элементы цифровизации политического управления в национальных программах, действующих на территории РФ.

Таблица 1

*Политическое управление национальными программами при помощи инструментов цифровизации [2].*

№ п/п	Национальные проекты (программы)	Элементы политики цифровизации
2	Здравоохранение	создание механизмов взаимодействия медицинских организаций на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения
3	Образование	создание современной и безопасной цифровой образовательной среды, овладение компетенциями в области цифровой экономики всеми желающими
6	Безопасные и качественные автомобильные дороги	внедрение новых технических требований и стандартов обустройства автомобильных дорог, в том числе на основе цифровых технологий
7	Производительность труда и поддержка занятости	формирование системы подготовки кадров, направленной на обучение основам повышения производительности труда, в том числе посредством использования цифровых технологий и платформенных решений
8	Наука	создание передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, инновационной деятельности, включая создание и развитие сети уникальных научных установок класса «мегасайенс»
9	Цифровая экономика	(будут отдельно рассмотрены ниже)
10	Культура	создание виртуальных концертных залов не менее чем в 500 городах Российской Федерации
11	Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы	создание цифровой платформы, ориентированной на поддержку производственной и сбытовой деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей

Говоря о национальной программе «Цифровая экономика», стоит отметить, что вопрос создания, использования и развития устойчивой, безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных на территории всех органов государственного и политического управления (а также всех домохозяйств) – основная цель данной программы, которая формирует стратегию полноценного перехода политических институтов в цифровое пространство.

Таким образом, резюмируя все вышесказанное, стоит отметить, что массовое вовлечение в политическую дискуссию посредством социальных сетей и других механизмов, часто также имеющих цифровую природу (онлайн голосования, электронные петиции и др.), стало источником трансформации не только для внутривнутриполитических процессов, но и для изменений на глобальной арене. Стоит отметить, что за счет многочисленных экономических и социальных аспектов, процесс цифрового политического управления в зарубежных странах, реализуется наиболее эффективнее, в связи с некоторым технологическим превосходством, по сравнению с Российской Федерацией. Тем не менее, учитывая многочисленные тенденции и активную государственную поддержку «перехода» в цифровое пространство всех институтов управления, данный аспект обладает большим потенциалом, при условии полноценной адаптации к российской действительности. В целом, информационные технологии в современных условиях являются неотъемлемой частью человеческой деятельности во всех развитых странах, они применяются во всех профессиональных и бытовых сферах, значение цифровых, информационных, коммуникативных технологий крайне велико, их развитие и возможность оптимального применения – приоритетное направление государственной политики всех развитых стран.

\*\*\*

1. Керимов, А.А. Имидж политического лидера в эпоху цифровых медиа-технологий: особенности формирования / А.А. Керимов, Д.А. Попцов // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Социология. Политология. – 2020. – №3. – С. 366–370.
2. Коньков, А.Е. Цифровизация политики vs политика цифровизации / А.Е. Коньков // Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения. – 2020. – Т. 13. Вып.1. – С. 47–68.
3. Крицкая, А.А. Цифровизация государственного управления в России и за рубежом. / А.А. Крицкая, М.А. Боровинская // Конференция ЮРИУ РАНХиГС. 2023. – №2. – С. 35–40.
4. Попова, Е.А. Цифровые трансформации политического управления: развитие онлайн-сервисов / Е.А. Попова, А.А. Ночевка // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2020. – №4. – С. 140–145.
5. Министерство цифрового развития: Цифровизация государственного управления. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/> (дата обращения 26.02.2024)







Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
№108, Апрель 2024**

Часть 11

Подписано в печать 25.04.2024. Тираж 400 экз.  
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.10,36  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович