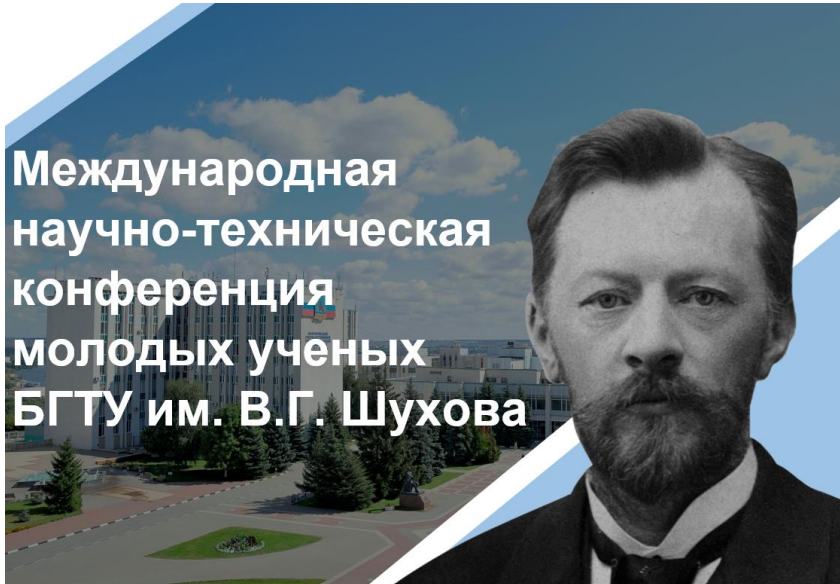


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



**Международная  
научно-техническая  
конференция  
молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**Сборник докладов**

**Часть 14**

**Проблемы современной электротехники и энергетики**

**Белгород**

**20-21 мая 2024 г.**

УДК 005.745  
ББК 72.5+74.48  
М 43

**Международная научно-техническая конференция  
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова  
[Электронный ресурс]:**  
М 43  
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч. 14. – 155 с.

ISBN 978-5-361-01330-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745  
ББК 72.5+74.48

**ISBN 978-5-361-01330-2**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2024

УДК 621.311

*Анцырев А.А.*

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Россия*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

В статье рассматривается проблема оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий. Проводится обзор литературы, в котором анализируются современные подходы к оптимизации нормативной базы и сравниваются нормативные документы различных стран. Предлагается методика оптимизации нормативной базы, основанная на определении факторов, влияющих на электрические нагрузки. Приводятся примеры оптимизации нормативной базы для различных типов зданий и результаты практического применения оптимизированной нормативной базы.

Актуальность проблемы оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий обусловлена необходимостью снижения затрат на электроэнергию и повышения надежности электроснабжения. В настоящее время нормативная база, используемая для расчета электрических нагрузок, не всегда соответствует реальным условиям эксплуатации зданий и требует постоянного совершенствования.

В настоящее время существует множество подходов к оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок. Согласно статистике, электрические нагрузки жилых и общественных зданий составляют около 40% от общего объема потребления электроэнергии в стране [1-3]. При этом, по данным исследований, до 30% электроэнергии, потребляемой зданиями, может быть экономично использовано за счет оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок [4-6].

Методика оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок включает в себя сбор и анализ данных о фактических нагрузках, определение факторов, влияющих на нагрузки, статистический анализ данных, разработку новой нормативной базы и проверку ее эффективности. Эта методика позволяет оптимизировать

нормативную базу, учитывая реальные условия эксплуатации зданий, и сократить затраты на электроэнергию.

В качестве примера рассмотрим расчет электрической нагрузки жилого дома площадью 1000 кв.м. с количеством этажей 5, отоплением от центральной котельной и количеством жильцов 50 человек. Согласно неоптимизированной нормативной базе, электрическая нагрузка этого дома должна составлять 50 кВт. При использовании оптимизированной нормативной базы, учитывающей фактические данные о нагрузках, электрическая нагрузка этого дома составила 40 кВт [2].

Таким образом, применение оптимизированной нормативной базы позволило сократить электрическую нагрузку на 20% по сравнению с неоптимизированной нормативной базой. Это, в свою очередь, позволяет существенно сократить затраты на электроэнергию и снизить нагрузку на электросети [2].

Подобные результаты были получены при расчете электрических нагрузок других жилых и общественных зданий. В среднем, применение оптимизированной нормативной базы позволило сократить электрические нагрузки на 15-20% по сравнению с неоптимизированной нормативной базой [7-9].

Оценка экономического эффекта от применения оптимизированной нормативной базы показала, что он может достигать нескольких сотен тысяч рублей в год для одного жилого дома и нескольких миллионов рублей в год для крупного общественного здания.

В итоге была рассмотрена проблема оптимизации нормативной базы для расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий. Предложена методика оптимизации нормативной базы, включающая сбор и анализ данных о фактических нагрузках, определение факторов, влияющих на нагрузки, статистический анализ данных, разработку новой нормативной базы и проверку ее эффективности. Применение оптимизированной нормативной базы позволило сократить электрические нагрузки на 15-20% по сравнению с неоптимизированной нормативной базой и достичь экономического эффекта в несколько сотен тысяч рублей в год для одного жилого дома и нескольких миллионов рублей в год для крупного общественного здания. Таким образом, оптимизация нормативной базы является эффективным инструментом снижения затрат на электроэнергию и повышения энергоэффективности зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 5(68). – С. 60-65. – EDN DXVKQM.
2. Надтока И.И., Павлов А.В., Новиков С.И. Проблемы расчета электрических нагрузок коммунально-бытовых потребителей микрорайонов мегаполисов // Известия вузов. Электромеханика. – 2023. – № 1. – С. 136–139.
3. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. М.: ИНФРАМ, 2021. 416 с.
4. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. [и др.] Анализ фактических электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Московской области // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 20-28. – DOI 10.34831/EP.2022.41.57.003. – EDN HXYLKK.
5. Beccali M., Cellura M., Lo Brano V., Marvuglia A. Forecasting daily urban electric load profiles using artificial neural networks. Journal on Energy Conversion and Management. – 2020. – vol. 45. – no. 18. – pp. 2879–2900.
6. Надтока И.И. Павлов А.В. Расчёты электрических нагрузок жилой части многоквартирных домов с электрическими плитами, основанные на средних нагрузках квартир // Изв. вузов. Электромеханика. – 2014. – № 3. – С. 36 – 39.
7. Ахметшин А.Р., Солуянов Ю.И., Федотов А.И. [и др.] Расчет удельных электрических нагрузок жилых зданий на основании фактических замеров // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 313-323. – EDN AHMDJR.
8. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Ahmetshin A.R. Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Scientific Electric Power Conference 2019, ISEPC 2019, Saint Petersburg, 23–24 мая 2019 года. Vol. 643. – Saint Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012051. – EDN YIETVO.
9. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., Akhmetshin A.R. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Almet'yevsk, Republic of Tatarstan, 12–14 февраля 2020 года. – Almet'yevsk, Republic

*УДК 621.31*

*Бобро Д.П.*

*Научный руководитель Прасол Д.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им В.Г. Шухова г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РУДОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

В системах электроснабжения большинства крупных добывающих предприятий действуют главные понизительные подстанции (ГПП), на которых, установлены понижающие силовые трансформаторы, согласующие трансформаторы, необходимые для питания тиристорных преобразователей в составе мощных электроприводов. Для разработки имитационных моделей систем электроснабжения таких объектов важно достоверно моделировать и настраивать отдельные элементы электроэнергетической системы, чтобы получить достоверные результаты. При этом важнейшими моделируемыми элементами являются трансформаторы различных видов, от правильности моделирования и настройки которых будет в целом зависеть надлежащая работа имитационной модели всей системы электроснабжения. В работе рассматриваются особенности формирования имитационной модели силового трансформатора на одном из рудодобывающих предприятий Белгородской области. Моделирование выполняется в программном комплексе Simulink, который предназначен для моделирования динамических сложных технических систем (рис. 1) [1].

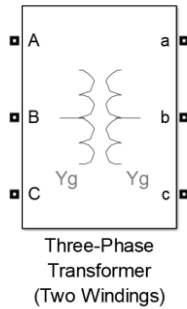


Рис. 1 Блок трехфазного двухобмоточного трансформатора

В модели силового трансформатора во вкладке конфигурации (Configuration) имеется возможность выбора схемы соединения обмоток ( $Y$  – звезда;  $Y_n$  – звезда с нейтралью;  $Y_g$  – звезда с глухозаземленной нейтралью; Delta (D1) – треугольник, отстающий от  $Y$  на 30 градусов; Delta (D11) – треугольник, опережающий  $Y$  на 30 градусов).

В окне параметров (Parameters) имеется выбор системы задания параметров в именованных единицах (SI) или в относительных единицах (pu). Моделирование выполняется на примере силового трансформатора с параметрами в относительных единицах [2]. Моделируется силовой понижающий трансформатор марки ТРДН-25000/110 кВ, установленный на ГПП рудодобывающего предприятия [3].

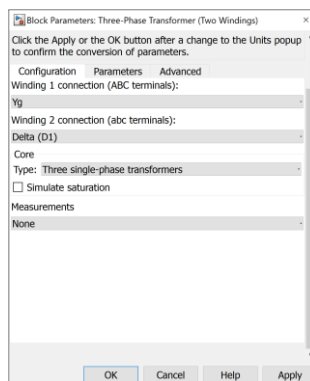


Рис. 2 Окно конфигурации блока силового трансформатора

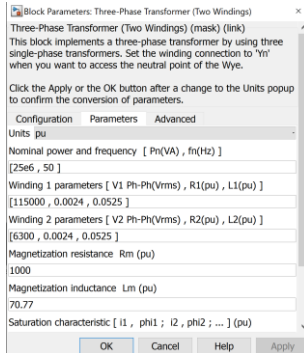


Рис. 3 Окно параметров силового трансформатора ТРДН-25000/110 кВ

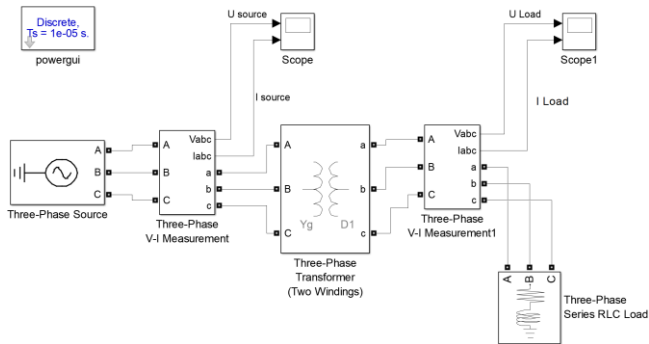


Рис. 4. Имитационная модель силового трансформатора

Для функционирования модели используется блок powergui – это специализированный блок для энергосистем. Он применяется для хранения эквивалентной Simulink–модели и обеспечивает решение следующих задач: расчет схемы комплексным методом; расчет установившегося режима; дискретизация модели; задание начальных условий; выполнение гармонического анализа и т.д. [4].

Результаты моделирования представлены в виде полученных осциллограмм напряжения и тока на стороне ВН и НН (рис. 5–6).



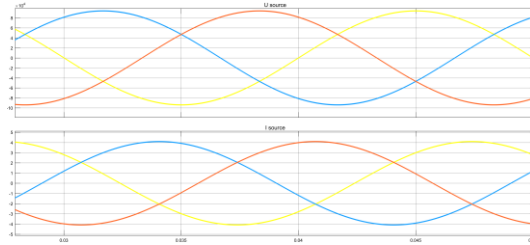


Рис. 5. Диаграмма напряжения и тока на стороне ВН

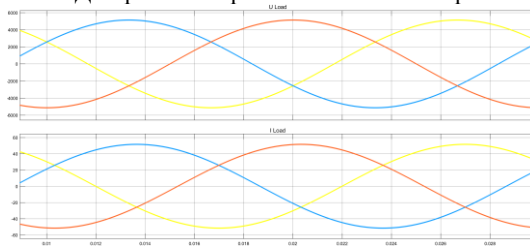


Рис. 6. Диаграмма напряжения и тока на стороне НН

По осциллограммам видно, что токи и напряжения имеют синусоидальную форму. Далее выполняется сравнение результатов, полученных в результате моделирования и при расчете по аналитическим формулам.

$$U_{\phi} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

$$U_{\phi} = \frac{115000}{\sqrt{3}} = 66395,28 \text{ В}$$

$$U_{\phi m} = U_{\phi} \cdot \sqrt{2} \quad (2)$$

$$U_{\phi m} = 66395,28 \cdot \sqrt{2} = 93897,11 \text{ В}$$

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	9.390e+04	2.985
Min	-9.390e+04	2.995
Peak to Peak	1.878e+05	
Mean	-1.362e-09	
Median	2.411e-11	
RMS	6.640e+04	

Рис. 7. Окно Signal Statistics на стороне ВН

На стороне НН:

$$U_{\phi} = \frac{6300}{\sqrt{3}} = 3637,31 \text{ В}$$

$$U_{\phi m} = U_{\phi} \cdot \sqrt{2} = 3637,31 \cdot \sqrt{2} = 5143,93 \text{ В}$$

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	5.140e+03	2.987
Min	-5.140e+03	2.997
Peak to Peak	1.028e+04	
Mean	-8.568e-03	
Median	-5.072e+00	
RMS	3.635e+03	

Рис. 8 Окно Signal Statistics на стороне НН

Как видно из результатов, значения, полученные в результате аналитического расчета и при моделировании, идентичны. Таким образом, можно сделать вывод, что модель силового трансформатора является адекватной, повторяет электрические параметры реального трансформатора. Разработанная имитационная модель силового трансформатора может далее использоваться для построения имитационной модели всей системы электроснабжения рудодобывающего предприятия, причем результаты моделирования будут адекватными и соответствующими результатам измерения на реальном промышленном объекте.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костюченко Л.П. Имитационное моделирование систем электроснабжения в программе MATLAB: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 215 с.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. / Идельчик В. И., М.: Энергоатомиздат, 1989, — 592 с.: ил.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.: ил.
4. Прасол, Д. А. Анализ работы пассивных фильтров высших гармоник в рудничной системе электроснабжения подъемных установок / Д. А. Прасол, В. А. Погорелов // Научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 29 апреля 2019 года. Том Часть 11. Белгород: Белгородский

государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019.  
– С. 39–43.

**УДК 621.565.954.6**

**Брежнев Д.А.**

**Научный руководитель: Куцев Л.А., д-р техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБНОМ ЗМЕЕВИКОВОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ**

Одним из основных типов технологического оборудования для котельных являются различные виды теплообменников. Среди них наиболее широко распространены кожухотрубные теплообменные аппараты. Проводятся глубокие теоретические и экспериментальные исследования с целью улучшения их работы, в том числе путем повышения коэффициента теплопередачи  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>×°С). При этом необходимо также учитывать изменение гидравлической характеристики теплообменника в целом.

Интерес представляет разработка оригинальной конструкции кожухотрубного змеевикового теплообменного аппарата. Для оценки эффективности работы данного аппарата необходимо провести комплекс испытаний, включающий измерения теплотехнических и гидродинамических характеристик. Такой подход позволит разработать более совершенную отечественную конструкцию аппарата в рамках импортозамещения.

Исследования были проведены на лабораторной установке в специализированной лаборатории, которая располагается на базе белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова.

В рамках исследования были проведены как натурный эксперимент, так и симуляции движения теплоносителей внутри контуров теплообменного аппарата с процессом передачи между ними с использованием программного обеспечения Solidworks Flow Simulation.

В ходе исследования была проанализирована внутренняя структура кожухотрубного змеевикового теплообменного аппарата. Полученные результаты позволили разработать новую конструкцию вытеснителя, который позволяет изменить движение нагреваемого теплоносителя во внешнем контуре.

Конструкция кожухотрубного змеевикового теплообменного аппарата представлена на рис. 1. Основными конструктивными элементами являются: цилиндрический кожух; вытеснитель; змеевик; патрубки подвода теплоносителя греющего контура; каналы; патрубки подвода теплоносителя нагреваемого контура.

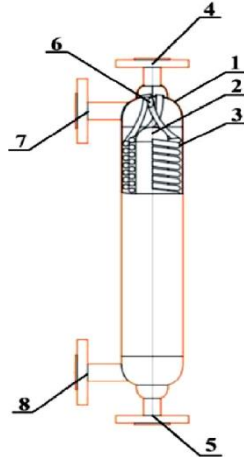


Рис. 1. Кожухотрубный теплообменный аппарат со змеевиком: 1 — цилиндрический кожух; 2 — вытеснитель; 3 — змеевик; 4, 5 — патрубки подвода теплоносителя греющего контура; 6 — каналы; 7, 8 — патрубки подвода теплоносителя нагреваемого контура

В процессе создания компьютерных моделей с различными вариантами конструкций вытеснителей было обнаружено, что размер отверстия в полости вытеснителя оказывает влияние на различные теплотехнические характеристики.

На рис. 2 показано влияние размеров отверстий вытеснителя на области теплового обмена между противоточными контурами в среде численного моделирования Solidworks Flow Simulation.

После анализа результатов численного моделирования в программном комплексе Solidworks Flow Simulation было установлено, что прототип с отверстиями имеет меньший коэффициент теплопередачи  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>×°С) по сравнению с рассмотренным аппаратом.

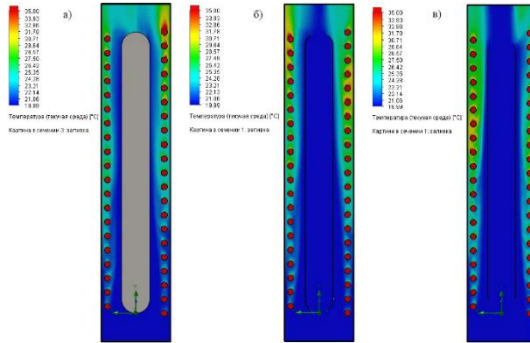


Рис. 2. Разрез модели с распределением температур: а) с полнотелым вытеснителем при  $S$  теплоносителя  $0,1 \text{ м/с}$ ; б) с вытеснителем, имеющим отверстие  $25 \text{ мм}$ , при  $S$  теплоносителя  $0,1 \text{ м/с}$ ; в) с вытеснителем, имеющим отверстие  $50 \text{ мм}$ , при  $S$  теплоносителя  $0,1 \text{ м/с}$

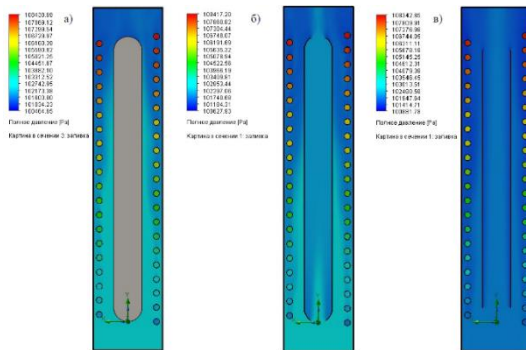


Рис.3 Разрез модели с распределением давления: а) с полнотелым вытеснителем при  $S$  теплоносителя  $0,5 \text{ м/с}$ ; б) с вытеснителем, имеющим отверстие  $25 \text{ мм}$ , при  $S$  теплоносителя  $0,5 \text{ м/с}$ ; в) с вытеснителем, имеющим отверстие  $50 \text{ мм}$ , при  $S$  теплоносителя  $0,5 \text{ м/с}$

Полученные результаты численного моделирования свидетельствуют о том, что использование полнотелого вытеснителя приводит к уменьшению зон застоя теплоносителя с ламинарным режимом течения, а также увеличению области теплообмена по сравнению с другими моделями. Дополнительно было установлено, что при увеличении диаметра отверстия вытеснителя снижается коэффициент местных сопротивлений. На рисунке 3 представлен разрез модели с распределением давления.

Результаты проведенного численного моделирования процесса

передачи тепла от греющего контура нагреваемому показаны в графической зависимости (рис. 4) коэффициента теплопередачи  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>×°С) от скорости течения в нагреваемом теплоносителе при различных конструкциях вытеснителей, предназначенных для интенсификации теплообмена в пристенной области змеевика. Данные зависимости были получены для различных значений диаметров отверстий вытеснителей.

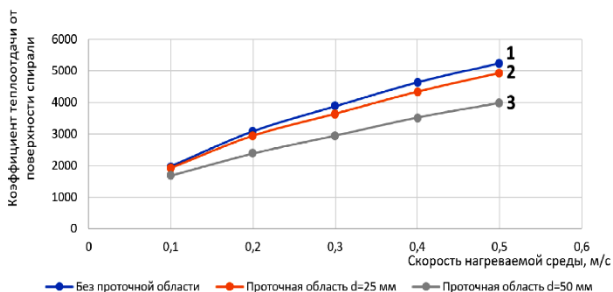


Рис. 4. График зависимости скорости нагреваемой среды, м/с, и коэффициента теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>×°С)

Рассматривая полученные кривые, можно отметить, что кривая 1 показывает зависимость вытеснителя без проточной области. Кривая 2 показывает зависимость вытеснителя с отверстием диаметром 25 мм. Кривая 3 показывает зависимость вытеснителя с отверстием диаметром 50 мм.

Выводы:

1. В рамках решения задачи импортозамещения технологического оборудования тепловых сетей предложена модель аппарата. Была разработана компьютерная трехмерная модель проточной области аппарата для совершенствования конструкции;

2. Для определения оптимальных геометрических характеристик элементов теплообменного аппарата построена компьютерная модель кожухотрубного змеевикового теплообменника в программном комплексе Solidworks Flow Simulation;

3. Исследованы теплотехнические и гидродинамические характеристики рассматриваемой модели теплообменного аппарата, определены полные потери давления с учетом наличия вытеснителя и спирального змеевика, а также при наличии в конструкции вытеснителя проточной области с различными диаметрами на входе и выходе;

4. Получены значения температур греющего и нагреваемого теплоносителей, определено количество выделяемой теплоты при

различной скорости движения нагреваемого теплоносителя;

5. Математическая модель позволяет определить величину коэффициента теплопередачи  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>×°С), кожухотрубного змеевикового теплообменника, которая возрастает при увеличении скорости  $V$ , м/с, нагреваемого теплоносителя и диаметра  $d$ , м, отверстия вытеснителя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куцев, Л.А. Моделирование механизма теплообмена в кожухотрубном змеевиковом теплообменнике / Л. А. Куцев, В. Н. Мелькумов, И. В. Крюков, Д. А. Брежнев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2024. – № 1(73). – С. 24-33.

2. Крутова, И. А. Компьютерное моделирование гидродинамики и теплообмена в конических змеевиковых теплообменниках типа «труба в трубе» / И. А. Крутова, Я. Д. Золотонос // Известия КазГАСУ. — 2020. — № 3 (53). — С. 65-72.

3. Куцев, Л. А. Экспериментальное исследование теплотехнических параметров кожухотрубного теплообменного аппарата со спиральным змеевиковом / Л. А. Куцев, В. А. Уваров, И. В. Крюков, Д. А. Брежнев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2023. — № 11. — С. 54—63.

4. Брежнев, Д. А. Способы интенсификации тепловых процессов в спиральных теплообменниках / Д. А. Брежнев, Н. Ю. Саввин, Н. Д. Бычкова // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр. XVI Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 05—08 декабря 2022 г. — Новосибирск: НГТУ, 2022. — С. 179—182.

5. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача / В. В. Нащокин. — М.: Высш. шк., 1975. — 497 с.

## **СЛОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ**

Проблемы в энергетической сфере сегодня являются одними из наиболее актуальных и серьезных вызовов, стоящих перед современным обществом. Напряженность в энергетике представляет собой сложный комплекс проблем, охватывающих как технические и экономические аспекты, так и социальные и экологические вопросы. В условиях постоянного роста потребления энергии, истощения традиционных источников и угроз изменения климата нетерпимо остро встает вопрос об эффективном источникостроении и использовании энергоресурсов.

Проблемы энергетики, требуют комплексного подхода и глубокого анализа. В статье будут рассмотрены основные проблемы, с которыми сталкивается энергетическая отрасль. Понимание и поиск эффективных решений данных проблем имеют важное значение для обеспечения устойчивого развития общества в целом и снижения негативных воздействий на окружающую среду.

Первая проблема связана с истощением энергоресурсов на сегодняшний день и в отдалённом будущем и со временем она только обостряется:

- население растёт, и в то же время увеличивается потребление энергии на душу населения и, следовательно, общее потребление энергии;

- происходит истощение месторождений минерально-энергетических ресурсов, благоприятных для разработки; разработка сложных месторождений ложится тяжёлым бременем на потребителей – на социально-экономическую сферу.

Эксперты называют нехватку доступных энергоресурсов и опасные антропогенные изменения среды обитания одними из самых серьезных проблем, определяющих настоящее и будущее цивилизации Земли.

Страны, испытывающие дефицит энергии, не только вынуждены тратить значительную часть своего ВВП на покупку энергоресурсов, но и подвержены политическим и социальным катастрофам в странах, которые поставляют энергоресурсы на мировой рынок.



Кроме того, страны с избытком энергии также сталкиваются с проблемой энергоресурсов. Мы говорим об опасности для них жить за счет натуральной ренты. Такая траектория, как сырьевое развитие экономики страны, изначально привлекает простотой реализации, а в дальнейшем становится опасной зависимостью от конъюнктуры мирового энергетического рынка, ослабляя стимулы к инновационному развитию. Россия последнее время входит в число этих стран. Поэтому отказ от сырьевой модели экономического развития, переход на инновационный путь развития был объявлен руководством страны важнейшей стратегической задачей. Потому как, традиционный экстенсивный путь развития электроэнергетики, приведет к скорому замедлению развития страны.

Отметим, что инновационное развитие экономики, будет предъявлять все более жесткие требования к качеству и надежности электроэнергетики, а также к эффективности электроснабжения. В последствии, электроэнергетики на качественно новый уровень, создаст положительный экономический эффект.

Следующая проблема, вызываемая развитием энергетики, является экологической. Она масштабируется по мере увеличения спроса на энергию. Энергетика интенсивно загрязняет геосферу. Сейчас масштабы таковы, на что больше половины выбросов приходится на объекты энергетики. В нашей стране, несмотря на низкую плотность населения, территория классифицируется как экологически неблагоприятная.

Увеличение потоков энергии, создает «парниковый эффект», сопровождающийся повышением температуры атмосферы, влияет на погоду и проявляется в аномально большой её нестабильности, а также в целом влияет на климат. Увеличивается количество техногенных аварий, которые приобретают огромные масштабы и мощности, в следствии чего становятся больше похожи на техногенные катастрофы, со всеми вытекающими последствиями.

Основу для третьей проблемы, создает сильно проявляющаяся неравномерность распределения энергоресурсов, а точнее дефицит энергоресурсов в большинстве развитых стран.

Больше половины мировых запасов нефти и больше четверти запасов природного газа, сосредоточены в регионе, протягивается от Центральной Азии и бассейна Каспийского моря до Персидского залива и характеризуется политико- социальной нестабильностью. В следствии этого происходят попытки насильственного перераспределения энергетических ресурсов (с использованием экономических, политических и даже военных средств), угроза

неконтролируемой массовой миграции населения из-за катастрофического изменения климата и социально-экономического развития [1].

Дальнейшее развитие энергетики будет обеспечивать постоянное решение рассмотренных глобальных проблем, которые осложняются различными препятствиями [2,3]:

- технологическими, представляющими собой невозможность быстрой смены технологических укладов;
- экономическими, то есть необходимость инвестирования средств в огромных объёмах;
- социальными, такими как быстрый рост населения в развивающихся странах, невозможность быстрого изменения сложившихся бытовых укладов;
- историческими и географическими, например, большой разрыв в уровне развития стран и крайняя неравномерность распределения энергоресурсов по странам и регионам.

В современном мире проблемы в области энергетики представляют собой сложный калейдоскоп вызовов, требующих комплексного решения. Все они - это факторы, несущие угрозу стабильности и устойчивости развития человечества.

Для предотвращения губительных последствий, необходимо принимать срочные и эффективные меры для более рационального использования энергоресурсов, поиска альтернативных источников энергии и внедрения природо-сберегающих технологий. Однако без согласованной международной стратегии и участия всех заинтересованных сторон, достижение сбалансированного подхода к проблемам энергетики будет затруднительным.

Решение проблем в сфере энергетики требует общественного сознания, политической воли и научных исследований.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Ушаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 448 с.

2. Макаров А.А., Фортов В.Е. Тенденции развития мировой энергетики и энергетическая стратегия России // Вестник РАН. – 2004. – № 3. – С. 195–208.

3. Хлебников В.В. Топливо-энергетический комплекс России в XXI веке. Стратегия развития энергетического будущего – М.: Научтехлитиздат, 2006. – 331 с.

*Вдовенко А.А., Манаенко Н.В.*

*Научный руководитель: Сибирцева Н.Б. ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

АЭС (атомная электростанция) — это электростанция, на которой для получения электроэнергии используется теплота, выделяющаяся в ядерном реакторе в результате контролируемой цепной реакции деления ядер тяжёлых элементов. Теплота, образуемая в активной зоне ядерного реактора, передаётся рабочему телу (обычно водяному пару), которое приводит в действие паровые турбины с турбогенераторами. АЭС являются аналогом обычной тепловой электростанции (ТЭС), в которой вместо топки парового котла используется ядерный реактор. Основное назначение АЭС — производство электроэнергии или комбинированное производство электроэнергии и тепла. [1]

Новейшие атомные электростанции, построенные в России, обладают рядом существенных преимуществ. Во-первых, они оснащены передовыми технологиями, которые обеспечивают высокий уровень безопасности и надежности. Атомные электростанции в России строятся с учетом самых современных стандартов и требований безопасности, что сводит к минимуму риск возникновения аварийных ситуаций.

Во-вторых, новейшие атомные станции в России обладают высокой эффективностью производства электроэнергии. Использование передовых технологий позволяет увеличить энергетическую производительность и снизить издержки на производство электроэнергии.

Третьим преимуществом новейшей атомной электростанции в России является чистота окружающей среды. Атомные электростанции не выделяют в атмосферу парниковых газов и других вредных веществ, что способствует снижению уровня загрязнения окружающей среды.

Кроме того, развитие атомной энергетики в России позволит обеспечить независимость и устойчивость энергетики страны и снизить ее зависимость от импорта энергоносителей. Новейшие атомные электростанции способствуют диверсификации и укреплению энергетической базы страны.[2]

Радиационное воздействие определяется газоаэрозольными выбросами и сбросом радионуклидов в водоемы. Химическое воздействие связано со сбросом сточных вод, содержащих соли тяжелых металлов и другие химические вещества. В атмосферу выбрасывается множество загрязняющих веществ из вспомогательных объектов АЭС. Главный недостаток АЭС — тепловое загрязнение, влияющее на тепловые параметры водоемов-охладителей и их экосистемы. Охлаждающая вода от АЭС сбрасывается при температуре 40–45 °С, что может изменять тепловой режим водоемов.[3]

Обращение с радиоактивными отходами (РАО) — сложный и дорогостоящий процесс. Большинство РАО образуется при переработке отработавшего ядерного топлива и снятии с эксплуатации радиационно-опасных объектов. Нарушение условий хранения РАО и аварии на АЭС — основные аргументы противников атомной энергетики. РАО классифицируются по агрегатному состоянию, методам переработки, физическим и химическим свойствам, периоду полураспада и составу излучения.[4]

Для снижения влияния АЭС на атмосферу и гидросферу необходимо улучшать методы радиоконтроля, качество фильтров и строго соблюдать нормативы. Существуют активные и пассивные подходы к снижению загрязнения среды радиоактивными отходами. Следует понимать, что полностью безопасной энергетики не существует; АЭС оказывают влияние на окружающую среду с момента строительства и после завершения эксплуатации.[5]

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:**

1. Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. Атомная электростанция / Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. [Электронный ресурс] // old.bigenc.ru : [сайт]. — URL: <https://old.bigenc.ru> (дата обращения: 18.05.2024).
2. Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. Бугорский И.А., Паньков Д.Н., Лужецкий В.В.: преимущества новейших атомных станций, построенных в России // сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. - Курск: РИНЦ, 2024. - С. 438-430.
3. Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. Вайсман Я.И., Рудакова Л.В.: Стратегия устойчивого развития [Текст] / Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. — Пермь:, 2008 — 486 с.
4. Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. Воздействие АЭС на окружающую среду // <https://energobelarus.by> URL: <https://energobelarus.by> (дата обращения: 18.04.2024).

5. Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. Экология атомной энергетики: проблемы и перспективы / Вдовенко А.А., Манаенко Н.В. [Электронный ресурс] // <https://bulletinbstu.editorum.ru>: [сайт]. — URL: <https://bulletinbstu.editorum.ru> (дата обращения: 18.05.2024).

**УДК 621.3, 629**

*Гилев И.С.*

*Научный руководитель: Белоусов А.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ БПЛА С НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАНЕЛЯМИ**

В последние годы в России активно развиваются системы беспилотной авиации, стратегия направлена на технологическое, научное, кадровое и производственное обеспечение реализации задач и национальных приоритетов Российской Федерации, определенных в документах стратегического планирования, содержащих мероприятия, ориентированные на развитие беспилотной авиации [1]. Эти системы нашли широкое применение в различных высокотехнологичных областях как военного, так и гражданского назначения. Они также используются для мониторинга пожаров и проведения поисково-спасательных работ. В связи с долгосрочностью выполняемых задач появилась необходимость в исследованиях, направленных на способы увеличения длительности использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Одним из направлений таких исследований является возможность использования в системах БПЛА накопителей электроэнергии [2] совместно с фотоэлектрическими элементами [3], которые позволяют преобразовывать энергию солнечного излучения в электрическую энергию, запасаемую накопителем. Эта технология имеет потенциал повысить энергоэффективность и продолжительность полета систем БПЛА, делая их более автономными и способными к длительным миссиям [4].

К преимуществам использования солнечной энергии можно отнести:

- уменьшение зависимости от топлива;
- снижение количества вредных выбросов;
- расширение радиуса действия БПЛА за счет «собственного» источника энергии [3].

Несмотря на то, что БПЛА с накопителями и фотоэлектрическими панелями применимы для многих практических задач, их системы обладают некоторыми недостатками, такими как: низкая удельная мощность; низкая эффективность преобразования энергии; зависимость от метеорологических условий [5]. Так, улучшение свойств конструкционных материалов, повышение аэродинамической и энергетической эффективности, совершенствование системы питания БПЛА – направлены на улучшение эффективности систем беспилотной авиации в условиях недостатка солнечного света, таких как ночное время или облачную погоду. Среди них система питания оказывает существенное влияние на длительность полета БПЛА. Поэтому ее необходимо исследовать с точки зрения получения и накопления энергии, материалов накопителей и фотоэлектрических элементов, системы управления преобразованием энергии.

Модель БПЛА с накопителями солнечной энергии представлена на рис. 1.

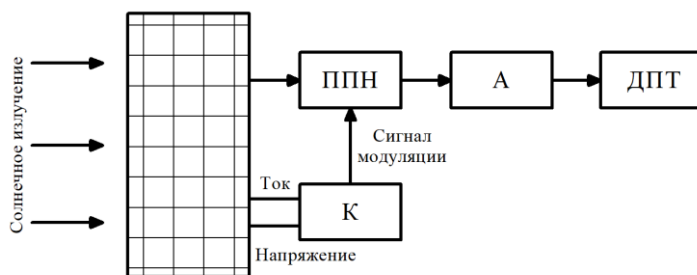


Рис. 1. Модель БПЛА с накопителями солнечной энергии

Солнечное излучение (рис. 1) поступает на солнечную панель, которая преобразует энергию солнца в электрическую энергию и питает контроллер отслеживания точки максимальной мощности (К) и понижающий преобразователь напряжения (ППН). С преобразователя энергия поступает на аккумулятор (А) для накопления энергии и питания двигателя постоянного тока (ДПТ).

Математическое описание БПЛА с накопителями солнечной энергии включает ряд переменных и уравнений, описывающих физические принципы его работы. Ключевыми элементами, на базе которых формируется математическая модель такого БПЛА, являются параметры, приведенные в табл. 1.

Таблица 1– Параметры математической модели

Наименование параметра	Обозначение, единицы измерения
Емкость аккумулятора	22,4 А·ч
Номинальная мощность солнечной панели $P$	20 кВт
Солнечная постоянная $I_0$	1360 Вт/м <sup>2</sup>
Количество дней с 1 января по $n_d$	дни
Широта $n_{lat}$	град
Угол отклонения Солнца $\delta$	град
Текущее время дня $t_{loc}$	час
Эффективность солнечных элементов $\eta_{sol}$	о.е.
Полная мощность абсорбируемого профиля $P_{UAV}$	кВт
Площадь аэродинамического профиля $S$	м <sup>2</sup>

Обычно все эти аспекты интегрируются в комплексные математические модели, которые могут быть реализованы с помощью компьютерных программ или симуляторов. Такие модели позволяют анализировать производительность и эффективность БПЛА с накопителями солнечной энергии, а также оптимизировать их конструкцию и управление [2].

Солнечное излучение  $I$ , проходящее вертикально через атмосферу может быть рассчитана в соответствии с формулой

$$I = I_0 \left( 1 + 0.0034 \cos \frac{2\pi n_d}{365.25} \right) \quad (1)$$

Угол высоты Солнца  $\alpha_e$  и угол азимута Солнца  $\alpha_z$ , которые являются переменными с разным солнечным временем и разными широтами, можно рассчитать следующим образом [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin \alpha_e = \sin n_{lat} \sin \delta + \sin n_{lat} \cos \delta \cos \omega(t) \\ \sin \alpha_z = \frac{\cos \delta \sin \omega(t)}{\cos \alpha_e} \\ \delta = 0.4093 \sin \left( \frac{2\pi(284 + n_d)}{365} \right) \\ \omega(t) = 0.2618 * (12 - t_{loc}) \end{array} \right. , \quad (2)$$

Электрическая энергия, вырабатываемая солнечными элементами в момент попадания солнечного излучения на фотоэлектрические панели БПЛА, вычисляется как [2]:

$$E_{in} = \int_{t_0}^{t_f} \eta_{sol} * S * P_{UAV} dt, \quad (3)$$

где  $\eta_{sol}$  — эффективность солнечных элементов  
 $P_{UAV}$  — полная мощность абсорбируемого излучения  
 $S$  — площадь аэродинамического профиля.

Потребляемая энергия:

$$E_{out} = \int_{t_0}^{t_f} P_{out} dt. \quad (4)$$

Тогда общий запас энергии составит:

$$E_{total} = E_{in} - E_{out}. \quad (5)$$

Таким образом, солнечные накопители играют ключевую роль в обеспечении длительного и автономного полета БПЛА, делая их более эффективными, экологически чистыми и гибкими для различных миссий. Они обеспечивают дополнительный источник энергии для БПЛА, что позволяет им продлить время полета. Это особенно важно для длительных миссий, когда доступ к источникам энергии ограничен. При увеличении запаса энергии, увеличивается время полета БПЛА, которое может достигать несколько часов. Также использование солнечных накопителей помогает уменьшить зависимость от традиционных источников энергии, таких как батареи, которые могут содержать вредные вещества. Это делает БПЛА более экологически чистыми и устойчивыми.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития беспилотной авиации до 2030 года и на перспективу до 2035 года, утв: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 21 июня 2023 г. №1630-р // Собрание законодательства РФ. 2023. Ст.73.

2. Жилин, Е.В. Перспективы применения накопителей электроэнергии в энергетических системах / Е. В. Жилин, С. В. Долгаль, А. Д. Малышева // Энергетические системы. – 2023. – № 3. – С. 32-41. – DOI 10.34031/es.2023.3.004.

3. Wei, X. Comprehensive optimization of energy storage and standoff tracking for solar-powered UAV / X. Wei, P. Yao P, Z. Xie //IEEE Systems Journal. – 2020. – Т. 14. – №. 4. – С. 5133-5143.



4. Назаренко, П.А. Модель БПЛА на солнечной энергии / П. А. Назаренко, В. И. Сатарова, Л. В. Макарова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 10. – С. 44-51. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-10-44-51.

5. Duy, V. N. Review on the hybrid-electric propulsion system and renewables and energy storage for unmanned aerial vehicles / V.N. Duy, H.M. Kim //International Journal of Electrochemical Science. – 2020. – Т. 15. – №. 6. – С. 5296-5319.

*УДК 666.94:502.174.1*

*Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С., Белов Ю.И.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СЖИГАНИЕ БИОТОПЛИВА В КАЧЕСТВЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ**

Экология – один из важнейших аспектов в плане жизни и будущего нашей планеты. Основываясь на понимании того, как нужно сохранять сбалансированное состояние окружающей среды, человек должен находить новые пути развития. Одним из примеров такого развития является поиск топлива, процесс сжигания которого не будет оказывать колоссального воздействия на окружающую среду и природу в целом [1].

Биологическое топливо, или биотопливо - альтернатива традиционным топливам, получаемое из исчерпываемых ресурсов, и использует возобновляемые материалы. Примерами биотоплива могут послужить древесина (дрова), отбельная глина, лузга или рапсовое масло. Однако, дизельное топливо и бензин стали более популярными в силу низкой стоимости и необходимости использования больших объемов топлива для массовой автомобилизации [2-3].

На данный момент стоит обратить внимание на некоторые факторы перехода к использованию биотоплива. В первую очередь, причиной этого является климатический кризис, который усугубляется выбросами парниковых газов при использовании ископаемого топлива. Отметим, что практически четверть эмиссии углекислого газа, непосредственно связанной с энергетическим производством, зависит из транспортного сектора. Ещё одним фактором, на который стоит обратить внимание, являются резкие колебания цен на углеводороды. Кроме того, стоит обратить внимание на быстрый рост объема выбросов парниковых газов в транспортной отрасли в период с конца 20 века,

причем 80% из них связаны с дорожным транспортом. Также, немаловажной причиной является поиск возобновляемых источников энергии, с учётом возможного полного исчезновения крупных запасов нефти и угля.

Современные подходы к организации производства разнообразных видов биотоплива ведут к тому, что одним из важнейших его сырьевых компонентов являются сельскохозяйственные, промышленные и бытовые отходы [4]. Одним из самых популярных видов твёрдого биотоплива являются дрова, но в настоящее время они используются в меньшей степени. Более популярным видом твёрдого биотоплива стали пеллеты, получаемым из различных материалов, таких как древесные опилки, кора, солома, оливковые косточки, ореховая скорлупа или шелуха семечек подсолнечника. Пеллеты могут стать заменой углю, дровам и пр.. В результате их использование исключается выделение вредных веществ и сводится к минимуму выход дымовых газов при сгорании, в отличие от угля и дизельного топлива. Пеллеты экономичны в плане цены и легко подлежат транспортировке.

Биоэтанол является самым популярным и массовым видом жидкого биотоплива. Путь его получения - ферментация крахмала или сахара. Использование биоэтанола снижает выбросы вредных веществ и улучшает экологические показатели автотранспорта. В Европе также преобладает производство биоэтанола из рапсового масла. В нашей стране аналогично начали налаживать производство биодизеля, основным сырьем для его производства является рапс. Обращая внимание на популярность данного вида биотоплива, стоит отметить и некоторые недостатки, одним из которых является отъём сельскохозяйственных площадей, которые могли бы быть использованы для производства продовольствия, для приготовления рапса, что приводит к стремительному росту на продукцию, полученную путём сельскохозяйственного производства. Также производство данного биотоплива требует много водных ресурсов [5-6].

Биогазом называется газ, образованный путём анаэробного метанового сбраживания биомассы. Проще говоря, он получается путём смешения углекислого газа и метана, в пропорциях 15-45% и 50-75% соответственно. На протяжении долгих десятилетий главными источниками биогаза являются отходы животноводства и сельского хозяйства, сточные воды и органика из бытовых отходов. Важными плюсами можно считать то, что ископаемые топливные источники являются ограниченными и с течением времени будут исчерпаны, в

отличие от биотоплива, которое производится из растительных материалов и поэтому может быть возобновлено. В процессе сжигания биотоплив, его выбросы углекислого газа уменьшаются на 65%, что приводит к снижению влияния на изменение климата. Использование биогаза можно считать экономически выгодным, к примеру если вырабатывать электричество из биогаза с использованием топливных элементов. В данном случае газ преобразуется в электроэнергию напрямую, этот процесс не требует сжигания газов.

Кроме того, биоэтанол и биогаз обладают меньшим содержанием вредоносных веществ в сравнении с другими видами топлива, что помогает уменьшить выбросы этих вредных веществ в атмосферу. Создание биотоплива на месте создает рабочие места в том же регионе, где оно будет использоваться, что способствует сокращению транспортных расходов и выбросов. В дополнение к этому, производство собственного биотоплива уменьшает зависимость страны от импорта нефти из других государств. Так как биотопливо имеет меньшее количество примесей по сравнению с традиционными видами топлива, это означает, что функционировать двигатели будут гораздо дольше, поскольку загрязняться они будут реже и не требовательны к частому уходу. Это поможет автолюбителям не только экономить на топливе, но и на техническом обслуживании [7-8].

Следует отметить то, что для производства биотоплива требуются большие площади, предназначенные для выращивания сырья, что может приводить к зачищению лесных местностей от фауны для того, чтобы обеспечить нужное количество территории.

В настоящее время стоит заметить то, что развитие жидкого топлива набирает обороты. Об этом говорят новейшие исследования, которые рассчитаны на поиск новейших, экологически и экономически эффективных способов производства биотоплива. Благодаря пониженному негативному эффекту, а именно меньшей степени влияния на окружающую среду, появление новых видов биотоплива помогает решать проблему современной экологии. В дальнейшей перспективе биотопливо способно стать традиционным топливом, что благоприятно повлияет на экосистему в целом.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. Экология и безопасность жизнедеятельности // Учебное пособие для вузов.-М.: Юнитида. – 2004. – С.226.

2. Шамгулов Р. Ю., Гридчин Ю. С., Гончаров А. Н. Существующие технологические процессы и технические средства переработки твёрдых коммунальных отходов //XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». – 2020. – С. 1663-1667.

3. Клочкин В.В., Ратнер С.В. Управление развитием “зелёных” технологий: экологические аспекты. – 2012. – С.287.

4. Бондарчук Н.В., Титова Е.С. Перспективы возобновляемой энергетики как одного из направлений устойчивого развития регионов Юга России // Юг России: экология, развитие. – 2017. – № 4. – С.12-31.

5. Титоренко К.В., Панов Е.И. Способы повышения энергоэффективности при производстве твёрдого топлива // Научный поиск: теория и практика. – 2017. – С.71-73.

6. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Государственное регулирование развития биоэнергетики в странах Европы и США. Ч.2 // Пром. теплотехника. - 2002. - Т.24, N 5. - С.78-86.

7. Капустина Е. В. Использование биогаза в теплоэнергетике //Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. ВГ Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. – 2022. – С. 278-283.

8. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. Белгород, – 2013. – 240 с.

**УДК 620.92**

**Гузеева В.Ю.**

*Научный руководитель: Колесник В.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РОЛЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЗДАНИЙ**

В современном мире вопросы энергоэффективности и устойчивого использования ресурсов играют ключевую роль в области управления зданиями и инженерными системами. Энергосберегающие решения становятся все более важными для обеспечения эффективной работы зданий, снижения операционных затрат и минимизации воздействия на окружающую среду. В данной статье мы рассмотрим роль инновационных энергосберегающих решений в управлении инженерными системами зданий, их влияние на повышение эффективности зданий и снижение потребления энергии, а также их

вклад в устойчивое развитие. Мы также рассмотрим различные технологии и подходы, которые могут быть использованы для оптимизации управления инженерными системами зданий с целью повышения их энергоэффективности.

Режим энергосбережения особенно актуален для механизмов, которые часть времени работают с пониженной нагрузкой - конвейеры, насосы, вентиляторы и т. п. Кроме снижения расхода электроэнергии, экономический эффект от применения частотно-регулируемых электроприводов достигается путем увеличения ресурса работы электротехнического и механического оборудования, что становится дополнительным плюсом [1].

В качестве показателя энергоэффективности принимается абсолютная или удельная величина потребления, или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, которая устанавливается государственными стандартами и может в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» уточняться применительно к потребностям группы потребителей, например, в стандартах организаций [2].

В настоящее время современная энергетика способствует появлению новейших знаний о методах получения и преобразования энергии, создает средства таких преобразований за счет интеграции достижений в других областях знаний, исследует закономерности развития мировой энергетике в целом. Все это способствует появлению нарастающего потока возможных энергетических технологий. Возникающие новые идеи и их результативность формируются на базе фундаментальных разделов физики, физической химии и другими физикотехническими дисциплинами, такими как электрофизика и электротехника, теплофизика и теплотехника, атомная физика и техника. На этом базируется основа технологического прогресса в энергетике и где сосредоточено до 70% научных работ в этой области [3].



Рис 1. Направления внедрения инноваций для предприятий, основанные на мероприятиях по энергосбережению в промышленности

Направления энергосбережения распространяются на все сферы производственного и бытового потребления и предполагают внедрение оптимальных способов обеспечения качества энергоснабжения: – обеспечение использования всеми потребителями электроэнергии инновационных энергоэффективных технологий; – реализацию инвестиционных проектов с участием государственных финансов в электроэнергетике, используемых для внедрения современных энергосберегающих технологий; – выявление безучетного пользования энергетическими ресурсами; – оснащение приборами учета расхода энергии потребителей розничного рынка; – внедрение автоматизированных систем учета электрической энергии; – проведение определенных мероприятий по повышению энергетической безопасности региона [4].

В виду вышеизложенного можно констатировать, что энергосбережение и повышение энергетической эффективности на сегодня являются важными условиями развития российской экономики. С учетом же разнообразных внешнеэкономических ограничивающих факторов эффективное расходование топливно-энергетических ресурсов является для Российской Федерации особенно актуальным. Накопленный успешный опыт зарубежных стран в политике энергоэффективности заставляет и отечественную энергетику двигаться вперед, совершенствовать и применять новые подходы и методы в данной сфере.



Рис 2. Взаимосвязь энергетической эффективности производственного процесса и основных показателей деятельности предприятия.

Основные принципы энергосбережения:

- 1) Повышение эффективности использования энергии и топлива над увеличением объемов производства и добычи;
- 2) Совмещение интересов поставщиков, потребителей и производителей энергии и топлива;
- 3) Первостепенность выполнения экологических требований к добыче, переработке, производству, использованию и транспортировке энергии и топлива;

4) Необходимость юридическими лицами учитывать производимые ими или расходуемые энергетические ресурсы, также физические лица должны учитывать полученные энергетические ресурсы;

5) Документирование энергосберегающего, энергопотребляющего и диагностического оборудования, а также конструкций, материалов, транспортных средств, энергетических ресурсов;

6) Заинтересованность поставщиков и производителей энергетических ресурсов в использовании более эффективных технологий;

7) За счет собственных средств или на возвратной основе осуществление программы [5].

В заключение, можно отметить, что энергосберегающие решения играют ключевую роль в управлении инженерными системами зданий и имеют огромное значение для создания эффективных и устойчивых зданий. Использование инновационных технологий, внедрение современных систем управления и мониторинга позволяют эффективно оптимизировать потребление ресурсов, снижать операционные расходы и сокращать негативное воздействие на окружающую среду.

Современные тенденции промышленности и строительства указывают на необходимость все более активного внедрения энергосберегающих решений на практике, что предполагает важность проведения дополнительных исследований, разработки новых технологий и стимулирование использования энергосберегающих практик в различных отраслях.

Таким образом, понимание и учет роли энергосберегающих решений в управлении инженерными системами зданий является критически важным для достижения устойчивого развития и обеспечения экономической эффективности при эксплуатации зданий. Совокупность инновационных подходов и технологий в области энергосбережения формирует основу для создания эффективных и устойчивых зданий, способствует сокращению эксплуатационных затрат и содействует экологической устойчивости в глобальном масштабе.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Qip.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://5ballov.qip.ru> (дата обращения: 01.04.2024).

2. Дюрменова, С. С. Пути повышения энергоэффективности в зданиях / С. С. Дюрменова, А. Ю. Махов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 31 (321). — С. 18-21. — URL: <https://moluch.ru/archive/321/72917/> (дата обращения: 02.04.2024).

3. Бакалин Ю. И. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности / Ю. И. Бакалин, Н. П. Мухин, В. Н. Виноградов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - №2. - С.185-187.

4. Виноградов А. А. Показатели качества электрической энергии, обусловленные применением светодиодных светильников / А. А. Виноградов, О. Н. Зябкина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - №1. - С.159-161.

5. Аверина, О. И. Применение энергосберегающих технологий в хозяйственной деятельности предприятий / О. И. Аверина, А. С. Налютова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 734-737. — URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 03.04.2024).

**УДК 621.65.03**

*Забельский Д.С.*

*Научный руководитель: Белоусов А.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Устойчивая тенденция внедрения регулируемых электроприводов в различные отрасли систем жизнеобеспечения зданий обусловлена необходимостью соответствия высоким технологическим требованиям к качеству производственных процессов и внедрением передовых технологий [1]. Применение частотно-регулируемого электропривода питательных насосов в системах водоснабжения, водоотведения и отопления обусловлено значительным снижением момента нагрузки при снижении скорости вращения приводного двигателя, характерного для рассматриваемых механизмов, обеспечивает существенную экономию электроэнергии при использовании регулируемого электропривода и позволяет создать принципиально новую технологию транспортировки воды, обеспечивающую эффективное регулирование производительности



агрегата. Кроме того, поддержание в системе минимально необходимого давления приводит к существенному уменьшению непроизводительных расходов транспортируемого продукта и снижению аварийности гидравлических и пневматических сетей. Согласно статистике, примерно четверть всей производимой электроэнергии потребляется приводами центробежных насосов и вентиляторов на различных объектах [2-3]. Асинхронный электропривод насосных установок с частотным регулированием помогает значительно снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, предотвращая гидравлические удары, возникающие при изменении режимов работы и запуске насосной системы, в отличие от нерегулируемого электропривода. Среди различных типов электроприводов предпочтителен асинхронный электропривод с короткозамкнутым ротором, питание статорных обмоток которого осуществляется через преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока. [4].

В работе выполняется имитационное моделирование [5, 6] электропривода насосной установки с векторным регулированием (рис. 1). Данные насосной установки занесены в табл.1 [7].



Рис. 1 Структурная схема модели насосной установки

Таблица 1 - Данные насосной установки

№ п/п	Наименование параметров	Значения параметров
1	Номинальное напряжение статорной обмотки, В	380
2	Номинальное скольжение	0,023
3	Критическое скольжение	0,19
4	Номинальная частота вращения об/мин	2900
5	Синхронная частота вращения об/мин	3000
6	Номинальный КПД, о. е.	0,88
7	Коэффициент мощности, о. е.	0,9
8	Кратность пускового тока	7,5
9	Кратность пускового момента	2,8
10	Момент инерции, кг·м <sup>2</sup>	0,023

Поскольку, согласно СНиП 41-01-2003<sup>1</sup>, давление воды в моделируемой системе должно выдерживать давление, превышающее рабочее в 1,5 раза, задание по давлению принимается равным 10 атмосфер как референтное значение.

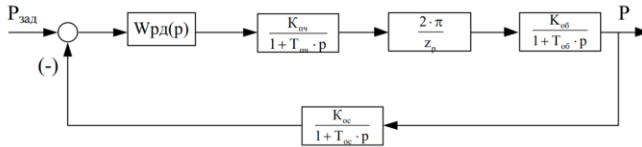


Рис. 2 Структурная схема контура давления

Для расчета коэффициента  $K_{об}$  используем формулу:

$$K_{об} = \frac{P}{\omega} = 0.0325 \frac{атм \cdot с}{рад}; \quad (1)$$

$$T_{об} = 0.1с; \quad (2)$$

$$T_{пч} = \frac{1}{f_{пч}} = 0.0002; \quad (3)$$

$$T_{ос} = 0.125с; \quad (4)$$

$$K_{ос} = K_{пч} = 1. \quad (5)$$

Имитационная модель электропривода насосной установки с частотным регулированием (рис. 3) строится в пакете Matlab/Simulink на основании реальной системы электропривода циркуляционного насоса системы отопления.

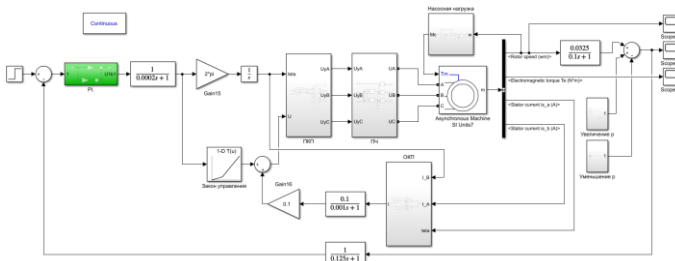


Рис. 3 Имитационная модель автоматической системы регулирования давления в циркуляционном узле

<sup>1</sup>СНиП 41-01-2003СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003: утвержден и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 N 921/пр (ред. от 30.05.2022).

Имитационная модель (рис. 3) включает в себя: задатчик интенсивности, *PI*-регулятор, блок насосной нагрузки, блоки прямого ПКП и обратного преобразования координат ОПК, преобразователь частоты ПЧ, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором *Asynchronous Machine*. Для измерения параметров переходных процессов, протекающих в элементах электропривода и питающей сети, используются измерительные блоки.

Параметры электродвигателя задаются в окне ввода параметров *Asynchronous Machine* (рис. 4).

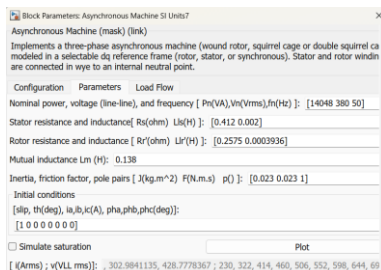


Рис. 4 Окно ввода параметров блока двигателя *Asynchronous Machine*

Система строится по принципу векторного управления с преобразованием координат на основании структурной схемы (рис. 1). На основании передаточных функций (1-5), получена имитационная модель контура регулирования давления в системе (рис. 5). Результаты имитационного моделирования приведены на рис. 6.

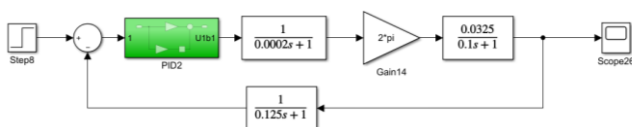


Рис. 5 Имитационная модель контура давления

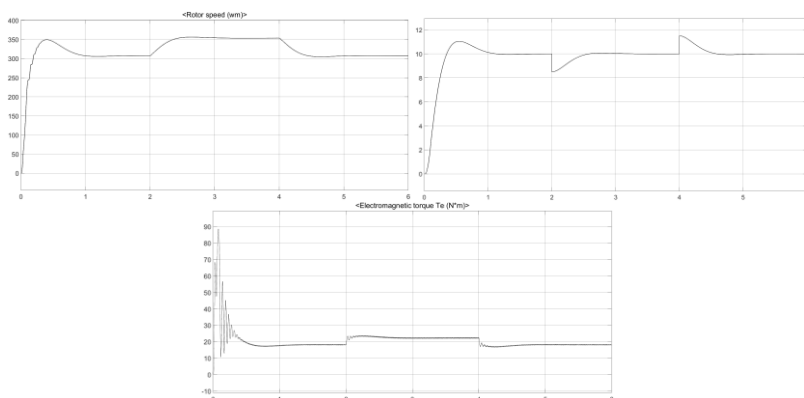


Рис. 6 Результаты имитационного моделирования:  
 Скорость  $\omega$ , рад/с (1); давление  $p$ , атм (2); момент двигателя  $M$ , Н·м (3)

Таким образом, при открытии и закрытии клапана, моделируется падение и рост давления на 1,5 атмосферы. Как видно из переходных процессов система быстро, менее чем за 1,2 сек. отрабатывает перепад давления [2].

Результаты моделирования подтверждают корректность настройки контуров регулирования и позволяют говорить о пригодности разработанной модели для инженерных расчетов. Результаты имитационного моделирования показали эффективным векторное регулирование давления в системе отопления, что подтверждается качеством переходных процессов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авербух М.А., Минимизация потерь электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства / М.А. Авербух, Е.В. Жилин, Е.Ю. Сизганова //Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – 149 с. – ISBN 978-5-361-00691-5. – EDN КМУРНК.
2. Шарапов, В.И. Пиковые источники теплоты систем централизованного теплоснабжения / В.И. Шарапов, М.Е. Орлов. - Ульяновск: УлГТУ, 2007.- 204 с.
3. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин : Учебник для вузов/ И.П. Копылов. - М. : Высшая школа, 2008.- 327 с.

4. Semenov, A.V. Modeling induction motor driven sucker rod pump in MATLAB simscape / A.V. Semenov, S.I. Teclе, A. Ziuzev //2020 Russian Workshop on Power Engineering and Automation of Metallurgy Industry: Research and Practice (PEAMI). – Magnitogorsk, Russia, 2020. – С. 67–71.

5. Зюзев, А.М. Динамические симуляторы в задачах диагностики штанговых глубинно-насосных установок / А. М. Зюзев, С. И. Текле // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 1. – С. 168-177. – DOI 10.18799/24131830/2022/1/3285.

6. Loubna, A Standalone photovoltaic array fed induction motor driven water pumping system / A. Loubna, T. Riad, M. Salima //International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2020. – Т. 10. – №. 5. – С. 4534.

*УДК 621.039.566*

*Костин А.А., Харитонов Б.М.*

*Научный руководитель: Беляков А.А., канд. техн. наук, доц.*

*Ивановский государственный энергетический университет*

*им. В.И. Ленина, г. Иваново, Россия*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ И СИСТЕМЫ ВОДОВОДОВ ПОДПИТКИ НА ЭНЕРГОБЛОКЕ С ВВЭР-1200**

Опыт эксплуатации энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС - 2 показывает, что в летний период значение температуры охлаждающей воды превышает проектную величину, что свидетельствует о недостаточной эффективности работы системы технического водоснабжения. Основным фактором, оказывающим негативное влияние на эффективность работы этой системы, является образование карбонатных отложений на поверхностях теплообменного оборудования и конденсаторах. На энергоблоке № 1 Нововоронежской АЭС-2 проведена очистка системы водораспределения от карбонатных отложений методом комбинированного вибрационного и аэрогидравлического воздействия. Опробованный метод очистки нельзя считать оптимальным, так как основным этапом, определяющим продолжительность всей очистки, является сборка (разборка) и тщательная очистка вышедшего из строя оборудования.

В качестве компенсирующих мероприятий для обеспечения требуемого температурного режима оборудования турбоустановки на энергоблоке № 1 в летний период практикуется включение в

параллельную работу резервных теплообменников системы смазки и резервного насоса системы охлаждающей воды ответственных потребителей. При таком решении существует риск непланового снижения электрической нагрузки при отключении этого оборудования в случае его неисправности.

В работе произведен анализ возможной модернизации системы подачи подпиточной воды и систем водоводов подпитки для первого и второго блока Нововоронежской АЭС – 2. Данная модернизация проводится для увеличения расхода подпиточной воды на энергоблок с целью повышения эффективности теплообменного оборудования, снижения расходов на очистку теплообменного оборудования и конденсаторов.

Увеличение расхода подпитки позволит снизить коэффициент упаривания и обеспечит поддержание ВХР основной охлаждающей воды на требуемом уровне (по кальциевой жёсткости), что повысит эффективность теплообменного оборудования из-за уменьшения (отсутствия) карбонатных отложений и снизит расходы на очистку теплообменного оборудования и конденсаторов. В случае отказа от модернизации работа при недостаточной подпитке будет приводить к нанесению карбонатных отложений на теплообменные поверхности, снижению эффективности теплообменного оборудования и конденсаторов, которое повлечет к необходимости снижения мощности блоков в жаркие периоды, а также постоянные расходы на очистку теплообменных поверхностей.

Основываясь на опыте эксплуатации системы подпитки основной охлаждающей воды был предложен наиболее оптимальный вариант модернизации, состоящий из трех пунктов.

В первом пункте предлагается изменить схему работы насосов – три в работе, один в резерве, поменять алгоритмы включения и выключения насосов, а также алгоритм АВР насосов.

Для снижения коэффициента упаривания и обеспечения поддержания ВХР основной охлаждающей воды на требуемом уровне (по кальциевой жёсткости) нужна необходимость повышения расхода подпиточной воды. По проектным решениям расход подпиточной воды на одну градирню составляет 4623,03 м<sup>3</sup>/ч, но при проведении ПНР было выявлено, что фактические гидравлические потери в трубопроводе превышают проектные.

Построение модернизированной трассы трубопроводов подпитки дает следующие значения - каждый из трех работающих насосов прокачивает 3663,28 м<sup>3</sup>/ч и после прохождения всей системы, с учётом всех гидравлических потерь, мы получаем расход 5256,09 м<sup>3</sup>/ч на

градирню для первого блока и 5273,97 м<sup>3</sup>/ч на градирню для второго блока НВАЭС – 2.

Второй пункт предполагает, что в здании насосной станции подпитки 00UGA необходимо установить фильтр предочистки на отметке -6,000, фильтр тонкой очистки на отметке 0,000, подвести трубопроводы и присоединиться к запорно-регулирующей арматуре.

Фильтр предочистки по принципу работы представляет собой механический самоочищающийся фильтр. Для автоматической очистки фильтрующего элемента фильтра от накопившихся загрязнений использован принцип обратной промывки. Фильтрующий элемент имеет зазор не более 3 мм.

Фильтр тонкой очистки по принципу работы представляет собой механический самоочищающийся фильтр. Для автоматической очистки фильтрующего элемента фильтра от накопившихся загрязнений использован принцип обратной промывки. Фильтрующий элемент имеет зазор не более 1 мм.

Третьим пунктом предлагается на отметке минус 2,800 в камерах арматуры системы подпитки градирни выполнить замену кранов шаровых запорно-регулирующих типа ПТ60168-500 с Ду500 на регулирующие клапаны с Ду700 в комплекте с коническими переходами типа А.КРС.2.700.1,0-С1-П1-05. В разных погодных условиях испарение и унос будут существенно отличаться и для поддержания уровня воды в бассейне потребуется регулирование подачи подпиточной воды от 2900 до 5250 м<sup>3</sup>/ч. Подача свежей воды для подпитки бассейна испарительной градирни осуществляется от станции подпитки, которая забирает воду из р. Дон и расположена на берегу реки.

Проект позволяет внедрить новое оборудование на станции без негативных последствий на экономику и надежность ее работы в связи с тем, что при проектировании НВАЭС – 2 было заведомо оставлено место под фильтры тонкой очистки и фильтр предочистки т.к. уже тогда было понимание о проблеме карбонатных отложений.

Кроме того, изначально было предусмотрено два резервных насоса, для подачи питательной воды, что позволило избежать возможного роста стоимости станции. Главными расходами будет закупка фильтров, регулирующих клапанов и труб для подключения оборудования к общей системе. Общая экспертная оценка затрат на реализацию мероприятия составляет около 114 млн. рублей, что значительно меньше суммы, которую потратили бы на долгосрочную очистку системы от карбонатных отложений и возможные ремонтные

работы при выходе оборудования из строя, которое в летний период переводили из резерва на постоянную работу.

Проведение описанных мероприятий позволит оптимизировать затраты на станцию, а главное – повысить надежность и безопасность всей системы водоснабжения Нововоронежской АЭС - 2.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шелегов, А.С. Насосное оборудование АЭС: Учебное пособие / А.С. Шелегов, С.Т.Лескин, В.И. Слободчук. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 348 с.

2. НП-095-15. Основные требования к вероятностному анализу безопасности блока атомной станции: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.08.2015 г. № 311: введены в действие с 19 сентября 2015 г. – М., 2015. – 15 с.

3. НП-001-15. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.12.2015 г. № 522: введены в действие с 2 февраля 2016 г. – М., 2015. – 34 с.

*УДК 644.1*

*Крамская А.А.*

*Научный руководитель: Шарпар Н.М., канд. техн. наук, доц.  
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Россия*

## **ИННОВАЦИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЗДАНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Россия, известная своим суровым климатом, иллюстрирует насколько важно использование энергоэффективных жилых комплексов. С учетом ограниченности ископаемых ресурсов и растущего спроса на энергию, необходимо развивать нетрадиционные источники энергии, создавая новые типы электрических машин и систем управления для возобновляемых источников. Важно также стремиться к автономным энергосистемам с минимальной потребностью в мощности накопителей для стабильного электроснабжения. Развитие технологий энергосбережения играет ключевую роль в повышении энергоэффективности и сокращении



зависимости от традиционных ресурсов.

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации издало приказ от 6 июня 2016 г. N 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [1], в соответствии с которыми:

1. Класс энергетической эффективности многоквартирного дома определяется путем сравнения фактических или расчетных значений удельного годового расхода энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроснабжение с базовыми значениями.

2. Фактические значения удельного годового расхода энергии устанавливаются на основе данных общедомовых приборов учета.

3. Класс энергетической эффективности многоквартирного дома при строительстве, реконструкции или капитальном ремонте утверждается органом государственного строительного надзора.

4. Класс энергетической эффективности в процессе эксплуатации подтверждается органом государственного жилищного надзора на основе декларации о фактических значениях расхода энергии, выдавая акт проверки соответствия и указывая класс энергетической эффективности. Декларацию предоставляют собственники помещений или управляющая компания.

В Российской Федерации класс энергетической эффективности для многоквартирных домов определяется путем сравнения фактических значений удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение с таблицей классов энергетической эффективности (табл. 1).

Таблица 1 - Классы энергетической эффективности

Класс энергетической эффективности		Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
Обозначение	Наименование	
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

При сдаче здания после строительства, реконструкции или

ремонта устанавливают класс энергоэффективности на основе контроля энергопотребления для отопления и вентиляции по стандарту ГОСТ 31168-2003 [2].

Рассмотрим ряд инновационных методов энергосбережения с учетом технического обслуживания зданий и систем теплоснабжения, изучение передовых энергоэффективных решений для снижения расходов на отопление и электроэнергию:

#### 1. Применение энергоэффективного оборудования:

- LED-освещение (рис. 1а) в жилом комплексе — энергоэффективно, не нагревается, надежно, с долгим сроком службы (более 50000 часов). Производители совершенствуют продукцию, добавляя функциональности [3], например, датчики движения для рационального использования энергии.

- Mitsubishi Heavy Industries производит инновационные тепловые насосы Q-top (рис. 1б), использующие CO<sub>2</sub> вместо R-410A. CO<sub>2</sub> обладает низким потенциалом глобального потепления и обеспечивает эффективную теплопередачу при низких температурах. Тепловые насосы Q-top экономичны и выделяют меньше углерода, чем газовые котлы. Генерируют 3,5 кВт при потреблении 1 кВт электроэнергии [4].

- Системы VRF (рис. 1в) — обеспечивают эффективное охлаждение помещений через один наружный блок, к которому можно подключить несколько внутренних канальных модулей (до 64 штук), способных работать с воздухом из помещения или уличного происхождения и осуществлять смешивание потоков воздуха [5].

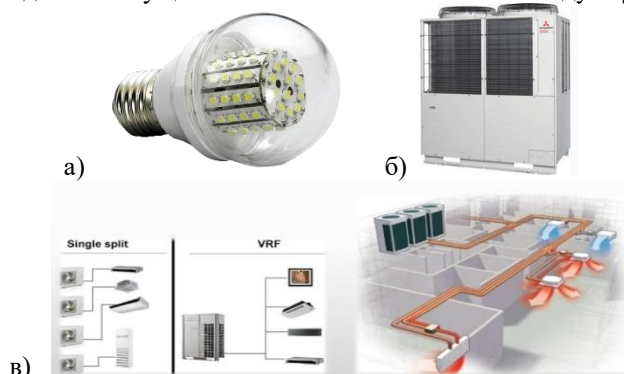


Рис. 1 Применение энергоэффективного оборудования

#### 2. Использование возобновляемых источников энергии:

- Солнечные панели Tesla Solar Roof (рис. 2а): Интегрированные солнечные панели, разработанные компанией Tesla, которые выглядят

как обычная крыша, но генерируют электроэнергию из солнечного света. Они обеспечивают долгосрочные экономические выгоды и позволяют снизить зависимость от традиционных источников энергии [6].

- Ветрогенераторы Urban Green Energy (рис. 2б): Малые ветрогенераторы, специально разработанные для установки в городских условиях, например, на крышах зданий [7]. Они могут существенно уменьшить зависимость от традиционных источников энергии и обеспечить дополнительный источник возобновляемой энергии.

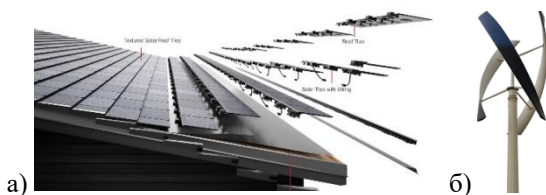


Рис. 2 Использование возобновляемых источников энергии

### 3. Теплоизоляция и улучшение теплозащиты:

- Смарт-стекла (рис. 3а) оснащены технологией, которая регулирует пропускание тепла и света в помещение в зависимости от внешних условий. Это позволяет снизить потребление энергии на кондиционирование и отопление [8, 9].

- Броня Фасад / Фасад НГ (рис. 3б) — специальные краски с добавлением теплоизоляционных компонентов, которые помогают улучшить теплоизоляцию стен и снизить теплопотери через них [10].



Рис. 3 Теплоизоляция и улучшение теплозащиты

Инновации в области энергосбережения и обслуживания зданий играют важную роль, способствуя повышению энергоэффективности и экологической устойчивости. Регулирующие документы и стандарты направляют развитие этой отрасли. Применение инновационного оборудования, использование возобновляемых источников энергии, теплоизоляция и улучшение теплозащиты зданий позволяют снизить энергозатраты и создать более эффективные и экологичные системы обслуживания зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ от 6.06.2016г. N 399/пр Минстроя России «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
2. ГОСТ 31168-2003 Межгосударственный стандарт. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление.
3. Романов, С. В. Оценка освещенности рабочего места при ремонте автотранспорта / С. В. Романов, Н. А. Литвинова. – 2022. – № 13.1 (408.1). – С. 25-27.
4. Тепловой насос серия Q-TON [Сайт]: itsubishi Heavy Industries URL: <http://www.mhi-russia.ru> (дата обращения: 10.05.2024).
5. Кондиционеры: виды и особенности выбора // Молодой ученый. – 2018. – № 48 (234). – URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 15.05.2024).
6. Solar Roof [Сайт]: Tesla. URL: <https://www.tesla.com/solarroof> (дата обращения: 10.05.2024).
7. Urban green energy [Сайт]: Renewable Generation. URL: <https://www.renugen.co.uk> (дата обращения: 10.05.2024).
8. Смарт-стекло [Сайт]: // Smartal URL: <https://smartal.ru> (дата обращения: 10.05.2024).
9. Дмитриев, А. Л. Смарт-стекло в системе умного дома / А. Л. Дмитриев, А. В. Митасов // Молодой ученый. – 2022. – № 20 (415). – С. 76-79. – URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 15.05.2024).
10. Броня Фасад [Сайт]: Броня изоляция. URL: <https://bronya-insulation.ru> (дата обращения: 10.05.2024).

*УДК 621.314*

*Мальшева А.Д., Белоусов И.А.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУНАПРАВЛЕННЫМ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

В работе рассматривается управление *DC-DC* преобразователем накопителя электроэнергии; приводятся математическая модель преобразователя и целевые функции прогнозирующего управления преобразователем.

На сегодняшний день в электроэнергетических системах с распределенной генерацией находят широкое распространение возобновляемые источники энергии, подключение которых возможно совместно с накопителями электроэнергии [1-3]. Их интеграция в сеть осуществляется с использованием *DC-DC* преобразователей. Это позволяет снизить потери электрической энергии, повысить пропускную способность и энергоэффективность распределительной сети [4]. Однако следует отметить, что интеграция возобновляемых источников энергии в сеть сопровождается электромагнитными помехами преобразователя и генерацией импульсных напряжений<sup>2</sup>. Управляемый накопитель электроэнергии в таких системах позволяет снизить негативное воздействие возобновляемых источников на сеть и улучшить динамические свойства системы [5]. А применение прогнозирующих алгоритмов в управлении преобразователем позволяет снизить затраты на разработку и настройку *DC-DC* преобразователя [6].

В электроэнергетической системе накопитель должен как запасать энергию, так и отдавать ее в сеть. Поэтому в работе рассматриваются два режима работы *DC-DC* преобразователя накопителя электроэнергии: понижающий и повышающий, обеспечивающие режимы заряда и разряда соответственно. Основной задачей управления двунаправленным преобразователем является обеспечение постоянства вектора выходных переменных независимо от изменения тока нагрузки.

На Рис. 1 представлена схема двунаправленного *DC-DC* преобразователя накопителя электроэнергии.

---

<sup>2</sup> ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: нац. стандарт Рос. Федерации : изд. офиц. : утв. и введ. в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст: введ. впервые: дата введ. 2014-07-01 / разраб. ООО «ЛИНВИТ» и Тех. Комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств». — Москва : Стандартинформ, 2014 — 15 с.

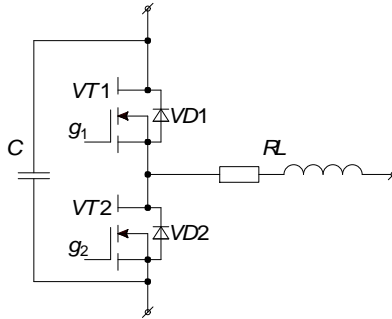


Рис. 1 Схема  $DC-DC$  преобразователя накопителя электроэнергии

Схема  $DC-DC$  преобразователя накопителя электроэнергии (Рис. 1) и состоит из управляемых полупроводниковых транзисторов  $VT1$ ,  $VT2$  с обратно включенным диодом каждый. Катушка индуктивности с последовательно включенным сопротивлением  $RL$  используется для накопления и высвобождения электрической энергии в зависимости от состояния вентиля. Когда  $VT1$  находится в проводящем состоянии, энергия накапливается в катушке индуктивности  $L$  по шине постоянного тока. Когда вентиль  $VT1$  закрыт, энергия передается от катушки индуктивности  $L$  батарее.

Математическая модель линеаризованной системы  $DC-DC$  преобразователя в пространстве состояний будет иметь вид:

$$\frac{dx(t)}{dt} = (\mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2 \mathbf{u}(t))\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)U_{DC}, \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{u}(t)\mathbf{x}(t), \quad (2)$$

где  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{C}$  – матрицы состояния, управления и выхода соответственно;

$\mathbf{x}(t)$ , вектор состояния, переменными состояния которого являются ток катушки индуктивности  $i_L(t)$  и напряжение батареи  $V_B(t)$ :

$$\mathbf{x}(t) = [i_L(t), V_B(t)]^T \quad (3)$$

$\mathbf{u}(t)$ ,  $\mathbf{y}(t)$  – векторные переменные управления и выхода, соответственно;

$$\frac{d\mathbf{x}(t)}{dt} = (\mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2 \mathbf{u}(t))\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}V_B, \quad (4)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t), \quad (5)$$

где переменными состояния являются ток катушки индуктивности  $i_L(t)$  и напряжение на шине постоянного тока  $U_{DC}(t)$ :

$$\mathbf{x}(t) = [i_L(t), U_{DC}(t)]^T \quad (6)$$

Здесь выражения (1-3) соответствуют состоянию заряда, (4-6) – состоянию разряда накопителя.

Тогда модель системы  $DC-DC$  преобразователя накопителя в дискретно-временной области с учетом (1), (2), (4), (5) для режимов заряда и разряда соответственно примет вид:

$$\begin{cases} \mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{E}_1 \mathbf{x}^{(k)} + \mathbf{F} U_{DC} \\ \mathbf{y}^{(k)} = \mathbf{G} \mathbf{x}^{(k)} \end{cases}, g_1 = 1$$

$$\begin{cases} \mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{E}_2 \mathbf{x}^{(k)} \\ \mathbf{y}^{(k)} = 0 \end{cases}, g_1 = 0 \quad (7)$$

где  $g_1$  – управляющий импульс на затворе транзистора  $VT1$ ;  
 $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{F}$ ,  $\mathbf{G}$  – дискретные матрицы:

$$\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_0 + (\mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2) T_S ;$$

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}_0 + \mathbf{A}_1 T_S ;$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} T_S ; \mathbf{G} = \mathbf{C} ,$$

где  $\mathbf{E}_0$  - единичная матрица.

$$\begin{cases} \mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{E}_1 \mathbf{x}^{(k)} + \mathbf{F} V_B \\ \mathbf{y}^{(k)} = \mathbf{G} \mathbf{x}^{(k)} \end{cases}, g_2 = 1$$

$$\begin{cases} \mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{E}_2 \mathbf{x}^{(k)} + \mathbf{F} V_B \\ \mathbf{y}^{(k)} = \mathbf{G} \mathbf{x}^{(k)} \end{cases}, g_2 = 0 \quad (8)$$

где  $g_2$  – управляющий импульс на затворе транзистора  $VT2$ .

Целевые функции режимов заряда и разряда накопителя с учетом (7), (8):

$$\mathbf{J}_1 = \begin{cases} \left| \left( V_B^{k+1} \right)^* - V_{B, g_1=1}^{k+1} \right|, g_1 = 1 \\ \left| \left( V_B^{k+1} \right)^* - V_{B, g_1=0}^{k+1} \right|, g_1 = 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mathbf{J}_2 = \begin{cases} \left| \left( U_{DC}^{k+1} \right)^* - U_{DC, g_2=1}^{k+1} \right|, g_2 = 1 \\ \left| \left( U_{DC}^{k+1} \right)^* - U_{DC, g_2=0}^{k+1} \right|, g_2 = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Минимизация целевых функций (9), (10) производится итерационно. На каждом шаге итерации выбирается оптимальное состояние переключения  $k$ , которое применяется на следующем интервале выборки. Сигнал управления с выхода прогнозирующего контроллера направляется на управляющие электроды транзисторов преобразователя (Рис. 1). Местоположение  $DC$ - $DC$  преобразователя накопителя УНЭ в структуре распределительной сети приведено на Рис. 2.

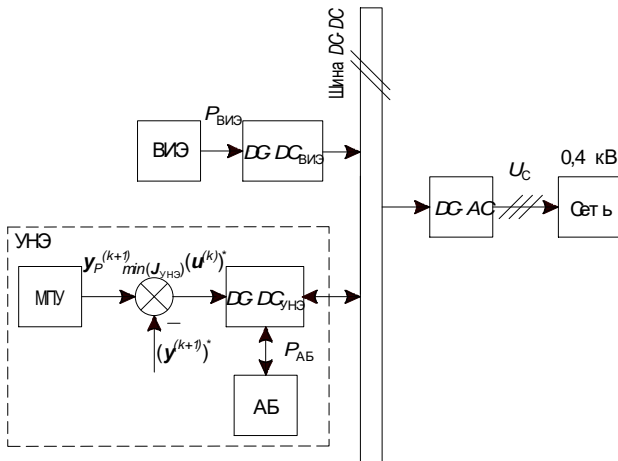


Рис. 2 Структурная схема подключения возобновляемого источника энергии и УНЭ к распределительной сети

Оптимальное управляющее воздействие  $(u^{(k)})^*$  на входе преобразователя (Рис. 2) основывается на минимизации целевой функции управляемого накопителя  $J_{УНЭ}$ , которая регулирует процессы заряда и разряда накопителя и позволяет получить желаемое состояние всей системы. Целевая функция сравнивает прогнозируемый результат системы  $y_P^{(k+1)}$  с референтным значением выхода системы  $(y^{(k+1)})^*$ . Прогнозируемые значения вектора выходных переменных вычисляются на основе модели прогнозирующего управления МПУ системы.

Так, основной принцип управления  $DC$ - $DC$  преобразователем



основывается на обратной связи по напряжению от шины постоянного тока  $U_{DC}$ . Для значения напряжения на шине учитывается заранее определенный диапазон значений, таким образом, контроллер определяет, какой режим следует активировать. Корректное отслеживание изменения параметров накопителя и сети способствует повышению энергоэффективности распределительной сети за счет оптимального по быстродействию управления системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волошин, Е.А., Исследование балансов мощности при внедрении возобновляемых источников энергии и накопителей электрической энергии в электрическую сеть / Е.А. Волошин, О.А. Онисова, А.А. Наволочный // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ — 2022. — № 3. — С. 11-22.

2. Обухов, С.Г. Двухконтурный накопитель энергии для гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии / С.Г. Обухов, И.А. Плотников, А. Ибрагим, В.Г. Масолов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2020. – Т. 331. – №1. – С. 64-76.

3. Жилин, Е.В. Перспективы применения накопителей электроэнергии в энергетических системах / Е. В. Жилин, С. В. Долгаль, А. Д. Малышева // Энергетические системы. – 2023. – № 3. – С. 32-41. – DOI 10.34031/es.2023.3.004.

4. Chen, S. A model predictive control method for hybrid energy storage systems / S. Chen. et al. // CSEE Journal of Power and Energy Systems. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 329-338.

5. Nisha, K.S. Predictive control of three level bidirectional converter in bipolar dc microgrid for ev charging stations / K.S. Nisha // 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy (PESGRE2020) – IEEE – 2020. – С. 1-6.

6. Чердинцев, А.А. Прогнозирующая система управления повышающего DC-DC-преобразователя с оптимизацией рабочей частоты / А. А. Чердинцев // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2022. – Т. 27, № 3. – С. 344-355.

*УДК 620.9:620.97*

*Маховицкий В.Г.*

*Научный руководитель: Рыбина А.В., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ АККУМУЛИРОВАНИЯ**

Особенности устройств возобновляемых источников, как низкая интенсивность и рассеянность, позволяют отнести их в разряд децентрализованного потребления к аккумулярованию и распределению на расстоянии. А энергию от этих источников не нужно будет передавать на многокилометровые расстояния, так как источники уже распределены территориально. Тем не менее, некоторые виды источников можно с успехом использовать в централизованных системах (например, масштабные гидроузлы). В связи с этим следует рассмотреть и механизмы крупномасштабного перераспределения энергии.

Однако выработка тепловой и электроэнергии как солнечными, так и ветряными электростанциями напрямую зависит от изменения погодных условий. В связи с этим очень трудно прогнозировать мощность, реально вырабатываемую такими электростанциями, и тем более изменять ее величину для удовлетворения требований потребителей.

Данную проблему можно решить путем аккумулярования энергии без потерь скоростей и мощностей разнородных станций. Выбор перспективных способов аккумулярования это электрические и тепловые.

Глобальное потребление энергии в целом за последние 7-8 лет существенно выросло, и с годом в год оно заметно растёт. А также населения планеты и неостанавливающийся процесс появления новых видов технологий и инноваций приводит к возрастанию энергопотребления и накоплению тепловой энергии, поэтому шаг к чистому источнику становится необходимым и играет важную роль для жизнеобеспечения, ЭКОстабильности энергосистем.

Аккумулярование электрической энергии. Электричество - это все явления, связанные с проявлением электронов в среде, окружающей атомы вещества и его аккумулярования этого вида энергии делаются большие сил в виде потенциальной или кинетической энергии.

Агрегаты, которые получают, поглощают, и выдают электроэнергию, называется аккумуляторной батареей. В настоящее время существует ряд технологий накопления электроэнергии, в том числе батарейные системы, сверхконденсаторы и гидроаккумуляции и др. Эти приборы могут сохранять избыточную электрическую энергию, получаемую возобновляемыми источниками, например, солнечными панелями, ветрогенераторами, и выдать её при необходимости для того, чтобы снабдить электричеством различные устройства сети.

Вот известные методы электро-аккумуляции:

– Батарейные аккумуляторы: эта девайс литий-ионный или ванадий, умеет сохранять энергию и отдать её при необходимости. Он масштабно используются в устройствах и системах, где необходимо сохранения электроэнергии.

– Суперконденсаторы: эти устройства могут хранить электрическую энергию в виде электростатической и обеспечивать высокий уровень производительности при быстром заряде и разряде. Они ищут применение в энергосистемах с высоким уровнем мощности. А также имеют высокую производительность при быстром заряде и разряде, что позволяет их использовать для высокоэффективного использования, например, для рекуперации энергии в автомобилях.

– Гидроаккумуляторы: эта технология использует систему гидравлическую, чтобы хранить и вырабатывать электроэнергию. Это может особенно пригодиться для сезонных накоплений энергий.

– Ванадиевые окислительно-восстановительных проточные батареи: эти батареи изготовлены на основе ванадиевых растворов и отличаются высокой эффективностью и длительным сроком эксплуатации. Это часто используется для систем коммерческого и промышленного хранения энергии, стабилизации сетей и её резервации.

Топливные элементы. В отличие от батарей и сверхконденсаторов в устройстве аккумуляции гидроаккумуляторов заложена совершенно иная концепция, когда в сети есть избыточная электроэнергия в выводе пиковой мощности ветрогенератора или солнечной панели, гидроаккумулятор опускает плунжерный блок, что разрешает расходовать лишнюю эту энергию на мехвоздействие. Когда потребление электроэнергии увеличивается, весовой блок или плунжер опускается в воду и вызывает вращение электрогенератора, а также генерацию электрической энергии.

Тепловое Аккумуляция. Тепловую энергию можно накопить и сохранить в будущем при помощи различных технологий и систем. Одним из самых распространенных методов накопления тепла является

применение теплового аккумулятора, который может хранить тепло как теплоноситель, такой как вода, масло или соль, и освободить его по желанию для сохранения тепла в помещениях, производственном процессе и иных целях. Такие системы эффективно управляют энергопотреблением, а также снижают затраты на отопление. Аккумулирование тепловой энергии может быть выполнено различными способами:

Тепловые насосы: они могут вырабатывать тепло из воздуха или из источников низкой температуры, повышать температуру его для применения в системах отопления и горячей воды. Основная концепция работы теплонасоса заключается в том, чтобы переносить тепло из одной среды в другое с помощью механической работы. Например, использования воздушного теплонасоса, применяемого для отопления помещений.

Таким образом, температура насоса преобразует холодный воздух из окружающей среды в теплое отопление помещения. Его работа основана на принципе термодинамических циклов и обеспечивает высокую эффективность при нагревании, используя куда меньшую электроэнергию, чем при традиционных электрических обогревателях. Теплоносители широко применяются в отоплении жилого дома, коммерческого здания, а также в отоплении воды.

Тепловые аккумуляторы: эти девайсы применяют материалы, имеющие большую теплоемкость, такие как солевые растворы для хранения тепла и после её опорожнения. Он может быть задействован для того, чтобы сохранять оптимальную температурную среду в доме или в производственных процессах.

Одним из примеров реального теплового аккумулятора является массовое применение солевого аккумулятора для накопления тепла в системах солнечной энергии. Эти устройства используют соли, такие как галит и калийнитрат, для хранения тепла и его последующей передачи в системы отопления или горячего водоснабжения.

Вот как это работает:

– Поглощение тепловой энергии: солнечные коллекторные панели, установленные на крыше дома или в специальных полях собирают солнечную энергию. Для нагревания солей в теплом резервуаре используется эта энергия.

– Сохранения тепла: после нагрева соли до высокой степени, они сохраняют тепло в изолированных резервуарах. Изоляция способствует предотвращению потери тепла, а также сохранению ее до того момента, пока не требуется дополнительное тепло или горячую воду.

– Отдача теплоты: когда нужно еще тепло допустим в прохладное время, когда энергичность солнца низка, то теплобатарея может отдать теплоту в горячий теплопотребитель. Это совершает взаимодействие теплоэнергии даже в мрачное время.

Такой тепловой аккумулятор широко применяется в системах солнечного теплоснабжения для домов и предприятий, а также промышленной индустрии. Они способствуют снижению энергозатрат на теплоснабжение и горячую воду и способствуют снизить зависимость от горючего топлива и снизить выбросы парникового газа.

Современные пути разработки и использования методы аккумулирования тепловой и электроэнергии:

– Повышение энергоэффективности: аккумулирование энергии оказывает оптимальному применению энергоресурсов. Особенно это актуально в условиях повышенного спроса на энергоресурсы и ограниченного запаса топливных ресурсов.

– Интеграция ВИЭ: энергия солнечная батарейных систем и ветряных турбины могут быть непостоянной. Аккумулировать энергию позволяет сохранить энергию, получаемую возобновляемыми источниками, для применения в период отсутствия активности солнца или ветра.

– Повышение надежности энергосистем: аккумулированная энергия применяется для резервации электросетей, обеспечения энергонадежности при авариях или отключениях.

– Экономические выгоды: использование накопленной энергии позволяет снизить затраты на электричество и тепло, что экономически выгодно потребителям.

Резюмирую, что, аккумулирование химической, тепловой и электрической энергии представляет собой важную и актуальную технологию и играет критическую роль в обеспечении устойчивости, эффективности и экологической чистоты, которая играет ключевую роль в современных энергетических системах. В связи с нынешним развитием технологий, расширением понимания необходимости устойчивого и сниженного выброса парниковых газов, накопление энергоресурсов продолжает расти, улучшаться и стимулировать создания устойчивого и чистого энергетического пространства.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кирвель И.И. Энергосбережение // Конспект лекций. 2007. С. 51-57.

2. Мельник, К. А. Аккумуляция тепловой и электрической энергии Thermal and electric energy accumulation / К. А. Мельник, Д. О. Маер, М. Д. Сытая; науч. рук. В. В. Кравченко // Актуальные проблемы энергетики – Минск : БНТУ, 2023. – С. 435-440.

3. Тепловое аккумуляция энергии – 2-е изд., перераб. и доп. / Г. Бекман; Под ред. Г. Бекман, П. Гилли. – М.: Издательство «Мир», 1987. – 272с.

4. Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии / Б. Соренсен. – М.: Издательство «Интеллект», 2011. – 296 с.

5. Гашо, Е.Г. Несколько стратегических аспектов развития энергетических систем / Е. Гашо, С. Белобородов // Энергетическая политика. – 2022. – № 12 (178). – С. 72-85.

*УДК 620.9:504.062.2*

*Маховицкий В.Г.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А, д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ**

Прогресс цивилизаций - это процесс замены труда человека другими источниками энергиями.

На сегодняшний день доля нефти составляет 44% энергопотребления, доля природных газов – 21%, доля угля – 22%. Другие 13% дают ядерное топливо, дизельное топливо и иные энергоресурсы. Существует четыре основные направления применения энергии:

– транспортные средства: автотранспорт, автобусные, самолетные, поездные, корабельные, тракторные, бульдозерные и др.;

– промышленность: металлургия, химсинтез, другие материалы, производство готовой продукции;

– контроль температуры: кондиционирование и отопление помещений, горячая вода;

– производство электрической энергии, необходимой для работы электрических моторов, которые приводят в действие самые разные приборы, светильники, бытовая и промышленная электротехника.

Нефть, газ и уголь часто называются ископаемыми топливами [1].

Хотя эти составляющие и образованы в результате биохимических процессов, все пополнение запасов их в процессе эксплуатации

исключено из-за двух причин. Прежде всего, условия Земли изменились, что уже не возникает существенного накопления органических веществ. Во-вторых, мы используем горючего ископаемых с скоростью гораздо большей, чем необходимая для его образования, скорость. Считается, что на сегодняшний день количество сырой нефти, которые расходуются сейчас, формировались естественным образом в течение нескольких тысяч лет.

Прежде всего, нужно по возможности снизить потребление нефти. Это подходит для любого сочетания двух главных подходов – энергосбережения и развития альтернативных энергоисточников.

Можно снизить потребление сырой нефти и иных традиционных топлива, заменяя их на другие энергоисточники [2].

**Ядерная энергия.** После катастрофы Чернобыльской АЭС в Апрель 1986 г. несложно понять, зачем интерес к АЭС изменился к недоверию. Если сравнить работу двух ТЭЦ и атомных электростанций одной мощностью 1000 МВт за год, то выясняется, что:

1. Потребность в топлива. Для ТЭЦ нужно 3,5 млн тонн угля, добыча этого количества открытыми способами нанесёт серьезный вред ландшафту и окружающей среде, а также кислотным выщелачиванием – грунтовым водам. Для атомной электростанции потребуется 1,5 тонн обогащенной руды, что составляет только 1000 тонн урановых руд.

2. Углекислый газ. Благодаря работе угольной ТЭЦ в атмосферу будет поступать более 10 миллионов тонн углекислых газов, что будет усугублять парниковые эффекты. Вообще АЭС не выделяет углекислый газ.

3. Двухокись серой и других компонентов, кислотные дожди. Эти загрязнения составят более 400 тысяч тонн на ТЭС, а на АЭС не будут образовываться.

4. Твердые отходы. Проблема захоронения их существует во всем случае. Радиоактивный отход АЭС составит примерно 2 тонн, на ТЭС будет образовано около 100 тысяч тонн золы.

**Гидроэнергетика.** За тысячелетия вода была использована для вращения различных лопастей, колес, канатов. Впрочем, Земля не имеет достаточного количества больших естественных вод, поэтому в XIX в. началось строительство тесных плотин с искусственным перепадом воды, что позволяет получать значительную гидроэнергию. При строительстве плотин произошло затопление ряда самых красивых речных долин, гибель их растительных и животных, исчезновение ценных сельского хозяйства, лесов и территорий, которые представляют археологический, геополитический интерес. В связи с тем, что расход воды через скважину ГЭС регулируется в соответствии

с потребностями в электричестве, уровень воды ниже течения может изменяться в течение суток от практически полного пересыхания до отметок паводка. Поэтому любые предложения по строительству новых электростанций должны рассматриваться с учетом компенсации доходов от электроснабжения экологическими и социальными ущербами, наносимыми в результате строительства гидроэлектростанции.

**Энергия ветра.** Ветер является одной из форм преобразованных солнечных энергий, поскольку его причиной является неравномерное нагревание Солнцем атмосферы. Сейчас это современные автомобили, которые называются ветротурбогенераторами. Чем большая площадь лопасти ветротурбины, тем больше ее позволяет лучи энергии, т.е. вдвое длиннее лопасти можно увеличить в четыре раза выход энергии из лопасти. Таким образом, установка с мощностью лопастей примерно 100 метров, расположенная на высоте около 60 метров на башне, при оптимальном быстром ветре дает мощность 2,5 МВт, достаточной для обеспечения энергоснабжения примерно 2500 домов. В большинстве регионов мира существуют территории, в которых ветры постоянно дуют, что дает возможность использовать ветротурбогенератор достаточно рентабельно [3].

**Солнечная энергия.** Эта кинетическая энергия излучения света, образующаяся в результате термоядерных реакций в недрах Солнца. Подсчитано, что примерно 1% солнечной энергии вполне достаточно для обеспечения всех нужд транспорта, промышленности и нашего быта не только сейчас, но и в обозримом будущем. Более того, вне зависимости от того, будем мы ее использовать или нет, на энергетическом балансе Земли и состоянии биосферы это никак не отразится.

Солнечная энергия на слой населения стоит на первом месте в мире, где в 90% коттеджах и большом количестве гостиниц и жилых домов имеются солнечные нагреватели. На территории Израиля солнечная энергетика обеспечивает 65% жилищ с горячим водоснабжением.

Основные источники энергии:

1. Солнечная батарея, изготовленная из специальных материалов, при падении энергии света возникает поток электрона, то есть просто электрического тока;

Такой подход нашел своеобразное применение в так называемой «энергобашне». Зеркала, установленные на площади нескольких гектаров, фокусируют свет солнечного света в котле, который находится на вершине храма. Высокая температура делает воду парным, приводящим в движение обычным турбогенератором. По



своей эффективности энергетическая башня может конкурировать с атомными электростанциями, а также, к тому же, может конкурировать с атомными электростанциями, а также не загрязняет окружающую атмосферу.

2. Солнечный пруд является еще дешевле и дешевле для того, чтобы уловить и снабжать солнечной энергией. Искусственные воды частично заполнены очень солёной воды поверх которой идет пресная водяная ванна. Плотность солёной воды намного выше, так что остается на дно, а верхний слой почти не смешивается. Солнечный свет без помех проходит по пресной воде, однако поглощается солёной водой и становится теплой. Верхний слой действует как изолятор, не давая нижнему остывать. Таким образом, в прудах солнечных применяется тот же принцип, как и в прудах парниковых, только землю и стекло здесь заменяют соответственно соленными и пресными водами. Поскольку пруд солнечный представляет собой высокоэффективное теплоаккумулирующее средство, с помощью которого можно непрерывно получить энергию [5].

**Энергия отливов и приливов.** Приливы и отливы, сменяющие друг друга два раза в сутки, также содержат огромную энергию. Предложено много интересных идей по использованию этого экологически чистого источника и незаменимого. Самый простой из предложений – построить плотину с турбинами вдоль устья морской бухты. Вода, проходящая в процессе прилива сквозь отверстия плотины, приводит в движение турбины, создавая электроэнергию. В процессе отлива наклоны лопасти меняются на противоположные, а генератор продолжает работать, не останавливаясь. На сегодняшний день в мире работают две приливные и отливные станции - нашей страны и Франции, а также два приливных и отливных станции. Производство электроэнергии в таких станциях рентабельно, если амплитуда колебаний воды не превышает 6 метров. На Земле около десятки месторождений, где такая величина достигает амплитуды отливов и приливов. Но и этот вид энергии имеет недостатки экологической природы.

Плотины приведут к существенному ухудшению окружающего окружения. Они задержат наносы, затруднят миграцию морских обитателей, нарушат сложившиеся циркуляционные механизмы и обмен морской и пресной вод.

Таким образом, обзор альтернативных энергоисточников свидетельствует о том, что только 3 источника энергии находятся на пороге масштабной промышленной внедрения: ветротурбины, солнцезащитные батареи, биогазы. Если к этому добавить

энергосбережения, то есть надежда на решение поставленных энергетических задач, поэтому строительство новой атомной и тепловой электростанций необязательно. Однако ещё некоторое время придется сохранять их в резерве для стабильного энергоснабжения [4].

В современном мире одна из самых актуальных задач, перед которой стоит наша страна – это снижение потребляемого энергоресурса и рациональное пользование энергоресурсами. Это можно достичь только при использовании в комплексе передовых технологий энергосбережения и внедрении организационных мер энергосбережения.

Основные направления энергосбережений в России:

- модернизация производства с использованием энергоэффективного оборудования и технологий;
- стимулирования потребителей более экономичного использования энергоресурсов посредством организационно-правовых мер, тарифных политик и субсидирования повышения энергоэффективности помещений.
- повышение энергоэффективности при строительстве зданий, сооружений и зданий;
- применение источников возобновляемой энергетики.

При этом для реализации энергосбережений в России требуется внедрение автоматизированных систем учета и расчета, а также в промышленности и жилой сфере. Только комплексные подходы, направленные на повышение энергоэффективности строительства и существующего здания, включая совершенствование действующего законодательства и использование конкретных механизмов экономического регулирования, могут способствовать широкому распространению строительной энергоберегающей техники в Российской Федерации [5].

Резюмирую, что энергосбережение – это создание систем, которые более эффективно используют энергию, то есть обеспечивают тот же или иной уровень транспортного обеспечения, освещение, отопление, производительность труда, и так далее, при меньшей энергозатрате, например:

- вдвое сокращен расход автомобильного горючего - с 18,2 до 9,1 л на 100 км пробега. Только это уже позволяет экономить около 2 млн баррелей сырой нефти в сутки;
- улучшив термоизоляцию помещений, можно снизить энергорасходы на отопление и охлаждение и сэкономить еще по меньшей мере миллиард баррелей нефти в год;

– экономия сырой нефти и других видов ископаемых топлива позволит смягчить парниковый эффект, связанный с выбросами в атмосферу двуокиси углерода, сократить масштабы кислотных дождей, снизить приземный уровень озона и других загрязнителей воздуха, возникающих в основном при сжигании этих энергоресурсов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власова, О.С. Курс лекций по дисциплине «Экология» для студентов специальности 657300 «Оборудование и агрегаты нефтегазового производства». – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – 35 с.

2. Гуцин, С. В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С. В. Гуцин, А. С. Семенов, Ч. Шень // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 5. – С. 31-43.

3. Пудовикова, А.И. Переход России на альтернативные источники энергии / А.И. Пудовикова, А.А. Разживина, М.В. Березюк // Система управления экологической безопасностью: сб. тр. XII заочн. межд. научно-пр. конф. (Екатеринбург, 30-31 мая 2018 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 183-188.

4. Петкевич, А.П. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. / А.П. Петкевич, Т.И. Тихомирова // Энергетические системы. – 2016. – № 1. – С. 128-132.

5. Никулин, Н.Д. Эффективность альтернативных источников энергии в современном мире [Электронный ресурс] / Н.Д. Никулин // Мат-лы VIII Межд. студ. электр. научной конф. «Студенческий научный форум». – М.: АЕ, 2017. – URL: <https://www.scienceforum.ru>.

*УДК 621.31*

*Мисинёв Д.Ю.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЭС ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РОССИИ**

На сегодняшний день российская электроэнергетика остается одной из крупнейших и ключевых отраслей в промышленности нашей страны [1]. Наряду с имеющимися гидро-, ветро-, и атомными электростанциями, существуют тепловые электростанции, которые основываются на преобразовании энергии первичных источников, таких как уголь, природный газ, торф и др, в электрическую энергию при помощи специальных конденсационных турбин. Их называют конденсационными электростанциями (КЭС). В отличие от ТЭЦ, конденсационные электростанции вырабатывают исключительно электроэнергию.

Исторически КЭС изначально были построены еще в СССР и имели аббревиатуру ГРЭС – государственная районная электростанция, в связи с наличием областного энергоресурса и принадлежности государству, а также из-за расчета подачи электроэнергии в конкретный энергетический район. Первое их появление на свет было в конце 19 – начале 20 века почти одновременно в России и США. Тогда их основной задачей было обеспечение крупных предприятий, которые возводились при индустриализации. После форсированного наращивания промышленности и распада советского государства, энергию следовало распределить по другим энергетическим районам, тогда термин «ГРЭС» потерял свой изначальный смысл.

На данный момент отечественные конденсационные паротурбинные электростанции составляют значительную. (рис. 1). Из этого следует, что в ближайшем будущем эти станции так и будут оставаться одним из основных источников выработки электроэнергии в РФ, при этом одной из важнейших задач является проведение модернизации и реконструкции оборудования и снижение издержек при эксплуатации предприятий с целью снижения себестоимости производства [2].

На 2020 год установленная мощность российских конденсационных электростанций, в сравнении с прошлым годом, увеличилась на 3213 МВт в связи с заменой и увеличением мощности

современного оборудования. Например, на новых КЭС устанавливают более экономичные паротурбинные агрегаты, которые были рассчитаны на продолжительность использования установленной мощности 5000 часов в год и более.

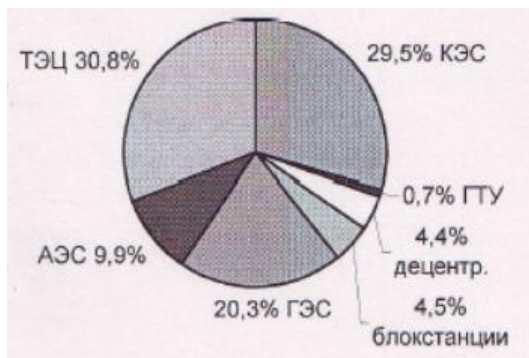


Рис. 1 – Структура электростанций в России

Как правило, такие конденсационные электростанции с мощными агрегатами по техническим и экономическим соображениям выполняют из нескольких автономных частей – блоков. Каждый такой блок состоит из электрогенератора, парогенератора, турбины и т.д. Часть вырабатываемой генераторами электроэнергии потребляется вспомогательным оборудованием: насосами, вентиляторами и др. [3].

Как показывает статистика, распространена тенденция построек КЭС в местах добычи топлива, транспортировка которого экономически невыгодна на большие расстояния, однако сейчас, проанализировав данную проблему, все чаще инженеры ведут строительство КЭС, работающих на природном газе, что позволяет по газопроводам перемещать его без экономических потерь на необходимые расстояния [4].

Принцип работы КЭС такой (рис. 2): в результате сжигания топлива образуется водяной пар высокого давления с температурой 540-600°C, который в свою очередь поступает по паропроводу в конденсационную турбину, валопровод которой соединен с ротором турбогенератора. Скорость вращения ротора составляет от 1500 до 3000 об/мин. В результате вращения механическая энергия преобразуется в электрическую, а отработавший пар поступает в конденсатор, где охлаждается водой из недалеко расположенных водоемов, называемых прудами-охладителями. Полученный конденсат насосом подают в деаэрактор, где происходит удаление из него газов, вызывающих

коррозию труб котла, после чего вода нагревается в теплообменниках и снова поступает в парогенератор. Для компенсации потерь воды в конденсатор дополнительно подают очищенную воду.

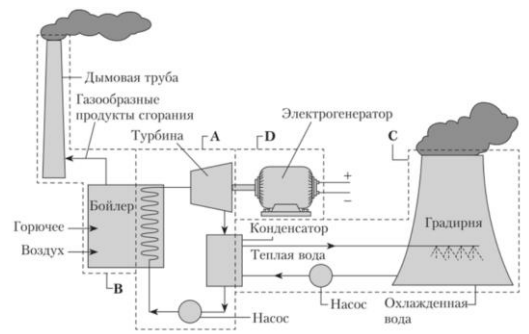


Рис. 2. Принцип работы КЭС

Исходя из принципа работы станции, стоит отметить, что при строительстве КЭС всегда одним из ключевых условий является наличие поблизости источника водоснабжения, а также устанавливаемая рядом с водоемом береговая насосная станция. Высокопроизводительные водяные насосы, которые создают подачу охлаждающей воды в конденсатор, располагают в машинном зале главного корпуса конденсационной электростанции [5].

Коэффициент полезного действия КЭС может достигать 40% (для сравнения, атомная станция имеет КПД в 32%), что объясняется значительными потерями тепла в окружающую среду. Поэтому в процесс внедряют вторичный промежуточный перегрев пара в котле, снижают давление при конденсации пара, повышают температуру конденсата и т.п.

Помимо КЭС, которые работают за счет обработки органического топлива, существуют также атомные конденсационные электростанции (АКЭС), геотермальные конденсационные электростанции (ГеоКЭС) и солнечные конденсационные электростанции, у которых солнечное излучение концентрируется за счет зеркал, установленных на стенках парогенератора.

Основные преимущества КЭС состоят в том, что энергия воды не истощается, а восстанавливается под действием энергии солнца и путем испарения воды, что зарекомендует такой вид добычи электричества, как «вечный» [6]. Также к преимуществам КЭС можно отнести экологичность в связи с использованием современных технологий по очистке выхлопных газов, а также работу на различных видах топлива

и возможность быстрого изменения объема производимой электроэнергии в зависимости от потребности. К недостаткам же следует отнести необходимость постоянного контроля над качеством воды и пара, а также возможность образования накипи на поверхностях нагрева и высокую стоимость строительства и обслуживания предприятия.

Таким образом, на основании рассмотренных принципа работ, а также характеристик и преимуществ с недостатками, можно сделать вывод о том, что тепловые электростанции и в будущем будут оставаться значительной частью сферы снабжения нашей страны электроэнергией. Они находятся в основе энергетического баланса, который требуется для решения основных проблем на сегодняшний день.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власова, А.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А.А. Власова, П.Н. Тарасюк, П.А. Трубаев // Образование, наука, производство. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 2929-2935.

2. Бондаренко, А.Н. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // А.Н. Бондаренко, Т.И. Тихомирова // Энергетические системы. – 2016. – № 1. – С. 45-50.

3. Трубаев, П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок / П.А. Трубаев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015.– № 2. – С. 140-147.

4. Суслов, Д.Ю. Развитие систем газоснабжения населенных пунктов Российской Федерации / Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2022. – № 1 (14). – С. 272-276.

5. Корниенко, А.Г. Атомная энергетика России сегодня / А.Г. Корниенко // Энергетические станции. – 2015. – №1. – С. 47-58.

6. Быстрицкий, Г.Ф. Основы энергетики [Текст]: учеб. для вузов / Г.Ф. Быстрицкий. - М.: Кнорус, 2014.- 350 с.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЮ ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ**

Для эффективного сбора информации по электропотреблению можно использовать различные методы и технологии. Основным способом является установка счетчиков электроэнергии с дистанционным считыванием данных. Такие счетчики позволяют автоматически передавать информацию о потреблении электроэнергии на центральный сервер, что обеспечивает оперативность и точность данных [1-3].

Кроме того, существуют специализированные программные решения для сбора и анализа информации по электропотреблению. Такие системы могут интегрироваться с различными устройствами и счетчиками, а также предоставлять возможности для мониторинга и управления потреблением энергии.

Для своевременной актуализации нормативных требований необходимо регулярно анализировать данные по электропотреблению, выявлять отклонения от установленных норм и принимать меры по их корректировке

Автоматизированная система сбора информации по электропотреблению обычно состоит из нескольких компонентов:

1. Счетчики электропотребления, которые устанавливаются на каждом электрическом приборе или внутри электрической системы здания. Эти счетчики собирают данные о количестве потребленной электроэнергии.

2. Система считывания данных, которая автоматически собирает информацию с счетчиков электропотребления. Эта система может быть подключена к центральному серверу для хранения и анализа данных.

3. Программное обеспечение для обработки и анализа данных. Это ПО помогает отслеживать электропотребление, выявлять потенциальные проблемы с энергоэффективностью и оптимизировать использование электроэнергии.

4. Визуализация данных, которая представляет информацию о потреблении электроэнергии в удобном и понятном формате. Например, графики, диаграммы и отчеты.



Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для сбора, обработки и анализа данных о потреблении электроэнергии в коммерческих организациях и населенных домах. АСКУЭ представляет собой иерархию из трех уровней (Рис. 1).

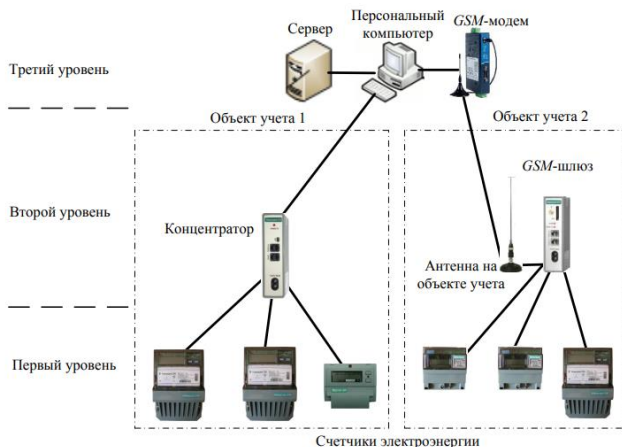


Рис.1 Структура АСКУЭ

На первом уровне находятся счетчики учета электроэнергии – устройства, устанавливаемые на объектах потребления электроэнергии для измерения объемов потребления, а также измерительные трансформаторы тока и напряжения

На втором уровне система сбора данных – программное обеспечение и оборудование, предназначенные для сбора данных с электросчетчиков и их передачи в центральную базу данных.

На третьем уровне технические средства приема-передачи данных, включающие центральные базы данных, пользовательский интерфейс, средства защиты и безопасности, средства управления.

АСКУЭ на объекте электроснабжения могут строиться на основе интеллектуальных счетчиков электроэнергии, на основе импульсных или с помощью их комбинации.

Интеллектуальные счетчики электроэнергии - это устройства, оснащенные технологиями для сбора и передачи информации о потреблении электроэнергии. Эти счетчики обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными счетчиками [4-6]:

1. Дистанционное считывание: интеллектуальные счетчики позволяют автоматически передавать данные о потреблении электроэнергии на удаленный сервер без необходимости вмешательства человека.

2. Мониторинг и анализ: благодаря возможности собирать данные о потреблении электроэнергии в реальном времени, интеллектуальные счетчики позволяют проводить более детальный мониторинг потребления и анализировать его по различным параметрам.

3. Оптимизация потребления: на основе данных, собранных интеллектуальными счетчиками, можно оптимизировать потребление электроэнергии, выявлять неэффективные процессы и принимать меры по улучшению энергоэффективности.

4. Гибкость и масштабируемость: интеллектуальные счетчики позволяют гибко настраивать параметры сбора данных, а также масштабировать систему в зависимости от потребностей пользователя.

Импульсные счетчики электроэнергии являются особой категорией счетчиков, которые используются для измерения электропотребления с помощью импульсов или сигналов. Обычно импульсные счетчики генерируют импульсы или сигналы с определенной частотой или пропорционально количеству потребленной электроэнергии.

Для передачи данных от импульсных счетчиков на центральный сервер или сборный пункт используется специальное оборудование, которое принимает сигналы и интерпретирует их для дальнейшей обработки.

Импульсные счетчики обычно предоставляют данные в виде последовательности импульсов, которые можно интерпретировать для определения общего объема потребленной электроэнергии. Для учета и анализа этих данных могут применяться специализированные программы или системы, способные обрабатывать импульсы и предоставлять информацию о потреблении электроэнергии.

С импульсных счетчиков данные собираются на специальные микропроцессорные устройства, получившие название сумматоров. Сумматор занимается суммированием импульсов, полученных от счетчиков электроэнергии, их масштабированием, получением средних значений за заданный интервал времени, хранением данных в энергонезависимой памяти и имеет цифровые интерфейсы для подключения к РС, к принтерам, модемам.

Программное обеспечение сумматоров позволяет осуществлять: сбор измерений и сервисных данных со счетчиков; подсчет импульсов

с различных устройств, а также проведение анализа и обработки полученных данных. Также с помощью программного обеспечения сумматоров можно создавать отчеты, графики и гистограммы для анализа и визуализации информации. Пользователь может настраивать параметры работы сумматора, устанавливать пределы срабатывания и проводить мониторинг работы устройства. Все это позволяет эффективно управлять процессом сбора и обработки данных, а также повышает качество и точность измерений.

Конечно, автоматизированная система сбора информации по электропотреблению является эффективным инструментом для своевременной актуализации нормативных требований в области энергопотребления [7-9]. Благодаря такой системе можно оперативно получать данные о потреблении электроэнергии, анализировать их и принимать обоснованные решения по оптимизации потребления энергии. Это позволяет не только следить за соответствием потребления электроэнергии установленным нормам, но и выявлять возможные сбои или неэффективные процессы, что помогает повысить эффективность использования ресурсов и снизить затраты [10, 11]. Такая система также способствует повышению прозрачности и контроля в области энергопотребления, что является важным элементом устойчивого развития предприятий и организаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тымчук, А. И. Методика контроля достоверности данных приборов учёта в АСКУЭ, на основе прогнозирующей модели электропотребления / А. И. Тымчук // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 2. – С. 140-153. – DOI 10.37882/2223-2966.2023.02.36. – EDN RTDYAU.

2. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. [и др.] Анализ фактических электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Московской области // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 20-28. – DOI 10.34831/EP.2022.41.57.003. – EDN HXYLKK.

3. Надтока И.И., Павлов А.В., Новиков С.И. Проблемы расчёта электрических нагрузок коммунально-бытовых потребителей микрорайонов мегаполисов // Изв. вузов. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 136 – 139.

4. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства // Электроэнергия.

Передача и распределение. – 2021. – № 5(68). – С. 60-65. – EDN DXVKQM.

5. Надтока И.И. Павлов А.В. Расчёты электрических нагрузок жилой части многоквартирных домов с электрическими плитами, основанные на средних нагрузках квартир // Изв. вузов. Электромеханика. – 2014. – № 3. – С. 36 – 39.

6. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. [и др.] Актуализация удельных электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Москвы и Московской области // Электричество. – 2023. – № 7. – С. 52-65. – DOI 10.24160/0013-5380-2023-7-52-65. – EDN IQAFRE.

7. Ахметшин А.Р., Солюянов Ю.И., Федотов А.И. [и др.] Расчет удельных электрических нагрузок жилых зданий на основании фактических замеров // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 313-323. – EDN AHMDJR.

8. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. [и др.] Актуализация удельных электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Москвы и Московской области // Электричество. – 2023. – № 7. – С. 52-65. – DOI 10.24160/0013-5380-2023-7-52-65. – EDN IQAFRE.

9. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. М.: ИНФРАМ, 2021. 416 с.

10. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Анализ удельных электрических нагрузок коттеджных поселков // Электричество. – 2024. – № 4. – С. 36-50. – DOI 10.24160/0013-5380-2024-4-36-50. – EDN UZDCMS.

11. Vyalkova S.A., Kornikova O. and Nadтока I. Development of mathematical models for the short-term forecasting of daily consumption schedules of active power by Moscow. – Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – vol. – 1901. – art. no. 012082. – DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012082.

## **ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Производство строительных материалов занимает лидирующие позиции как энергопотребитель и экономия энергии становится основной задачей отрасли. В среднем на 1 т готового продукта на предприятиях строительных материалов расходуется 50...100 кг у.т.

Полное теплоиспользование предприятия складывается из полезного тепловосприятия отдельных технологических процессов. Одним из направлений энергосбережения в данной сфере является создание комплексных технологий, обеспечивающих использование потенциала отходящих потоков различных стадий технологического процесса [1].

Существенной экономии топлива, и, как следствие снижения загрязнения окружающей среды, можно достигнуть за счет утилизации теплоты отходящих газов, использование которых еще недостаточно и составляет в среднем 30...40%, между тем как их доля в общем, балансе возможного использования тепловых вторичных энергоресурсов составляет 75% [2]. «Печи – наиболее крупный промышленный потребитель энергоресурсов, и поэтому здесь обязательно должны использоваться энергосберегающие технологии» [3].

Теплоутилизационные системы для печей привлекают наибольшее внимание, особенно сбросная теплота, так называемые вторичные энергоресурсы. Возможность использования теплоты отходящих газов для технологических и энергетических целей зависят от их температуры, теплового потенциала отходов и режима их поступления в теплоиспользующую установку. Кроме использования вторичных энергоресурсов экономия потребления первичных энергетических ресурсов осуществляется повышением коэффициента полезного действия (КПД) технологических установок и агрегатов [1].

В тех отраслях промышленности, где имеются производительные высокотемпературные установки, ступенчатое использование температурного потенциала уходящих газов печей и других агрегатов позволяет в ряде случаев исключить использование топлива для проведения низкотемпературных процессов, например сушки.

В цементной промышленности России около 90% произведенного цемента вырабатывается с использованием в качестве технологического топлива природного газа, а почти весь остальной – с использованием угля [4].

Замена природного топлива на альтернативное при производстве клинкера целесообразна и с точки зрения защиты окружающей среды, так как позволяет утилизировать отходы, используя их способность к горению. Специфика производства цемента, а именно: процесс обжига клинкера во вращающихся печах при температурах газового потока, достигающих 2000 °С и присадка к клинкеру образующейся при сгорании альтернативного топлива золы, дают возможность вторичного использования многих видов отходов в качестве альтернативного топлива [4].

Сжигание растительных отходов при низких температурах приводит к выбросам в атмосферу диоксинов и фуранов, эти вещества ядовиты и канцерогенны. Сгорание во вращающейся печи происходит при температуре выше 1400 °С, при этом все органические соединения разлагаются на безопасные углерод и водород.

Одним из видов растительных отходов является лузга, которая образуется при производстве подсолнечного масла. Лузга на предприятиях накапливается в огромном количестве – от одной до нескольких десятков тонн. Лузга, отделяемая от семян подсолнечника, представляет собой одревесневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с постоянным химическим составом и физико-механическими свойствами. Одним из вариантов выгодной утилизации данного отхода является применение его в качестве топлива при производстве портландцементного клинкера [5].

Топливо из лузги имеет существенные преимущества. Во-первых, это топливо дешевле угля. Во-вторых, оно соответствует экологическим нормам: при сжигании лузги углекислого газа выделяется не больше, чем при естественном разложении древесины, и не образуются вредные выбросы. В-третьих, зольный остаток составляет – до 7%. В-четвертых, теплотворная способность т сухого вещества подсолнечной лузги эквивалентна 19 МДж. По этому показателю лузга превосходит дрова – 14,6...15,9 МДж/кг и бурый уголь – 12,5 МДж/кг.

Наибольшая эффективность использования лузги как выгорающей добавки при мокром способе производства при вводе в отношении 2% достигается в результате их подачи в сырьевую мельницу.

Все большую актуальность приобретает замена части основного топлива на альтернативное, производимое в процессе переработки твердых коммунальных отходов. Твердые коммунальные отходы

(ТКО), это возобновляемый источник энергии, который при определенной обработке и сортировке, позволяет использовать свою химическую энергию в энергетических и иных целях, без существенных ограничений. Примером такого обработанного топлива на основе ТКО является Refuse Derived Fuel или RDF – топливо [6].

RDF - топливо, производится за счет измельчения, сепарации и обезвоживания ТКО. В стадии сепарации отходов отбирается горючая фракция с высоким теплосодержанием. В зависимости от требований заводов RDF – топливо может быть получено в виде спрессованных брикетов или пеллет [7]. Основным показателем качества RDF-топлива является его теплота сгорания, которая зависит от содержания горючих веществ. RDF-топливо с химическим составом, приведенным в таблице 1, имеет теплотворную способность равную 18383 кДж/кг.

Таблица 1 - Элементный состав топлива

Состав природного газа							
CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	W
96,42	1,64	0,399	0,132	0,0278	0,183	1,17	0,3
Состав RDF, %							
Cp	Hp	Sp	Np	Op	Wp	Ap	Σ
43,19	6,14	0,19	0	20,47	15	15	99,99

Низкая калорийность и достаточно грубые фракции не позволяют в значительном количестве использовать такое топливо в основной форсунке, обеспечивающей высокую температуру в зоне спекания клинкера. Поднять эксергетические показатели такого топлива, возможно за счет интенсификации его сжигания в среде, обогащенной кислородом [6].

Перспективным направлением увеличения доли кислорода в воздухе служат мембранные установки. Мембранный метод основан на том, что мембрана выборочно пропускает через себя различные газы. Разделение газов на мембране достигается таким образом, что при повышенном давлении, находясь в составе воздуха, они разделяются на «быстрые» и «медленные». На поверхности и внутри мембраны создаётся разница в парциальных давлениях, кислород как быстрый газ успевает пройти сквозь волокно мембраны, а азот как медленный газ, накапливается и выводится отдельно, при этом движущей силой процесса является разность химических потенциалов веществ по обе стороны мембраны. Полимерная мембрана состоит из пористого волокна, с внешней стороны покрытого специальным газоразделительным слоем, толщина которого не превышает 0.1 мкм,

благодаря чему обеспечивается высокая удельная проницаемость газов через полимерную мембрану. На данный момент полимерные вещества обладают высокой селективностью, что позволяет получать продуцируемый газ с высокой степенью очистки (до 45 %) [6].

Сжигание RDF-топлива, полученного из твердых коммунальных отходов, с получением энергии является одним из перспективных методов их утилизации [8]. По теплотехническим свойствам RDF-топливо во многом подобно древесине, проблемой является образования вредных веществ из-за содержания в отходах пластика, тяжелых металлов, соединений серы [9]. Высокая температура в цементной печи позволяет полностью уничтожить все вредные вещества, но при этом необходимо учитывать влияние золы топлива, присаживающегося к клинкеру, на его состав [10]. Так же температура горения RDF топлива несколько ниже, чем у природного топлива [11], что также необходимо учитывать при работе печи.

«Сжигание RDF-топлива как альтернативного источника энергии в среде с повышенным содержанием кислорода в количестве 24 %, позволит снизить расход природного газа на 42 %, что обеспечит значительную экономию в статье расходов на топливо, при условии, разумеется, что RDF обойдется дешевле газа» [6].

Мировой опыт показывает, что цементная промышленность является уникальным и эффективным утилизатором широчайшего спектра техногенных отходов – от металлургических шлаков, зол ТЭЦ, осадков очистных сооружений, отходов переработки сельхозпродукции, нефти, газа, отходов деревообработки и целлюлозно-бумажной промышленности до бытового мусора и изношенных автомобильных покрышек. Стоимость утилизации отходов при этом гораздо ниже стоимости их обезвреживания на специальных установках, требующих значительных капитальных и операционных затрат [4]. Что в свою очередь приводит к снижению влияния

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Губарева, В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов / В. В. Губарева // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 486-489.
2. Губарева, В.В. Некоторые экологические аспекты утилизации вторичных энергоресурсов // Рациональное природопользование как фактор устойчивого развития. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – С. 186-192.



3. Трубаев, П.А. Энерготехнологический анализ высокотемпературных процессов и аппаратов производства силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2007. – № 1. – С. 11-13.

4. Шахвердиев, А.Н. Использование различных видов растительных отходов в качестве альтернативного топлива при производстве цемента // Межд. научно-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2016 года. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – С. 434-438.

5. Ремезов, М.А. Использование альтернативного топлива на вращающейся печи мокрого способа при производстве портландцементного клинкера // Межд. научно-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посв. 165-летию В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2018 года. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – С. 3421-3426.

6. Сжигание RDF-топлива с использованием кислородного дутья / В.М. Коновалов, И.П. Мошков, А.С. Федоров и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 10. – С. 79-86.

7. Зинченко, М.Г. Технология переработки твердых бытовых отходов и осадков сточных вод в органоминеральные удобрения / М.Г. Зинченко, В.П. Шапорев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 149–152.

8. Щекин, И.И. Сравнительный анализ методов утилизации ТБО / И.И. Щекин, П.А. Трубаев // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. межд. научно-техн. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 156-160.

9. Корнилова, Н.В. Разработка методики теплотехнических расчетов по приведённым характеристикам RDF-топлив / Н.В. Корнилова, П.А. Трубаев // Энергетические системы. – 2018. – № 1. – С. 214-223.

10. Трубаев, П.А. Интенсификация процесса обжига цементного клинкера при использовании техногенных материалов / П.А. Трубаев, П.В. Беседин // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – № 10. – С. 54-55.

11. Особенности сжигания отходов с получением энергии / П.А. Трубаев, И.И. Щекин, Н.В. Корнилова, Б.М. Гришко // Научные технологии и инновации. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – С. 105-109.

## НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧИ

Цементные вращающиеся печи являются сложными объектами с большим количеством взаимосвязанных параметров, характеризующимися сложными тепломассообменными, физико-химическими и химическими процессами обжига клинкера [1].

Вращающаяся печь представляет собой длинный, расположенный слегка наклонно цилиндр (барaban), сваренный из листовой стали с огнеупорной футеровкой внутри (рис. 1). Длина печей: при сухом способе – 95 м, а при мокром способе – 185...230 м. Диаметр печи 5...7 м.

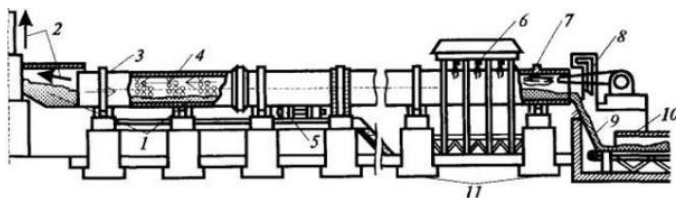


Рис. 1. Схема вращающейся печи:

- 1 – сырьевая шихта; 2 – горячие газы; 3 – вращающаяся печь; 4 – цепные завесы, улучшающие теплообмен; 5 – привод; 6 – водяное охлаждение зоны спекания печи; 7 – факел; 8 – подача топлива через форсунку; 9 – клинкер; 10 – холодильник; 11 – опоры

Вращающиеся печи работают по принципу противотока. Сырье в виде порошка (сухой способ) или в виде шлама (мокрый способ) подается автоматическим питателем в печь со стороны ее верхнего (холодного) конца, а со стороны нижнего (горячего) конца вдувается топливо (природный газ, мазут, воздушно-угольная смесь), сгорающее в виде факела на протяжении 20...30 м длины печи. Горячие газы поступают навстречу сырью. Сырье занимает только часть печи по поперечному сечению и при ее вращении со скоростью 1...2 об/мин медленно движется к нижнему концу, проходя различные температурные зоны.

Цементный клинкер выходит из вращающейся печи в виде мелких камнеподобных зерен-гранул. По выходе из печи клинкер интенсивно охлаждается с 1000 до 100...200 °С. После этого клинкер выдерживается на складе от 1 до 2 недель [2].

Один из способов модернизации печи заключается в установке устройства подачи воздуха в цилиндрическую часть печи. К корпусу печи крепится воздушный поток для режима подачи воздуха, который работает как теплообменник. Данная конструкция крепится к корпусу печи, на которой дополнительно устанавливается проскальзывающее кольцо, что бы была возможность вращения печи без устройства подачи воздуха. Данное кольцо соединено герметично с цилиндрическим корпусом, чтобы исключить потери воздуха и материала, который находится внутри печи. Нижний конец внешнего банджа описанного скользящего кольца, снабжен упругой опорой. В месте подачи воздуха размещается кольцевой воздуховод, скользящее кольцо и уплотнитель.

Принцип действия данного устройства заключается в том, что механизм для подачи воздуха находится на опоре, затем оно соединяется с кольцевым соединением, а оно в последующей очереди соединяется со скользящим кольцом, которое крепится на корпус печи с помощью упругой муфты. Скользящее кольцо использует механическую обработку для контроля зазоров и посадки, а также используется смазка данного кольца, чтобы снизить сопротивление трению и использовать его в виде уплотнения. Также оно соединено с упругой опорой, чтобы устранить воздействие кругового биения при вращении корпуса печи и деформации данной конструкции. В данном механизме используется стопорная пружина, которая при скольжении вверх и вниз по наружному уплотняющему кожуху, будет гарантировать плотное соединение [3].

Таким образом, использование устройства подачи воздуха в цилиндрическую часть печи по сухому способу производства цемента позволит улучшить качество производимого продукта, за счет создания внутри корпуса вихря из горячего воздуха, который будет двигаться вдоль всего корпуса печи и прогревать ту часть, в которой находится шлам [3].

Одним из способов совершенствования вращающихся печей для повышения их производительности в цементной промышленности, является модернизация рекуператора вращающейся печи.

Использование рекуператорных холодильников на конце вращающихся печей является наиболее совершенным решением. Рекуператорные охладители состоят из барабанов (рекуператоров), которые располагаются у выходного отверстия вращающейся печи.

Данные холодильники монтируются при помощи сварки к концу корпуса вращающейся печи, тем самым осуществляется совместное вращение рекуператоров и корпуса. Для замены рекуператоров, предусмотрены сменные патрубки, из жаропрочного чугуна. Это позволит производить их замену по мере их износа [4].

По мимо использования охладителей рекуператорного и барабанного типа, также используют холодильники колосникового типа. Барабанные охладители являются наименее эффективным способом охлаждения, так как рубашка устанавливается по всей длине противоточных горячих потоков. В результате чего значительно снижается эффективность охлаждения.

На рис. 2 изображена схема рекуператорного охладителя. Принцип действия рекуператорного охладителя заключается в засасывании охлаждённого воздуха в рекуператор, после чего он возвращается подогретым в печь. Таким образом происходит постоянный процесс охлаждения и подогрева воздуха в печи.

При совершенствовании данного типа охладителей инженеры смогли нормализовать температуру циркуляционного воздуха, интенсифицировать процесс и повысить эффективность теплообмена.

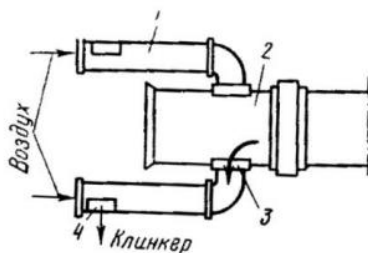


Рис. 2. Схема рекуператорного охладителя во вращающейся печи:  
1 – барабан; 2 – печь; 3 – лейки; 4 – отверстие разгрузочное

На рис. 3 показана схема модифицированного рекуператорного охладителя.

Клинкер из печи поступает в рекуператор (2) через патрубки (3). Материал охлаждается за счет воздуха, который подается в холодильник. Также еще дополнительным охлаждением служат полки (4), которые подхватывают материал и верхней точки сбрасывают его вниз в виде каскада.

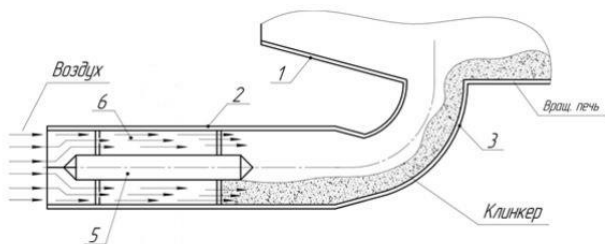


Рис. 3. Схема рекуператорного охладителя: 1 – корпус; 2 – охлаждающие трубы; 3 – патрубки; 4 – полки пересыпные; 5 – вставка цилиндрическая; 6 – зазор

Применение данной модернизации, позволит добиться наилучшего теплотехнического эффекта, значительно повысит температуру вторично поступающего воздуха в печь, а также позволит сократить количество потребляемого топлива для работы печи, что в сумме обеспечит высокий экономический эффект [5].

Тепловая работа клинкерного холодильника во многом влияет на эффективность работы печи и расход топлива на обжиг клинкера [6]. Вопросы теплового расчета и оптимизации работы колосникового холодильника рассмотрены в работе [7], а методы повышения эффективности работы на основании данных контрольной аппаратуры – в работе [8].

Производство строительных материалов занимает лидирующие позиции как энергопотребитель и экономия энергии становится основной задачей отрасли [9]. На данный момент всё ещё разрабатываются различные технологии, направленные на сбережение нашей окружающей среды и обеспечение комфортных условия для жизни людей. Модернизация вращающихся печей ведёт к сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов и уменьшает уровень загрязнений вредными веществами [10]. Так же совершенствование устройства печи ведёт к увеличению срока службы рабочих органов привода, их ремонтпригодности, а также уменьшению металлоёмкости [5].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нусс, М.В. Управление работой цементной вращающейся печи // М.В. Нусс, П.А. Трубаев, В.К. Классен // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 61-65.

2. Строительное материаловедение / В.Д. Котляр, С.Н. Курилова, И.В. Мальцева, А.А. Наумов. – Ростов-на-Дону: Донской ГТУ. – 2021. – С. 89.

3. Совершенствование конструкции вращающейся печи / С.И. Анциферов, А.В. Карачевцева, А.С. Бочарникова и др. // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвуз. сб. ст. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – С. 12-17.

4. Оптимизация энергоэффективности футеровки шаровых барабанных мельниц / В.С. Богданов, С.И. Анциферов, Д.В. Богданов, П.А. Хахалев // Цемент. – 2021. – № 4. – С. 1–4.

5. Направление совершенствования рекуператорного охладителя вращающихся печей / М.Ю. Мокшина, В.П. Попов, А.Д. Кожемяков, А.Ю. Давыдов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвуз. сб. ст. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – С. 252-256.

6. Некоторые направления энергосбережения в производстве цемента / П.В. Беседин, П.А. Трубаев, О.А. Панова, Б.М. Гришко // Цемент и его применение. – 2011. – № 2. – С. 130-134.

7. Беседин, П.В. Энерготехнологический анализ процессов в технологии цементного клинкера / П.В. Беседин, П.А. Трубаев – Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. – 452 с.

8. Трубаев, П.А. Расчет тепловых балансов печей для обжига цементного клинкера в условиях недостатка контрольной информации / П.А. Трубаев // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. – 2009. – Т. 52. – № 2. – С. 112-117.

9. Губарева, В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов / В.В. Губарева // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 486-489.

10. Бондаренко, А.Н. Современные методы снижения загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями по производству строительных материалов / А.Н. Бондаренко // Межд. научно-техн. конф. молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – С. 4137-4142.

*Раков А.Ю., Тарасов С.Р*

*Научный руководитель: Боровская О.Ю., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ГРАДИРНИ

Градирни являются значительным элементом современных промышленных предприятий и систем охлаждения, снабжая эффективное уменьшение температуры воды и поддержание оптимальных рабочих параметров технологического оборудования [2]. Сегодня градирни являются особенно действенными охлаждающими устройствами в промышленности. Данные устройства используют на промышленных предприятиях, атомных электростанциях и ТЭЦ для отвода тепла от технологического оборудования. В связи с этим появляется необходимость непрерывного улучшения методик расчёта охлаждения воды в градирнях, выработки рекомендаций и технических предложений по увеличению их эффективности. Для подбора градирни инженеры-теплотехники учитывают множество факторов, которые служат начальными данными для расчетов.

Среди факторов выделяют:

- Климат места расположения
- Характеристика атмосферного воздуха
- Расход воды
- Качество воды
- Присутствие примесей
- Размещение градирни относительно других объектов

По итогам вычислений выбирается тот или иной тип градирни [2].

Принцип работы градирни прост. Процесс охлаждения теплоносителя в градирнях протекает за счет испарения воды и теплообмена с атмосферным воздухом. Вода в градирне стекает по оросителю, стекает каплями или тонкой пленкой. В это время вдоль оросителя проходят потоки воздуха. При этом наблюдается эмпирическая зависимость: 1% испарившейся воды остужает другие 99% на 5,7°C. В среднем открытые градирни испаряют около 2% поступающей к ним воды.

Особенно сложным элементом башенной градирни является вытяжная башня, конструкция которой определяется материалом, из которого ее сооружают. Горячая вода поступает в градирню, где в зависимости от типа и ее конструкций происходит охлаждение до

необходимой температуры.

Охлаждение теплоносителя может осуществляться:

- Обратным потоком атмосферного воздуха (вентиляторные градирни)

- За счет распыления горячей воды форсунками на специальный наполнитель с площадью, по которому вода растекается тонкой пленкой и за счет медленного течения охлаждается (башенные градирни)

- За счет охлажденных потоков воздуха, подаваемых из атмосферы (сухие градирни)

В любом случае вода вступает в контакт с воздухом, отдавая ему часть своего тепла и тем самым охлаждаясь. Приобретая требуемую температуру, вода обратно поступает в теплообменные аппараты для их охлаждения.

По принципу подачи воздуха, градирни делятся на:

- Башенные
- Вентиляторные
- Сухие

**Башенные.** Башенные градирни (рис. 1) являются самым распространенным типом охлаждающих систем на промышленных предприятиях. Главный элемент таких градирен - это высокая башня, высота которой зависит от условий местности, в которой расположена градирня.

Принцип работы такой градирни основан на конвенции воздуха. Горячая вода распыляется с верхней части башни и стекает вниз. Охлаждается вода за счет контакта с воздухом, который движется вверх по градирне из-за создаваемой внутри разнице температур. Этот процесс приводит к испарению некоторой части воды и эффективному охлаждению жидкости.

Высота башенных градирен может достигать нескольких десятков метров, как пример можно взять градирни на КуАЭС-2, высота которых составляет 179 метров. Строятся такие градирни обычно из материалов, устойчивых к коррозии и атмосферным воздействиям, таких как бетон и стеклопластик. Важнейшей частью башни является наполнитель, которые увеличивает площадь контакта воды и воздуха, что повышает эффективность охлаждения.

Башенные градирни чаще всего используют на больших промышленных предприятиях, таких как АЭС и ТЭС. Эксплуатация башенных градирен довольно выгодна в экономическом плане, однако их строительство требует немалых затрат и большой площади для размещения [3].





Рис.1 Башенные градирни

**Вентиляторные.** Вентиляторные градирни (рис. 2) используются для охлаждения жидкости с помощью принудительной циркуляции подаваемого воздуха. Принцип работы такой градирни основан на передаче тепла воды воздуху. Горячая вода подается на водораспределительное устройство с разбрызгивающими соплами, затем разбивается на мелкие капли и распределяется по всему объему градирни. Одновременно на встречу воде через воздухозаборные окна подается поток воздуха. Нагретая вода выбрасывается в атмосферу, а охлажденная собирается в водосборнике и подается на оборудование для его дальнейшего охлаждения.

Эффективность охлаждения воды может регулироваться изменением подачи воздуха вентиляторами. При отрицательных температурах атмосферного воздуха, требуемое охлаждение воды может обеспечиваться без принудительной подачи воздуха [4].

Такого рода градирни используют в разных отраслях промышленности, включая АЭС и ТЭС. Также их используют в судостроении, авиации, химической промышленности, металлургической и машиностроительной. Так же вентиляторные градирни могут применяться на предприятиях военно-промышленного комплекса [2].

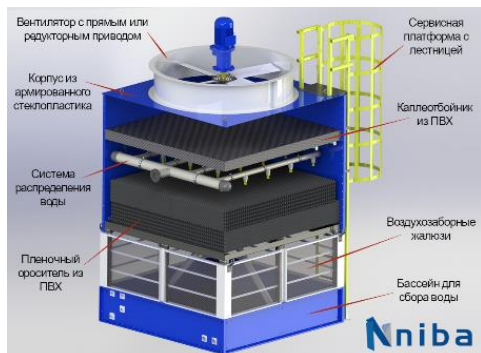


Рис.2 Вентиляторная градирня

**Сухие.** Сухие градирни (рис. 3) используют для охлаждения теплоносителя без использования воды. Такая градирня состоит из теплообменника, по трубкам которого течет теплоноситель и вентилятора для подачи воздуха. Теплоноситель отдает свое тепло воздуху и нагретый воздух выбрасывается в атмосферу [5].

Такие градирни имеют ряд преимуществ перед мокрыми градирнями. Сухие градирни более экономичны, так как потребляют меньше электроэнергии. Такие градирни более надежны, потому что в них отсутствуют движущие части, которые могут быть подвержены износу и коррозии [6].

Сухие градирни получили широкое применение в разных отраслях промышленности, таких как ТЭС и химические предприятиях. Так же такие градирни применяют на деревоперерабатывающих производствах, машиностроительных предприятиях. Сухие градирни так же применяют в пищевой промышленности, на молочных заводах и пивоварнях.



Рис.3 Сухая градирня

Градири являются важными устройствами охлаждения теплоносителей в разных отраслях промышленности. Градири используются на энергетических предприятиях, таких как АЭС, ТЭС, ГРЭС. Так же их используют в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий [1]. Башенные, вентиляторные и сухие градирни имеют свой ряд преимуществ и недостатков, и выбор между ними зависит от условий где они будут использоваться и требований для чего эти градирни будут использовать. Башенные градирни более дешевы в эксплуатации, но требуют больших площадей. Вентиляторные градирни обеспечивают более качественное охлаждение, но требуют больших затрат электроэнергии для работы вентиляторов. Сухие градирни более надежны из-за меньше подверженности износу, но сильно зависят от температуры атмосферного воздуха.

В заключение стоит сказать, что градирни имеют широкий спектр применений в различных отраслях и сферах промышленности, включая энергетику, химическую промышленность, военную промышленность и т.д. Они могут решать проблемы, связанные с охлаждением теплоносителей на разных предприятиях. Не смотря на свои преимущества и недостатки, градирни могут сделать энергетический комплекс нашей страны гораздо чище, что будет оказывать положительный эффект на окружающую среду и экономику России.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пономаренко В.С. Градири промышленных и энергетических предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев – 1998. – С. 55.
2. Гладков В.А. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84) / В.А. Гладков, Ю.И. Арефьев, В.С. Пономаренко – 1987. – С. 3.
3. Молчанова Е.С. Энергоэффективная эксплуатация градирен в зимний период / Е.С. Молчанова // XV Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» – 2023 – Ч.14. – С. 147-148.
4. Вераксих Д.М. Методические указания по эксплуатации вентиляторных градирен / Д.М Вераксих, А.Ш. Вассерман – 1997. – С. 3-4.
5. Мартыненко О.Г. Справочник по теплообменникам / О.Г. Мартыненко – 1987. – Т.2. – С.89.
6. Саввин Н.Ю. Исследование эффективности охлаждения пластинчатого теплообменника конденсатора промышленной холодильной машины при различных скоростях вращениях

**УДК 621.039.566**

*Родионов И.А., Харитонов Б.М.*

*Научный руководитель: Беляков А.А., канд. техн. наук, доц.*

*Ивановский государственный энергетический университет*

*им. В.И. Ленина, г. Иваново, Россия*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДПИТКИ И БОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРВОМ И ВТОРОМ ЭНЕРГБЛОКАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС-2**

Основной задачей эксплуатации АЭС является выработка электроэнергии с минимальным риском возникновения аварийных ситуаций, которые могут повлечь за собой угрозу населению, а также окружающей среде. Поэтому системы, которые обеспечивают безопасную работу АЭС требуют более детального исследования. Однако, нельзя учесть все возможные дефекты на этапе проектирования и конструирования, некоторые недостатки оборудования могут быть обнаружены только при эксплуатации.

Система подпитки и борного регулирования имеет один из высших приоритетов по вопросам безопасности. С ее помощью осуществляется управление цепной реакцией деления и недопущение критичности при перегрузке топлива.

Работа посвящена изучению возможности и целесообразности модернизации системы подпитки и борного регулирования первого и второго блоков Ленинградской АЭС – 2.

Теплообменники КВА40АС001 работают в условиях большого градиента температур, что приводит к образованию неплотностей в местах сварки и вальцовки трубок в трубных досках и, как следствие, к образованию течи теплоносителя из первого контура в промконтур системы охлаждения ответственных потребителей. Предметом работы является анализ возможных путей модернизации системы для повышения надежности.

В ходе исследования были выполнены следующие задачи:

- разработана модель требуемого участка системы подпитки и борного регулирования в среде SimInTech;
- отлажена работа смоделированной системы в режиме работы реакторной установки «на мощности»;

- проанализирован опыт эксплуатации системы подпитки и борного регулирования и предложены возможные варианты модернизации данной системы;

- проведена экономическая оценка вариантов модернизации.

Изначально рассматривалось два варианта модернизации участка системы. В первом варианте предлагалось резервирование теплообменника аварийного вывода теплоносителя КВА40АС001. В данном случае в трубопровод врезается байпасная линия с установленным теплообменником. Дополнительно устанавливаются электроприводные арматуры КВА40АА104,105. А также делаются дополнительные трубопроводы охлаждающей воды с арматурами КВА62АА105,106,107,108. Схема данного варианта модернизации приведена на рисунке 1. Красным цветом обозначены новые элементы системы.

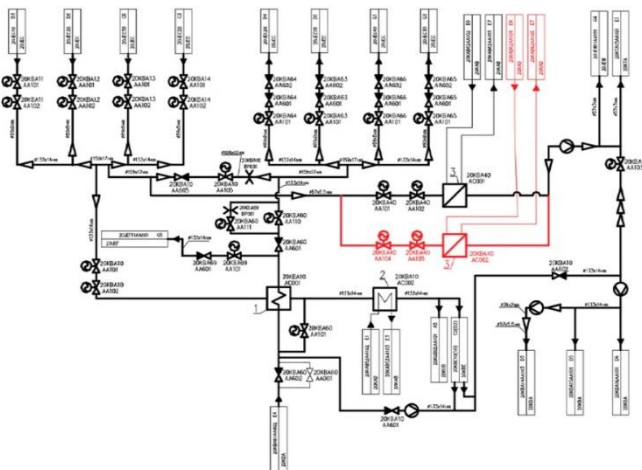


Рис 1 – Схема модернизации системы КВА путем резервирования: 1 – РТО КВА10АС001; 2 – доохладитель КВА10АС002; 3 – теплообменники аварийного вывода теплоносителя КВА40АС001,002

Второй вариант предполагал дооснащение участка новой трубопроводной линией, которая врезается после доохладителя продувки КВА10АС002 и осуществляет подачу на уплотнения ГЦНА. Новая линия снабжается арматурой КВА40АА104 и обратным клапаном КВА40АА601. Схема представлена на рисунке 2, красным цветом обозначены новые элементы системы.

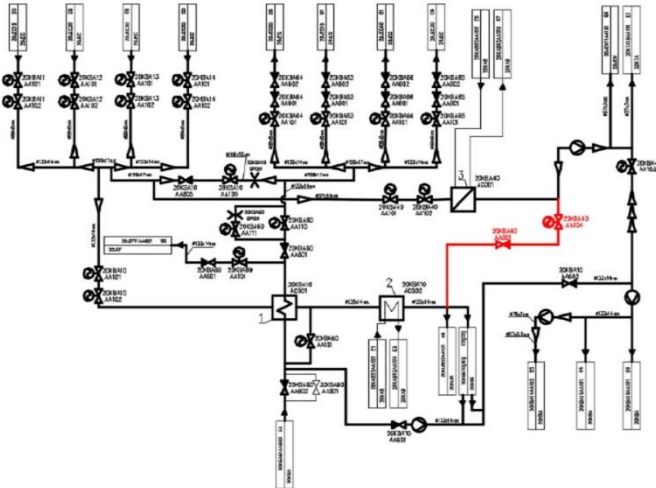


Рис. 2 – Схема модернизации системы КВА путем линии с арматурой КВА40AA104: 1 – РТО КВА10АС001; 2 – доохладитель КВА10АС002; 3 – теплообменники аварийного вывода теплоносителя КВА40АС001; 4 – доохладитель КВА40АС002

В ходе исследования также производился оценочный экономический расчет расходов на данные варианты модернизации. Исходя из полученных результатов моделирования и технико-экономических соображений был сделан вывод о том, что оптимальным вариантом модернизации данной системы является добавление линии с арматурой КВА40AA104. Данный вариант удовлетворяет всем требованиям безопасной эксплуатации данной системы и является наиболее экономически выгодным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисов, В.П. Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций / В. П. Денисов, Ю. Г. Драгунов – М.: ИздАТ, 2002. – 480 с.
2. Ефимов, А.В. Совершенствование и оптимизация моделей, процессов, конструкций и режимов работы энергетического оборудования АЭС, ТЭС и отопительных котельных / А. В. Ефимов, Л. В. Гончаренко, Т. В. Потанина [и др.] – Харьков: Учебник НТУ «ХПИ», 2013. – 376 с.

3. Денисов, В.П. Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций / В. П. Денисов, Ю. Г. Драгунов– М.: ИздАТ, 2002. – 480 с.

**УДК 658.5**

*Рыбаков И.Д., Меньшиатов А.М., Шайнуров Р.Д.  
Научный руководитель: Рябенков Н.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Россия*

## **МЕТОДЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБУЧАЮЩИХ ТРЕНИНГОВ**

Бережливое производство является одним из ключевых подходов к повышению эффективности и конкурентоспособности предприятий в современной промышленности [1-3]. Этот метод стремится к минимизации потерь и оптимизации производственных процессов с помощью различных инструментов и подходов. Однако успешная реализация концепции Бережливого производства требует не только технических инноваций, но и активного участия и развития персонала. В этом контексте обучающие тренинги играют ключевую роль, обеспечивая необходимые знания и навыки сотрудников для эффективной работы в новых условиях. В данной статье рассматривается значимость обучающих тренингов в контексте Бережливого производства, а также их влияние на повышение производственной эффективности и качества продукции [4-6].

Внедрение обучающих тренингов с использованием методов Бережливого производства может быть эффективным способом обеспечить успешную реализацию принципов Бережливого производства и улучшить производственные процессы. Вот несколько шагов, которые могут помочь в этом процессе: оценка текущего состояния: Первым шагом является оценка текущего состояния производственных процессов и идентификация областей, требующих улучшения. Это может включать в себя анализ потоков материалов, оценку эффективности использования ресурсов и выявление потенциальных источников потерь [7]; определение обучающих потребностей: на основе результатов оценки определяются области, где сотрудники нуждаются в обучении и развитии навыков для эффективного применения методов Бережливого производства. Это может быть обучение по методам «Канбан», «Kaizen», управлению качеством и т.д.; разработка программ обучения: разрабатываются

обучающие программы, которые соответствуют обнаруженным потребностям и адаптированы под специфику вашего предприятия. Обучение может быть как формальным, так и неформальным, включая лекции, семинары, практические занятия, тренинги на рабочем месте и т.д.; проведение обучения: организация обучающих мероприятий, включая планирование расписания, подготовку материалов и привлечение квалифицированных тренеров или инструкторов. Обеспечьте активное участие сотрудников и руководства в обучении; применение в повседневной практике: поддержка применения изученных методов в повседневной практике. Обеспечивается создания условий для применения новых навыков и поощряйте сотрудников к использованию полученных знаний на практике [2]; оценка результатов: проводится оценка результатов внедрения обучающих тренингов, включая измерение изменений в производственной эффективности, качестве продукции, снижении потерь и улучшении процессов. Вносятся коррективы в обучающие программы и процессы в зависимости от полученных результатов.

Идентификация ключевых проблем и успешных практик при внедрении обучающих тренингов с использованием методов Бережливого производства является важным этапом для определения факторов успеха и обеспечения устойчивого развития производственного процесса [1]. Ниже приведены основные аспекты идентификации ключевых проблем и успешных практик:

Одной из ключевых проблем, может быть, отсутствие достаточного понимания сотрудниками основных принципов и методов Бережливого производства, что затрудняет их эффективное применение в работе. Если руководство предприятия не проявляет достаточной заинтересованности и поддержки в реализации обучающих тренингов и методов Бережливого производства, это может привести к недостаточной мотивации сотрудников и неполному внедрению изменений. Если обучающие тренинги не соответствуют реальным потребностям и процессам предприятия, то их эффективность может быть снижена, и обучение может быть воспринято как изоляционное от повседневной практики. Отсутствие системы оценки эффективности обучающих тренингов и их влияния на производственные процессы может затруднить определение успешных практик и коррекцию проблемных аспектов [3].

Обучающие тренинги играют ключевую роль в успешной реализации методов Бережливого производства на предприятии. Они обеспечивают необходимые знания и навыки сотрудников для эффективного применения в повседневной деятельности. Внедрение



обучающих тренингов с использованием методов Бережливого производства способствует улучшению производственных процессов, сокращению потерь, повышению качества продукции и общей эффективности предприятия. Эффективность обучающих тренингов зависит от их адаптации к конкретным потребностям и особенностям предприятия, а также от активной поддержки со стороны руководства и участия сотрудников.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каниюкова В. П. Бережливое производство: основные инструменты и принципы бережливого производства // Аллея науки. – 2018. – Т. 1, № 7(23). – С. 642-647. – EDN XWOLZJ.

2. Маслов И. Н., Маслова Г. Д. Организация обучения студентов (слушателей) методам бережливого производства с использованием обучающих тренингов // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество: Материалы VIII Всероссийской научно-методической конференции. В 3-х томах, Казань, 18 мая 2018 года. Том 2. Казань: КГЭУ, 2018. С. 184-190. EDN ZATWKT.

3. Аглиева В. Ф. Внедрение инструментов "Бережливого производства" для улучшения качества производства продукции // Техника и технологии: пути инновационного развития – Курск. 2015. – С. 15-18. – EDN UATIXJ.

4. Дятлова Д. В., Савельева Д. С., Маслов И. Н. Бережливое производство для энергосистем и промышленных производств // Научно-производственный бизнес: устойчивое развитие экономики и ESG-трансформация: Материалы IV инновационно-образовательного Кампуса – 2022. 2022. С. 67-70. EDN IDBQSW.

5. Антонова И. И., Маслов И. Н., Маслова Г. Д., Хадиева А. Т. Использование обучающих тренингов для приобретения навыков бережливого производства // Эффективные системы менеджмента: качество и цифровая трансформация: материалы VIII международного научно-практического форума. Том Часть I. Казань: Издательство "Познание", 2019. С. 61-65. EDN FSXZOZ.

6. Zhilkina Y., Vodennikov D., Maslov I. Mechanism of business entities innovative development management (organizational and economic approaches) // E3S Web of Conferences. SES 2019. Vol. 124. 2019. P. 04019. DOI 10.1051/e3sconf/201912404019. EDN BLAWVN.

7. Ломоносова А. А., Маслов И. Н. Потенциал развития энергетики в современных условиях // Международная научно-

техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова: Сборник докладов, Белгород. Том Часть 14. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 190-193. EDN IАНРОG.

*УДК 621.311*

*Саенко А.А.*

*Научный руководитель: Прасол Д.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ**

В Российском электросетевом комплексе с каждым годом растёт спрос к внедрению цифровых технологий. Проектирование и внедрение цифровых подстанций является одним из приоритетных направлений концепции «Цифровая трансформация 2030», разработанной и утверждённой советом директоров ПАО «Россети». Цифровой подстанцией называется высокоавтоматизированная подстанция, в которой всё оборудование находится в единой цифровой среде, то есть подключено к единой сети, а организация по передаче, приёму и управлению потоками информации при решении задач мониторинга, анализа и удалённого управления технологическими процессами осуществляется в цифровой форме в режиме единого времени на базе открытых протоколов международного стандарта МЭК 61850 [1].

Цифровая подстанция начинается с предоставления данных о процессах в первичной электрической цепи в цифровом виде, то есть необходимо наличие данных о мгновенных значениях токов и напряжения электрической системы в цифровой форме.

В настоящее время на объектах электроэнергетики при измерении первичных значений токов и напряжений используются преимущественно традиционные электромагнитные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН), принцип действия которых основан на явлении электромагнитной индукции. Кроме традиционных преимуществ электромагнитных измерительных трансформаторов при применении их на цифровых подстанциях проявляются определённые недостатки и ограничения, которыми являются:

- передача аналоговых сигналов тока и напряжения;

- насыщение магнитопровода электромагнитного ТТ аperiodической составляющей тока короткого замыкания (КЗ) и отсутствие передачи информации о первичном токе в первые периоды аварийного переходного процесса, (приводящее к увеличению времени срабатывания и неселективной работе релейной защиты и противоаварийной автоматики) когда эта информация наиболее необходима системам РЗА и ПА для успешной локализации и ликвидации аварии;

- воздействие электромагнитных наводок на провода вторичных цепей тока и напряжения;

- значительное количество вторичных кабельных связей.

В связи с этим возникает проблема интегрирования аналоговых электромагнитных измерительных трансформаторов в единую сеть мониторинга и контроля электрических измерений на цифровой подстанции. Одним из решений данной проблемы является замена аналоговых измерительных трансформаторов на измерительные трансформаторы с цифровым выходом, соответствующие протоколу МЭК 61850-9-2, в котором описаны методы для передачи оцифрованных мгновенных величин электрической системы (SV-токи).

В виду того, что импорт продукции цифровых устройств зарубежного производства в настоящее время затруднен или невозможен, то необходимо рассматривать и внедрять выпускаемые отечественной энергетической промышленностью цифровые устройства.

На данный момент одними из наиболее перспективных производителей, специализирующихся на создании передового инновационного цифрового оборудования для электроэнергетических объектов являются такие научно-производственные компании как ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы» совместно с Ивановским государственным энергетическим университетом имени В.И. Ленина и АО «Профотек».

Электрооборудование данных производителей пользуется вниманием и спросом, а также в настоящее время применяется на действующих объектах электросетевого комплекса.

В разработанных коллективом ИГЭУ совместно с компанией ООО НПО «ЦИТ» цифровых измерительных трансформаторах используются несколько первичных датчиков тока, выполненных на различных физических принципах: малогабаритный трансформатор тока, пояс Роговского, датчик постоянного тока (ДПТ), делитель напряжения. Такое сочетание даёт более значимое с точки зрения надёжности

функциональное резервирование. Датчики осуществляют преобразование первичных электрических величин (тока и напряжения) для дальнейшего преобразования их в цифровую форму электронным блоком. Электронные блоки выполняют преобразование выходных сигналов первичных преобразователей в цифровой сигнал, его обработку и передачу измеренных значений силы тока и напряжения переменного и постоянного тока устройствам релейной защиты и автоматики, коммерческого учёта электроэнергии и другим устройствам на подстанции в соответствии с протоколом МЭК 61850-9-2 [2].

Разработанные цифровые трансформаторы тока (ЦТТ) и напряжения (ЦТН) являются одними из первых устройств для цифровых подстанций, обладающих функциями самодиагностики в режиме реального времени, что позволит в будущем перейти к малообслуживаемым подстанциям. Внутренняя самодиагностика и мониторинг основных параметров позволяют повысить надёжность работы и перейти к обслуживанию по состоянию. Использование нетрадиционных первичных преобразователей тока и напряжения, обладающих значительными преимуществами перед электромагнитными трансформаторами (отсутствие явлений насыщения магнитопровода и феррорезонанса, широкий частотный диапазон измерения), позволяет перейти к разработке новых алгоритмов РЗА и коммерческого учёта электроэнергии, которые повысят надёжность функционирования энергосистемы и точность измерения параметров [3].

Общий вид ЦТТ и ЦТН (110-220 кВ) опорного исполнения производства ООО НПО «ЦИТ» представлен на рисунке 1.

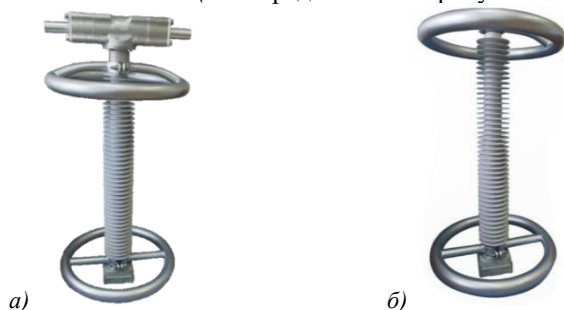


Рис. 1. Цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения (110-220 кВ) производства ООО НПО «ЦИТ»: а – ЦТТ; б – ЦТН

Продукцией компании АО «Профотек» являются электронные волоконно-оптические трансформаторы тока (ТТЭО) и электронные

трансформаторы напряжения (ЭТН), на основе которых формируются решения для цифровой интеллектуальной энергетики и энергоёмких производств [4].

Функционирование ТТЭО основывается на физическом принципе поворота вектора поляризации светового потока под действием магнитного поля (эффект Фарадея в специальном оптическом волокне). При протекании тока вокруг проводника возникает магнитное поле, которое оказывает влияние на поляризацию света, проходящего по контуру измерительного волокна и скорость распространения световых волн по контуру становится разной, между волнами на выходе из контура возникает относительный фазовый сдвиг. Таким образом, задача измерения тока волоконно-оптическим методом сводится к точному измерению относительного фазового сдвига между световыми волнами, который прямо пропорционален току в первичной цепи [5].

Принцип работы электронных трансформаторов напряжения основывается на применении резистивного (до 13 кВ) или ёмкостного (свыше 100 кВ) делителя, установленных на подставке со встроенным модулем аналого-цифрового преобразователя (АЦП). ЭТН выполняется на базе ТТЭО и отличается только тем, что вместо токопровода измеряемого тока используется прецизионный высоковольтный токоограничительный резистор. Фактически ЭТН измеряет ток, протекающий через токоограничительный резистор, который строго пропорционален измеряемому напряжению сети [6].

Далее в электронно-оптическом блоке ТТЭО и ЭТН выполняется преобразование измеренных электрических сигналов тока и напряжения в цифровой сигнал.

Общий вид ТТЭО и ЭТН (110-145 кВ) производства АО «Профотек» представлен на рисунке 2.

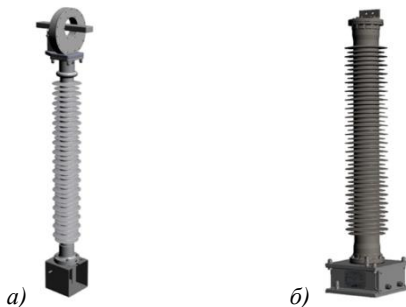


Рис. 2. Цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения (110-145 кВ) производства АО «Профотек»: а – ТТЭО; б – ЭТН

Основные метрологические и технические характеристики

рассматриваемых цифровых измерительных трансформаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные метрологические и технические характеристики цифровых измерительных трансформаторов производства ООО НПО «ЦИТ» и АО «Профотек»

Наименование характеристики	Значение			
	ООО НПО «ЦИТ»		АО «Профотек»	
	ЦТТ	ЦТН	ТТЭО	ЭТН
Номинальное напряжение (U <sub>н</sub> ), кВ	6-220	6-220	6-750	6-750
Номинальный первичный ток, А	10-40000	–	200-40000	–
Ток электродинамической стойкости, кА	30	–	169	–
Ток термической стойкости, кА	30	–	69	–
Номинальная частота, Гц	50 или 60	50 или 60	50 или 60	50 или 60
Класс точности для измерений	0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1,0	0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0	0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1,0	0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0
Класс точности для защиты	5; 5P; 5TPE; 10P	3P; 6P	5TPE; 5E	3P; 6P
Температурный диапазон работы, °С	-40...+60	-40...+60	-60...+60	-60...+60
Межповерочный интервал, лет	8	8	8	8
Цифровой стандарт	МЭК 61850-9-2	МЭК 61850-9-2	МЭК 61850-9-2	МЭК 61850-9-2
Протокол синхронизации времени по входу	1PPS; PTP	1PPS; PTP	1PPS; PTPv2	1PPS; PTPv2

Анализ цифрового электрооборудования отечественных производителей показывает, что рассмотренные цифровые измерительные трансформаторы соответствуют инновационной концепции электросетевого комплекса по приоритетному направлению «Цифровая подстанция». Рассмотренные производители достигли в направлении производства инновационных цифровых измерительных трансформаторов достаточно высоких показателей, а выпускаемая продукция не уступает зарубежным аналогам.

В итоге можно выделить основные преимущества при переходе от традиционных аналоговых измерительных трансформаторов к цифровым измерительным трансформаторам:

- соответствие концепции инновационного развития электроэнергетики по направлению «Цифровая подстанция»;
- возможность формирования выходного сигнала в соответствии с протоколом МЭК 61850-9-2;
- точное воспроизведение форм кривых токов и напряжения в нормальных и переходных режимах (не подвержены явлениям феррорезонанса, магнитного насыщения и остаточной намагниченности);
- значительное сокращение суммарной длины электрических кабелей и вторичных цепей;
- взрыво- и пожаробезопасность (даже при внутреннем повреждении высоковольтной изоляции взрыва и пожара не произойдет).

Также стоит отметить о необходимости работы над снижением стоимости специализированного цифрового оборудования и над упрощением процессов ввода в эксплуатацию и эксплуатации [7].

Таким образом, поэтапное и постепенное внедрение цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения на подстанциях позволит ускорить переход энергообъектов от традиционных аналоговых сигналов к цифровым, что в свою очередь позволит повысить уровень автоматизации, управляемости, наблюдаемости, а также надёжности и селективности работы средств релейной защиты и автоматики.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Прасол Д.А., Саенко А.А. Концепция модернизации электрических подстанций в энергосистеме Белгородской области с применением цифровых технологий и решений // VIII международная научно-техническая конференция «Энергетические системы» (ICES-2023В). 2023. № 3. С. 42-50.

2. ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы»: цифровые измерительные трансформаторы: официальный сайт. URL: <https://digitrans.ru/> (дата обращения 13.04.2024).

3. Лебедев В.Д., Яблоков А.А., Филатова Г.А., Литвинов С.Н., Панащатенко А.В., Готовкина Е.Е. Исследование характеристик и перспективы использования цифровых трансформаторов тока и напряжения // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 2

(47). С. 22-27.

4. АО «ПРОФОТЕК»: профессиональные волоконно-оптические технологии: официальный сайт. URL: <https://profotech.ru/> (дата обращения: 15.04.2024).

5. Рожнов Е., Карпов Д. Электронные трансформаторы тока и напряжения для полного мониторинга электросетей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2014. № 3 (24). С. 100-103.

6. Рожнов Е. Электронные трансформаторы тока и напряжения – измерительные приборы для цифровых подстанций // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 6 (39). С. 88-90.

7. Гуревич В.И. Оптические трансформаторы тока: нужно быть реалистами // Электрические сети и системы. 2010. № 4. С. 73-76.

*УДК 621.311*

*Седнев В.О., Мисинёв Д.Ю.*

*Научный руководитель: Рыбина А.В., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ, ГИБРИДНЫЕ УСТРОЙСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Всем известно, что Российская Федерация - самая большая страна по площади и одна из лидеров по добыче полезных ископаемых (природный газ, нефтепродукты, уголь, железо и другие). При этом плотность населения не равномерная, и, в настоящее время, ведущие специалисты пытаются исправить эту ситуацию, создавая различные льготы для увеличения численности жителей Сибири и Дальнего востока. В связи с этим, возникает резкая необходимость разработки новых комплексов и наращивания объемов производства уже имеющихся автономных энергокомплексов. Потому что без них невозможно построить новые предприятия, жилые помещения, муниципальные здания в чистом поле, которое значительно отдаленно от стабильных и больших источников электроэнергии.

Также автономные электростанции необходимы для поддержания узлов связи и других важных объектов, которые могут работать в автоматическом режиме или дистанционно. Примером такого комплекса может быть: автономный контейнер связи ЭНЕРГО-КД2х24/230. Он показан на рис. 1.





Рис.1. Энергокомплекс ЭНЕРГО-КД2х24/230

Контейнер, изображенный на фото, установлен в Чукотском автономном округе. Он предназначен для питания постоянным током с напряжением 48 вольт оборудования связи, при этом обеспечивает его бесперебойную работу не менее 12 месяцев. Может применяться в разных широтах и работает в диапазоне температур от минус 60°С до плюс 55°С. Принцип работы заключается в накоплении электроэнергии в аккумуляторных батареях и отдачи её потребителям, когда они разряжаются, то запускается один из двух дизель-генераторов. Комплекс имеет бак объёмом 12 000 литров.

В связи с трудностью доставки и постоянным удорожанием, а также проблем ограниченности углеводородов и нефти, приходится задумываться о альтернативных источниках энергии. И для этого разработали различные связки гибридных энергосистем. Они подходят для достаточно ветренных и солнечных районов. Существуют связки:

- ветрогенератор + дизель;
- солнечные панели + дизель;
- ветрогенератор + солнечные панели + дизель и др.

Применение того или иного сочетания зависит от климата и места установки. В качестве резервного источника в каждой связке выступает дизельный электрогенератор. Принципиальная схема показана на рис. 2.

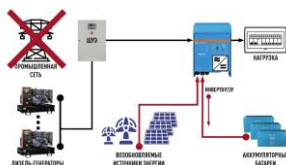


Рис. 2. Схема генерации энергии от возобновляемых источников и дизель-генераторов с накоплением энергии в аккумуляторных батареях.

При использовании энергии солнца и ветра, а также дизельных генераторов можно достигнуть до 2 лет автономной работы, без участия в процессах человека.

Ярким примером таких схем является установка: ЭНЕРГО-К2х3,0М3.2.G20-1,5, эксплуатируемая в Красноярском крае для электроснабжения базовой станции сотовой связи. Мощность станции составляет 3кВт. Общий вид установки приведён на рис.3. Она состоит из:

- двух контейнеров, которые могут быть выполнены в двух исполнениях – утеплённые или без утеплителя (зависит от температуры окружающей среды);
- два дизель генератора с номинальной мощностью 14кВт и напряжением 230В;
- аккумуляторные батареи;
- два топливозапасника общим объёмом 5000 литров;
- ветрогенератор мощностью 5 кВт. (по возможности располагается на вышке).

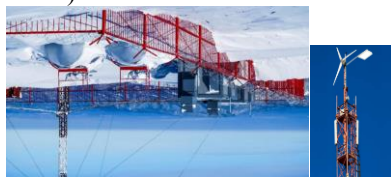


Рис. 3. Энергокомплекс К2х3,0М3.2.G20-1,5.

Многие регионы России нуждаются в дешевой энергии, и этот вопрос очень важен для развития страны. Поэтому необходимо уделить внимание автономным энергокомплексам, которые могут применяться для электрофикации узлов связи, технологического оборудования, задвижек на газе и нефти в проводах, военных нужд и других. Можно сделать вывод, что такое оборудование с каждым годом будет больше и больше пользоваться спросом, а значит нужно развивать эту отрасль.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузык, Б.Н. Альтернативная энергетика в свете проблем инновационной деятельности в России / Б.Н. Кузык // Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями – М.: Инфра-М, 2009. – 624 с.

2. Нестеров, М.Н. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага / М.Н. Нестеров, П.А. Трубаев, М.Ю. Михайлова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 208-211.

3. Разработка и исследование гибридного автономного источника электроэнергии на базе фотоэлектрической солнечной электростанции и дизеля / Г.Г. Константинов, В.В. Криворотова, Н.П. Слюнкин, Д.С. Федосов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – № 12. – С. 169-184.

4. Энергоснабжение малых населенных пунктов. Направления устойчивого развития / В.К. Аверьянов, В.Н. Толмачев, А.И. Тютюнников и др. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 31. – С. 459-467.

5. Шелгунов, А.В. Экономическая эффективность применения автономных источников электропитания / А.В. Шелгунов // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. – 2019. – Т. 2 (1). – С. 50-57.

**УДК 620.91**

***Седнев В.О., Мисинёв Д.Ю.***

***Научный руководитель: Рыбина А.В., ст. преп.***

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИИ И МИРЕ С 2021 ПО 2024 ГОД**

Согласно исследованиям группы ученых из США, Канады и Австралии, датированным 2013 годом («Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature», 2013) [1], а также научному обществу Корнелльского университета в 2021 году – пагубное вмешательство человека повлияло на глобальное потепление в мире. Был проведен скрупулёзный матанализ порядка 90 000 работ, в которых значительное большинство ученых пришло к выводу, что именно использование ископаемого топлива (газ, уголь, нефть и тд) привело к изменению климата на всей планете.

Благоразумный и единственный выход из сложившейся ситуации предложили в 2015 году 195 стран, подписавшие знаменитое Парижское соглашение о «энергопереходе», согласно которому возможно остановить нагрев Земли.

Энергопереход подразумевает под собой переход с использования ископаемых топлив на более экологичные источники – возобновляемые [2]. Однако, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), хоть и

считаются экологичными, так как при их использовании отсутствует выделение вредных веществ, радиоактивных отходов и углекислого газа, данные источники энергии, согласно мнению многих европейских специалистов, не смогут в полной мере обеспечить постоянным питанием жилые здания и производства. Возобновляемые источники ВИЭ – это потоки энергии, возникающие в атмосфере и на поверхности планеты в результате взаимодействия веществ, сил и энергий [3].

Главные источники ВИЭ – это вода, воздух и солнечный свет. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), солнечная энергия к 2030-ому году займет порядка 75-80% мощностей за счет новых солнечных панелей, которые смогут производить более 4000 ТВт в час, а в 2030-2035 году доля солнечной и ветряной энергии увеличится до 35%, что значительно продвинет ВИЭ в значимости использования по сравнению с ископаемым топливом [4]. Такую тенденцию в большей степени вводят в таких странах, как Германия, Дания и Нидерланды. Данные страны планируют выделять целые участки территории и даже создавать искусственные острова для размещения солнечных панелей и ветряных электростанций. Такие решения позволят вырабатывать около 110 ГВт\*ч электричества в год.

Несмотря на многочисленные преимущества ВИЭ, необходимо упомянуть и перечислить весомые недостатки:

- «Зеленую» энергию достаточно дешево добывать, не прикладывая огромных усилий, но достаточно дорого передавать. Согласно данным Международного энергетического агентства, передача ветряной энергии приходится компаниям почти в 3 раза дороже, по сравнению с угольными теплоцентралями;

- ВИЭ сильно зависят от природных условий: на скорость ветра влияют ландшафт и погода в регионе, а продолжительность световых суток меняется в течение года.

Борясь с этими недостатками, энергокомпании производят постоянное улучшение и модернизации в способах добычи «зеленой» энергии – в солнечной энергетике, с недавнего времени, стали применять перовскит (татанат кальция): он является самым перспективным материалом для создания более тонких панелей в солнечных батареях (см. рис.1) [5]. Из-за крайне полезных свойств перовскита появилась возможность увеличивать полезную площадь солнечных панелей и получать, тем самым, еще больше энергии.

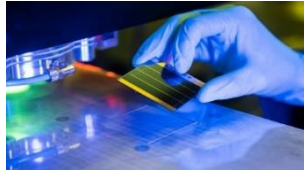


Рис. 1 Панель из перовскита

General Electric предложила размещать ветровые станции на воде – так как из-за берегового эффекта скорость ветра на воде выше, чем на суше, что позволит обеспечить более стабильную работу ветряков и увеличить объем энергии. А также, обсуждается вопрос о расположении ветряков на возвышенностях, где есть стабильно высокие воздушные потоки.

В России принято считать, что возобновляемые источники энергии развиты слабо, несмотря на многие попытки внедрения ВИЭ в производства. В частности, из-за мнения о неспособности энергии ветра и солнца бесперебойно снабжать целые предприятия электричеством и из-за крайней нехватки квалифицированных специалистов, размер отечественного рынка «зеленой» энергетики занимает меньше одного процента от мирового рынка. Однако, наша страна имеет с недавних пор положительную тенденцию на рост значимости в стране ВИЭ, что дает неплохую перспективу на будущее: к 2021 году было запланировано увеличить долю ВИЭ в энергобалансе страны до 15% к 2040 году, кроме того, было введено 1400 МВт солнечных и ветровых электростанций, что позволило в полтора раза увеличить установленную мощность объектов ВИЭ, выработка за год возросла почти в 75%, а к 2035 году в развитие отечественной «зеленой» энергетики планируется привлечь инвестиции на 1 триллион рублей.

Таким образом, можно сказать, что определённая тенденция в развитии ВИЭ абсолютно точно наблюдается, финансисты отмечают возросший интерес инвесторов в возобновляемую энергетику, а существующие недостатки ВИЭ инженеры-энергетики стараются устранить или свести к минимуму. Однако, стоит уточнить, что увеличение использования возобновляемых источников энергии – это не единственный выход из сложившейся опасной ситуации на планете. Совершенно понятно, что производствам и компаниям необходимо перестать выделять углекислый газ или найти выход для компенсирования выбросов за счет углеродно-отрицательных проектов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cook, J. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature / J. Cook, D. Nuccitelli // Nano Letters. – 2013. – №8. – С. 2-3.
2. Нестеров, М.Н. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага / М.Н. Нестеров, П.А. Трубаев, М.Ю. Михайлова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 208-211.
3. Елистратов, В.В. Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и России / В.В. Елистратов – М: Институт Народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2008. – 70 с.
4. Друбецкий, Я.Н. Особенности организации инноваций в сфере нефтедобычи / Я.Н. Друбецкий // Экономика природопользования. – 2005. – № 5. – С. 64-68.
5. Наноимпринтированные нанопроволоки из галоидного перовскита с решетками прямой записи. / А.П. Пушкарев, И.С. Синев, К.С. Ладутенко и др. // Фотоника и наноструктуры – 2023. – № 3. – С. 53-60.

*УДК 620.92*

*Селезнева И.В., Гобокан Е.Н.*

*Научный руководитель: Рыбина А.В., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ РОССИИ

Человек всегда находится в тесном контакте с энергоресурсами, которые, в свою очередь, оказывают большое влияние на стабильность функционирования общества [1]

Российская Федерация обладает значительными запасами энергетических ресурсов и входит в список самых обеспеченных энергоресурсами стран. Потребление энергии постоянно растет, и проблема ухудшения состояния окружающей среды стала более серьезной. [2] И сейчас одной из приоритетных задач государства является энергосбережение. Еще в далеком 2014 году вышел приказ, в котором указывалось о требовании создания программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

организаций с участием государства, [3] а это значит, что и медицинские учреждения попадают под эту программу. Важно понимать, что медучреждения являются потребителями огромного количества топливно-энергетических ресурсов, на оплату которых бюджет ежегодно тратит огромные суммы, поэтому тема энергосбережения в этой сфере является особо актуальной. [4]

Существует несколько направлений по снижению энергозатрат – уменьшение затрат на отопление и горячее водоснабжение (ГВС), освещение, замена оборудования в учреждениях. Для полного понимания, что нужно изменить, проводится энергоанализ, результат которого является повышение энергетической эффективности медицинского учреждения.

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

1. эффективное и разумное использование энергоресурсов;
2. поддержка и мотивация энергосбережения и повышения энергоэффективности;
3. системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности;
4. планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
5. использование энергоресурсов с учетом производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Существует ряд мероприятий, которые могут быть использованы в целях энергосбережения:

1. Замена освещения. Для того, чтобы врачи смогли оказать своевременную помощь больным, а также предоставить комфортные условия пребывания в больнице, необходимо организовать правильное освещение и создать технически хорошую оснащенность медицинского учреждения. Для освещения медицинских учреждений желательно нужны светильники с «естественно-белым» спектром излучения. LED-источники должны иметь габаритную яркость в пределах 2000 кд/м<sup>2</sup>, мощность диода – 0,25-0,5 Вт, энергоэффективность от 85 лм/Вт. Степень защиты – не менее IP54.

2. Улучшение системы теплоснабжения. Отопительные системы в зданиях медицинских организаций должны проектироваться и эксплуатироваться в строгом соответствии санитарно-гигиеническим, директивным и технологическим требованиям. Сеть обогрева больницы обязана обеспечивать нормируемые параметры микроклимата в помещениях и условия безопасности согласно действующим нормам.

3. Постоянное обновление системы вентиляции. Правильная вентиляция – один из главных пунктов санитарно- гигиенических стандартов, который нужно строго соблюдать. Поэтому, спроектировать правильную систему вентиляции в медучреждении – задача, требующего особого внимания и более углубленных познаний в работе больницы.

На сегодня можно выделить два главных типа вентиляционных систем, используемых для решения климатических задач в больницах: вытяжные и приточные.

Ко всему прочему, помимо качественного воздухообменная, необходимо обеспечить определенный уровень температуры, влажности, очистку и антибактериальную обработку воздуха.

Объём вентиляционного воздуха следует принимать в соответствии с требованиями СанПин 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» и СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций»

4. Использование оборудования с низким энергопотреблением. При выборе медицинского оборудования следует предпочитать модели с низким энергопотреблением.

5. Утепление внешних стен здания и покрытия. Утепление фасада здания имеет множество преимуществ в сравнении с внутренним утеплением. Внешнее утепление здания защищает его стены от воздействия внешних факторов, таких как выветривание и воздействие осадков. Как показывает практика, тепловые потери приходится на стены. В качестве утеплителей для фасадной стороны здания чаще всего применяются материалы минеральная вата и пенополистирол.

Также популярный метод снижения теплотребления медицинских учреждений — это использование системы регулирования вместе с узлом учета тепловой энергии. Контроллер обрабатывает входящие данные от датчиков или термостатов в соответствии с заданной программой, проводит анализ полученных данных и посылает управляющий сигнал на приводы исполняющих устройств. Приводы, в свою очередь, открывают или закрывают краны регулировки потока теплоносителя в данном направлении. Это позволят значительно снизить расходы тепловой энергии и уменьшить финансовые затраты.

Проводя энергоанализ и выбирая наиболее выгодные мероприятия, мы можем значительно снизить тепловые потери медицинского учреждения. Даже утепляя фасад, мы можем



значительно сократить потребление энергоресурсов, минимизировать потери, а значит, уменьшить оплату за использование ресурсов.

В России сегодня из-за высокого уровня износа в капитальном ремонте нуждается более 7 тысяч кв. м лечебных учреждений первичного звена. Это более 80%, причем некоторые учреждения и вовсе требуют сноса. [5] Внушительные цифры. И соответственно, потребление ресурсов таких больниц невообразимо. Поэтому необходимо обратить внимание на данную проблему и стремиться решить ее, и обеспечить устойчивое будущее для медицинских учреждений и окружающей среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайдарь, Н.С. Проблемы энергоэффективного строительства в РФ / Н.С. Гайдарь // Электронный научно-практический журнал «Молодежный научный вестник». – 2018. - №7 – С. 52-57

2. Гуцин, С.В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий/ С.В. Гуцин, А.С. Семиненко, С. Shen // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова – 2020. – №5 – С. 31-43.

3. Об утверждении требований к форме программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства и муниципального образования, организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, и отчетности о ходе их реализации: Приказ Министерства энергетической Российской Федерации от 30.06.2014 №398 // Минюст России – 2013 – 4 августа – С.1

4. Паскарь, И.Н. Энергосбережение в здравоохранении // И.Н. Паскарь // I всероссийская научно-практическая конференция «энергетика и энергосбережение: теория и практика» (Кемерово, 03-05 декабря 2014 г.) – Кемерово: КузГТУ, 2014. – С.56.

5. Минздрав собирается снести старые больницы – Текст: электронный // Этажи: сайт – URL: <https://j.etagi.com> ( дата обращения: 13.05.2024)

УДК 697.341

*Селезнева И.В.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **КАЧЕСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Энергоэффективность и энергосбережение представляют собой важный аспект в экономике [3]. Сегодня проблема энергоэффективности зданий весьма актуальна. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов и увеличивающейся их стоимостью. Plusом ко всему появилась глобальная экономическая проблема, которую игнорировать никак нельзя. И для решения задачи необходимо проведение различных мероприятий, способных обеспечить снижение энергопотребления и, как следствие, финансовой нагрузки на бюджет страны.

Рациональное использование энергетических ресурсов – один из приоритетов модернизации и технологического развития экономики и социальной сферы. Очевидно, что для устранения потерь необходимо выявление их причин и источников. Именно поэтому одним из самых перспективных и актуальных аспектов энергоконсалтинга в нашей стране является энергетическое обследование, направленное на выявление нерациональных затрат энергетических ресурсов и неоправданных потерь энергии. В общем понимании факторы энергоэффективности представляют собой причины, воздействующие на удельное потребление энергии и совокупность показателей, порождающих их экономное использование [2].

Одной из возможных причин низкой энергоэффективности здания может быть неправильно спроектированная тепловая сеть. Тепловая сеть чаще всего проектировалась в советское время, когда потребителей было меньше и пропускная способность труб с диаметрами, конечно же, не имеют ничего общего с реальностью. На данный момент, мы можем наблюдать низкую надежность тепловых сетей, ведь за последние 30 лет конструкция трубопроводов и теплоизоляции не претерпели качественных изменений. Также проектировщики при разработке рабочей документации для капитального ремонта не предлагают ни оптимального способа, ни оптимального диаметра, ни каких-либо экономических обоснований, только замену трубопроводов от

начальной точки до конечной из-за чего происходит много утечек и отсутствие перспектив в будущем. Отсюда и появляются тепловые потери и повышенные энергозатраты. Выбор оптимальной трассы трубопровода системы теплоснабжения является одной из основополагающих задач при проектировании рассматриваемых систем. [1]

Залогом успеха является ничто иное как перспективное проектирование. Актуализированная схема теплоснабжения содержит обоснование и выбор на основе технико-экономических сопоставлений нескольких вариантов, типов и составов основного оборудования тепловых сетей: температурных графиков, способов прокладки, диаметров трубопроводов, закрытой или открытой системы тепловых сетей, сроков строительства и/или реконструкции.

Любое перспективное проектирование начинается с определения технических показателей тепловых сетей. Как показывает практика, часто имеется завышение показатели нагрузок потребителей, вследствие чего тепловые сети и источники тепла имеют завышенную избыточную мощность. Если полагаться на эти цифры, то гарантировано будет завешенная пропускная способность тепловых сетей и мощность источника тепла. Для этого и проводится расчет нагрузок и фактических показателей надежности теплоснабжения, чтобы определить нужно ли нам предпринимать какие-либо действия для увеличения надежности системы теплоснабжения.

Далее происходит ремонт действующего трубопровода с целью приведения системы к нормативному показателю надежности. Если показатели в норме, то происходит следующий этап оптимизации системы центральных тепловых сетей. Здесь главное правильно построить на карте идеальную графу тепловых сетей и провести построение оптимизированной схемы тепловых сетей. Оптимизированная схема тепловой сети строится по максимально возможному приближению к идеальному графику с учётом целесообразности прокладывания новых тепловых трасс, а также экономической эффективности изменённой сети.

К тому же на этом этапе происходит расчет затрат электроэнергии на перекачку теплоносителя, расчет утечек теплоносителя в тепловых сетях и тепловых потерь через тепловую изоляцию и расчет с утечками теплоносителя в тепловых сетях, что в совокупности дает оптимальные параметры. Существуют показатели, используемые при выборе температурного графика и диаметров трубопроводов теплосети [4]:

- показатели стоимости реконструкции тепловых сетей;
- показатели стоимости нового строительства тепловых сетей;

- показатели стоимости аварийно-восстановительного ремонта тепловых сетей;
- показатели эксплуатационных затрат (фонд заработной платы), материалы и механизмы;
- тарифы на тепловую энергию;
- тарифы на электрическую энергию.

И на основании вышеперечисленного происходит последнее действие для перспективного проектирования тепловых сетей: технико-экономическое сравнение. Используя оптимальные параметры в модели, можно находить оптимум по диаметру и виду прокладки. После получения трёх-четырёх вариантов сравниваются приведённые затраты и выбирается наиболее подходящий. Данный метод основан на условии минимума эксплуатационных затрат.

Все это вместе нам даст представление о тепловой сети, которая энергоэффективна, в ней минимум тепловых потерь, при этом не будет завышенной мощности источника тепла (котельной), соответственно, экономия. Энергосбережение помогает нам сохранить природные ресурсы [5], поэтому не стоит пренебрегать и проектированием тепловой сети, любая возможность, которая поможет уменьшить потребление энергоресурсов и снизить вредные выбросы, поможет нам сохранить мир.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чуйкина, А.А. Проектирование оптимальной трубопроводной трассы тепловой сети / А.А. Чуйкина, А.В. Лобода, О.А. Сотникова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 2. – С. 28–37.
2. Голованова, Л.А. Факторы и условия энергоэффективности в промышленности / Л.А. Голованова, А.А. Московцева // Вестник ТОГУ. – 2014. – № 3(34). – С. 137-146.
3. Тимонина, В.И. Энергосбережение и энергоэффективность как показатели достижения энергобезопасности в стране / В.И. Тимонина // Творчество молодых исследователей. – 2022. – № 1. – С.111-119.
4. Гашо, Е.Г. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайонов в процессе реновации / Е.Г. Гашо, Н.С. Булгаков, Ю.Д. Шкуро // Энергетические системы. – 2019. – № 1. – С. 196-199.
5. Федорищева, Е.А. Энергетика: проблема перспективы / Е.А. Федорищева. – М.: Высшая школа, 2005. – 143 с.

## **РАЗВИТИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В РОССИИ**

Традиционные источники энергии постепенно изживают себя. Да, они будут существовать еще долго, но уголь, природный газ — это не бесконечные ресурсы. К тому же они наносят большой вред окружающей среде выбросами, загрязнениями вод, изменениями климата, тепловыми загрязнениями. Поэтому необходимо развивать нетрадиционные источники энергии. Основным преимуществом использования возобновляемых энергоресурсов является их неисчерпаемость и экологическая чистота, что способствует улучшению экологического состояния окружающей среды и не приводит к изменению энергетического баланса на планете [1]. Геотермальная энергетика является одним из популярных альтернативных источников энергии [2, 3]. Она использует тепло Земли для производства электричества, при этом извлекать энергию грунта с помощью мелких скважин не требует больших капиталовложений. Но геотермальная энергетика – это не только промышленные масштабы, но и отопление частного сектора. Отопление дома с помощью геотермальной энергетике происходит благодаря тепловым насосам. Например, в Скандинавии таким способом отапливаются порядка 1,5 миллиона домов, в России это пока только развивается.

Работа тепловых насосов основана на применении обратного цикла Карно, описывающего круговые процессы обмена теплом. Такая термодинамическая система функционирует благодаря разнице температур составных частей; принцип давно и успешно реализован в холодильниках и кондиционерах. Для правильной работы геотермального отопления дома, необходимо организовать систему, которая будет собирать тепло из почвы (или воды) и передавать его в контур отопления дома. Получить тепло из недр земли можно в любой точке земного шара, что успешно реализуется и в России. Что интересно, схема функционирует летом как кондиционер, а зимой – как источник отопления.

Для сбора тепловой энергии используется контур (теплообменник). Такой контур представляет из себя трубопровод, который монтируют род землей или под водой.

С точки зрения современных представлений об экологической безопасности, геотермальная энергия выглядит идеально: не нужно сжигать топливо, отсутствие вредных выбросов, многофункциональность. Такая система принесет экономическую выгоду. Но в России пока тема с геотермальным отоплением не сильно развита и многие города остаются с централизованной системой отопления. Так какие же шансы получить развитие и стать популяризированной системой отопления в России? Создание геотермальных систем теплоснабжения требует учёта следующих специфических особенностей геотермального теплоносителя: стабильная в течение всего срока эксплуатации температура, одноразовость использования, переменный в течении эксплуатации дебит скважин, необходимость подбора потребителей для максимально возможной загрузки скважин в течении года, необходимость защиты потребителей от отложения солей и коррозии, а окружающей среды, при сбросе отработанной геотермальной воды, — от теплового и химического загрязнения.

Российская Федерация обладает огромными запасами геотермальной энергии и полувековым опытом её использования, в том числе для теплоснабжения [4]. Однако в 1992 году достижения России в геотермальной науке стали невостребованными. Практически были прекращены разработки месторождений, масштабные геологические исследования. Все наработки, которые были созданы в те года, не были по достоинству оценены и сейчас большинство оставшихся геотермальных скважин используются на теплоснабжение построенных в советское время систем отопления населенных пунктов и теплиц. В России геотермальные системы теплоснабжения эксплуатируются в основном в трех регионах: Дагестане, Краснодарском крае и на Камчатке [2].

Получается, для большей части страны геотермальное отопление – новинка, которая не очень идет в массы. В основном таким способом отопления могут похвастаться частный сектор. Система дорогая, монтаж и оборудование стоят недешево, но главное преимущество геотермальной системы отопления заключается в том, что при получении 1 кВт тепла из недр Земли преобразуется (по разным данным) от 3 до 9 кВт. Это прекрасный показатель, который позволяет не только качественно отапливать помещения свыше 250 м<sup>2</sup>, но и значительно экономить электроэнергию, поддерживающую работу теплового насоса. Происходит это, если говорить простым языком, из-за того, что насос и система в целом функционируют за счет сразу двух источников энергии — электричества и энергии земли (или воды).

Но все равно в России такие конструкции распространены мало, что связано с большими изначальными затратами. Однако перспективы есть: с развитием конкуренции стоимость тепловых насосов будет уменьшаться, что приведет к удешевлению геотермального отопления. Но лучший вариант государственная или хотя бы региональная поддержка [5]. Особенно, если учитывать экологическую значимость подобного способа обогрева жилищ. И получается, что сейчас отапливаются частные дома, готовые положить большие деньги ради своего будущего и населенные пункты, которые еще в советские времена оттапливаются от геотермальных станций.

И на основе этого можно сделать следующие выводы: 1) в России имеются значительные ресурсы для развития геотермального теплоснабжения и опыт их сооружения и эксплуатации; 2) для масштабного развития геотермального теплоснабжения необходимо использовать мировой опыт и в первую очередь применения реинжекции на термозаборах и тепловых насосов для глубокого охлаждения теплоносителя; 3) российские нормы проектирования геотермального теплоснабжения целесообразно доработать с учетом апробированных с мировой практики технических решений и оборудования.

У России есть перспективы в создании централизованной системы отопления с помощью геотермальной энергии. Геотермия, как наука, неразрывно связана с геологией и гидрогеологией [6]. В России есть безграничные запасы, наработки советского союза, опыт, но из-за непопулярности и дороговизны, данный метод отопления остается лишь сосуществовать в методах теплоснабжения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гошовский, С.В. Снижение техногенной нагрузки при использовании теплонасосных систем / С.В. Гошовский, А.В. Зурьян // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 8. – С. 102-107.

2. Бутузов, В.А. Геотермальное теплоснабжение в мире и в России: состояние и перспективы / В.А. Бутузов, Р.А. Амерханов, О.В. Григораш // Теплоэнергетика. – 2018. – № 5. – С. 45–49.

3. Богуславский, Э.И. Освоение тепловой энергии недр / Э.И. Богуславский. – М.: Спутник, 2018. – 448 с.

4. Морозов, Ю.П. Добыча геотермальных ресурсов и аккумулярование теплоты в подземных горизонтах / Ю.П. Морозов. – Киев: Наукова думка, 2017. – 197 с.

5. Саввин, Н.Ю. Развитие альтернативной энергетики в Белгородской области / Н.Ю. Саввин, А.В. Квитчастая, В.М. Удовиченко // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2021. – № 7. – С. 67-71.

6. Федорищева, Е.А. Энергетика: проблема перспективы. – М.: Высшая школа, 2005. – 143 с.

*УДК 620.92*

*Селезнева И.В.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОЛНЕЧНЫЕ ОКНА КАК БУДУЩЕЕ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Проблема изменения климата и нехватки традиционных источников энергии с каждым годом становится все более актуальной. Нефть, уголь, природный газ – это три «черепахи», на которых стоит энергетика. Это невозобновляемые ресурсы и пока что даже уголь не уступает альтернативному источнику энергии как ветер. Но несмотря на это, ведущим трендом развития мировой энергетики является широкое использование возобновляемых источников энергии [1] и сегодня большую популярность набирают такие виды энергии как Солнце, ветер и геотермия. Использование солнечной энергии для нагрева теплоносителя для удовлетворения потребности в отоплении становится все более популярным [2]. Солнечные электростанции, коллекторы, панели – все это создано для альтернативы традиционным источникам теплоснабжения. Одна из причин, ограничивающих использование нетрадиционных источников энергии заключается в нестабильности их работы [3]. Но и решение этой проблемы активно разрабатывается инженерами. Например, последним достижением в области солнечной энергетики стали солнечные окна.

Разработки в этой сфере шли уже давно, множество компаний занимались исследованиями и внедрениями технологий, позволяющий извлекать солнечную энергию из окон. И это дало свои плоды. Сейчас такие окна называют одним из самых перспективных направлений в области солнечной энергетики и вот почему:

1. Современные высотные здания имеют площадь остекления до 90%, а значит, что такие постройки, оснащенные солнечными окнами,



могут генерировать электроэнергию до 60% больше, чем электростанция, установленная на кровле здания.

2. Технология производства таких окон намного дешевле в сравнении с производством солнечной панели. Срок окупаемости окон от года до пяти лет.

Есть две технологии по которым изготавливают такие окна:

1. На внутреннюю поверхность стекла наносят напыление или пленку, отражающую часть светового потока в сторону рамы стеклопакета, где встроенные солнечные элементы “квантовые точки” преобразуют солнечную энергию в электричество.

Эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую от 2,5 до 10%, что является не очень высоким показателем, но так как это пока наработки, в будущем показатель эффективности может увеличиться до 16%. Также с учетом быстрого роста производства солнечная составляющая составляет около 10-30% от стоимости окна, что делает производство пленок привлекательным. Плюсом таких панелей является то, что включив свет в помещении, окна продолжают вырабатывать электроэнергию [4].

2. Энергия генерируется самим стеклом, то есть как простая солнечная панель. Конечно, это дороже, чем производство «солнечной пленки», но эффективность от этого выше. Технология основана на фотовольтахеми, включающей в стекло слой легированного фтором оксида олова (FTO), фотоэлемент на основе перовскита, электрохромный гель, ещё один слой FTO. Также ученым удалось соединить технологию с теплоотражающим напылением и в результате

Получилось окно, способное обеспечивать регулируемую прозрачность остекления, теплопередачу и генерацию электроэнергии. Эффективность таких на практике показала 9,8%, но пока это все в режиме тестирования.

Все это дает «зеленый свет» в развитии солнечных окон. Плюс на данный момент активно ведутся эксперименты по использованию такого вида источника энергии и его улучшению.

Индустрия солнечных окон только набирает обороты, окна станут одним из элементов домов -электростанций в которых солнечная генерация превышает собственное потребление излишки произведенной энергии могут уходить в сеть, либо запасаются в виде  $H_2$  и использоваться при необходимости.

Рассмотрев основные технологии производства можно выявить следующие преимущества солнечных окон:

1. Низкая себестоимость, экономия при использовании.

2. Возможность устанавливать там, где крышные солнечные модули неэффективны.

3. Возможность полностью обеспечивать электроэнергией целое здание, и накапливать энергию при отсутствии солнечного света.

4. Устойчивость к повреждениям: солнечные окна изготовлены из прочного материала, который обеспечивает защиту от внешних воздействий. Это повышает их долговечность и надежность.

Но недостаток у них тоже есть и это невозможность получить 100% прозрачность покрытия, наносимого на поверхность стекла. Максимум, который удалось достичь, это 80%. Если сравнивать эти показатели с обычным энергосберегающим стеклом, то они равны. Хотя в солнечных странах, это, может быть, и к лучшему.

Солнечные окна действительно являются уникальным продуктом. Солнечные окна превратят новые дома в электростанции [5], которые будут накапливать и распределять энергию по всему зданию, что является инновационной идеей и заслуживает максимального внимания от специалистов по альтернативной энергетике. Технология впечатляет своей эффективностью и готовностью стать массовой, возможностью стать заменой простым электрогенераторам и массивным солнечным панелям, а также энергосберегающим окнам.

В целом, солнечные окна представляют собой перспективное решение для получения энергии. Они объединяют функцию окон и возможность преобразования солнечной энергии, что способствует устойчивому развитию и снижению вредного воздействия на окружающую среду. Мы можем ожидать, что дальнейшие исследования и разработки в области солнечных окон приведут к улучшению их эффективности и доступности, что позволит нам использовать солнечную энергию еще более эффективно и устойчиво.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бутузов, В.А. Солнечное теплоснабжение: мировой опыт и перспективы российской гелиотехники / В.А. Бутузов // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 8 (130) – С. 42-48.

2. Лисина, О.В. Оценка потенциала инновационной концепции энергоэффективного экодевелопмента: новинки инженерного оборудования и технологии проектирования / О.В. Лисина // Управление устойчивым развитием. – 2016. – № 2. – С. 66–72

3. Поляков, В.А. Солнечный коллектор в системах энергоснабжения / В.А. Поляков // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 5. – С. 151-154.

4. В мире стартовали солнечные окна [Сайт]: Дзен. Зелёная Точка Старта. URL: <https://dzen.ru> (дата обращения: 11.05.2024).

5. Солнечные окна вошли в серию [Сайт]. URL: <https://pikabu.ru> (дата обращения 11.05.2024)

**УДК 004.896**

***Селезнева И.В.***

***Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКУ**

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) это необъемлемая часть в жизни человека. Сегодня невозможно создание новых технологий производства материалов без современных научных подходов и интеллектуализации средств накопления, обработки и распространения знаний [1]. Невозможно представить мир без ИИ, который умеет сгенерировать текст, написать картину, управлять домом. Все это уже выглядит футуристично, но это только малая часть, что может создавать «компьютер». В области энергетики и теплотехники ИИ уже давно существует автоматическое управление узлов регулирования, контроль параметров, замеры и запись данных, но регулирование всех процессов с помощью искусственного интеллекта появилось только недавно и постепенно начинает набирать обороты. Поэтому нужно понять, есть ли у данной технологии шансы закрепиться в теплотехнике и принести пользу?

Сегодня невозможно создание новых технологий производства материалов без современных научных подходов и интеллектуализации средств накопления, обработки и распространения знаний [2].

Искусственный интеллект — это способность систем корректно интерпретировать данные, обучаться на них, в том числе самостоятельно, и использовать для достижения целей [3]. ИИ может полностью заменить человека, смоделировать ситуацию и просчитать все ходы для решения проблемы. Одной из наиболее перспективных областей применения ИИ в энергетике является управление энергосистемами. Благодаря использованию алгоритмов машинного обучения, ИИ может анализировать данные о потреблении и

производстве энергии, предсказывать пиковые нагрузки и принимать решения об оптимальном распределении энергии для максимальной эффективности. Кроме того, ИИ может управлять работой энергосистем в автоматическом режиме, решать проблемы с утечками и повреждениями, что позволяет сократить время простоя и уменьшить риски аварийных ситуаций.

Еще одно применение искусственного интеллекта – это мониторинг оборудования, ведь лучше всего ИИ умеет анализировать. Проанализировав данные о работе оборудования, ИИ может определить возможные проблемы и предлагать их решения, что значительно сократит время на ремонт, замену оборудования, а если «компьютер» заранее пропишет сценарий, по которому нужно действовать, то это сможет продлить работу энергосистемы.

Исходя из этого становится понятно, что искусственный интеллект умеет очень хорошо собирать данные и анализировать их, поэтому внедрение его на промышленные предприятия, котельные, ЦТП является неплохой идеей. «Компьютер» будет производить сбор данных о производстве энергии, определять оптимальный режим работы оборудования и непосредственно управлять процессом производства, при этом прогнозируя будущие изменения в потреблении энергии.

Существует несколько технологий ИИ и среди них можно выделить следующие [3]:

- Анализ данных и машинное обучение для оптимизации работы энергосистем;
- Классификация данных о производстве энергии и потреблении для повышения эффективности энергосистем;
- Разработка алгоритмов управления энергосистемами для автоматического контроля и оптимизации работы;
- Прогнозирование изменений в потреблении энергии и рыночной конъюнктуры для принятия решений об оптимальном использовании ресурсов;
- Оптимизация производства энергии с помощью анализа данных о работе оборудования и параметров производства.

Одно из успешных применений ИИ в энергетике является проект Smart Grid, запущенный в Италии [4]. Была создана цифровая платформа для управления энергосистемами на основе алгоритмов машинного обучения. В итоге, удалось сократить время простоя энергосистем на 20%, а затраты на обслуживание и ремонт оборудования снизилось на 30%.

Известны примеры использования интеллектуальных методов в диспетчерском контроле и управлением энергопотребления [5]. При

прогнозировании регионального энергопотребления из-за большого количества факторов ИИ позволяет определить оптимальный набор и производить среднесрочное и долгосрочное энергопрогнозирование [6].

Получается, на данный момент основное применение ИИ в энергетике — это анализ и прогноз. Программа анализирует потребление тепловой энергии, помогает экономить издержки на потребление энергии, собирает информацию о состоянии оборудования, контролирует процессы и прогнозирует возможные риски. И все это выглядит перспективно, ведь программа умеет делать то, что человеку не всегда подвластно, но у и ИИ бывают недостатки.

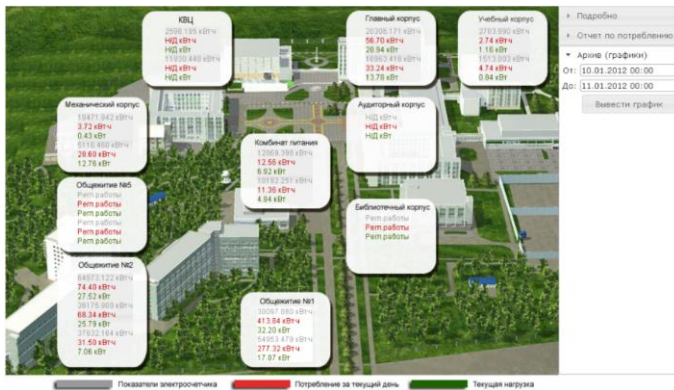


Рис. 1 – Интерфейс системы мониторинга электропотребления БГТУ им. В.Г. Шухова [6]

Модели ИИ требуют очень много энергии, что наносит вред климату [7]. Также ИИ имеет возможность ошибаться, совершая ошибки в работе алгоритмов, плюс существует угроза кибербезопасности и проблемы с доступностью данных. Поэтому внедрение ИИ требует серьёзного подхода и строгого контроля, необходимо разрабатывать адаптированные алгоритмы и модели, учитывать специфику системы и ее особенности [7].

Таким образом, использование искусственного интеллекта в энергетике открывает большие возможности для повышения эффективности и надежности работы энергосистем. Прогнозируется, что ИИ на рынке энергетики вырастет в среднем на 24,68% с рыночной оценки в 3,103 миллиарда долларов США в 2021 году до 14,527 миллиарда долларов США в 2028 год [8]. Анализ данных, оптимизация работы и предотвращение аварийных ситуаций - это лишь некоторые из

преимуществ, которые ИИ может принести в эту отрасль. Поэтому интеграция искусственного интеллекта в системы теплоэнергетики должна стать приоритетом для компаний и организаций, работающих в этой сфере, однако необходимо учитывать потенциальные риски и обеспечивать строгий контроль за работой ИИ в энергетических системах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Палюх, Б.В. Применение методов искусственного интеллекта для управления синтезом безобжиговых строительных композитов нового поколения / Б.В. Палюх // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 1. – С. 44-51.

2. Григорьев, Л. И. Системы искусственного интеллекта: учебное пособие / Л. И. Григорьев, О. А. Степанкина. – Москва: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 1998. – 59 с.

3. Использование искусственного интеллекта в энергетике: технологии и перспективы [Сайт]: ЧП «ТМРсила-М». – URL: <https://tmr-power.com> (дата обращения: 10.05.2024).

4. Maurizio, D. Smart Grid on field application in the Italian framework: The A.S.SE.M./ D. Maurizio, F. Davide, M. Marco // Electric Power Systems Research. – 2015. – Vol. 1 – P. 14.

5. Киреева, Ю.В. Среднесрочное и долгосрочное прогнозирование объема регионального энергопотребления / Ю.В. Киреева // Регион: системы, экономика, управление. – 2015. – № 4 (31). – С. 144-150.

6. Белоусов, А.В. Перспективы применения современных статистических и детерминированных методов прогнозирования в системах мониторинга энергопотребления / А.В. Белоусов, Ю.А. Кошлич, А.Б. Быстров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 4. – С. 192-196.

7. Сулейманова, Л.А. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей / Л.А. Сулейманова, А.А.Х. Обайди // Университетская наука. – 2023. – № 2 (16). – С. 65-67.

8. Лысачев, М. Искусственный интеллект. Анализ, тренды, мировой опыт / М. Лысачев, А. Прохоров. – М.: Росэнергоатом., 2023. – 460с.

*УДК 004.8*

*Суслов Д.О.*

*Научный руководитель: Коршаков К.С., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в управлении техническими системами, обеспечивая повышение их эффективности и надежности. ИИ и машинное обучение представляют собой мощные инструменты для автоматизации и оптимизации процессов управления. Однако, их применение требует глубокого понимания технических систем и принципов работы ИИ, включая выбор подходящих моделей и алгоритмов, обеспечение безопасности и учет этических и правовых аспектов. В этой статье мы рассмотрим применение ИИ в управлении техническими системами и обсудим связанные с этим вызовы и возможности.

Искусственный интеллект в управлении техническими системами: Искусственный интеллект может быть использован для автоматизации и оптимизации процессов управления техническими системами. Это может включать в себя:

Прогнозирование поведения системы: ИИ может использоваться для анализа исторических данных и прогнозирования будущего поведения системы, что позволяет операторам принимать более обоснованные

Определение оптимальных параметров управления: ИИ может использоваться для определения наиболее эффективных параметров управления, что может привести к улучшению производительности системы.

Автоматическое обнаружение и устранение неисправностей: ИИ может использоваться для автоматического обнаружения и устранения неисправностей, что может существенно сократить время простоя и увеличить надежность системы.

Примеры применения ИИ: Искусственный интеллект уже активно используется в различных отраслях для управления техническими системами. Некоторые примеры включают:

В промышленности: ИИ может быть использован для автоматизации и оптимизации процессов, таких как управление производственными линиями, мониторинг состояния оборудования и предсказание его отказов.

В энергетике: ИИ может помочь в оптимизации распределения энергии и управлении энергетическими системами, что может привести к снижению энергетических потерь и увеличению эффективности энергопотребления.

В транспорте: ИИ может быть использован для оптимизации транспортных потоков и управления транспортными системами, что может привести к улучшению эффективности транспортной системы и снижению заторов.

Перспективы развития и проблемы ИИ в управлении техническими системами: Искусственный интеллект, безусловно, открывает новые горизонты в области управления техническими системами. Однако, вместе с возможностями приходят и вызовы, которые необходимо преодолеть для полноценного использования потенциала ИИ. Некоторые из этих вызовов и перспектив включают:

Обучение и адаптация: ИИ должен быть способен обучаться и адаптироваться к изменяющимся условиям. Это требует разработки эффективных алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения, которые могут обрабатывать большие объемы данных и адаптироваться к новым ситуациям.

Интерпретируемость и прозрачность: Для того чтобы доверять решениям, принимаемым ИИ, важно понимать, как эти решения были приняты. Это требует разработки методов, которые делают работу ИИ более прозрачной и интерпретируемой.

Безопасность и приватность: ИИ должен быть способен обеспечивать безопасность и приватность данных, которые он обрабатывает. Это включает в себя защиту от кибератак, обеспечение конфиденциальности данных и соблюдение нормативных требований.

Этические вопросы: Использование ИИ в управлении техническими системами также поднимает ряд этических вопросов. Например, кто несет ответственность за решения, принятые ИИ? Как можно гарантировать, что ИИ будет использоваться для блага человечества?

Применение искусственного интеллекта в управлении техническими системами открывает новые возможности для



повышения эффективности и надежности этих систем. В целом, ИИ представляет собой мощный инструмент, который может значительно улучшить управление техническими системами. Однако его использование требует тщательного планирования и учета многих факторов. По мере того, как мы продолжаем изучать и развивать эту область, мы можем ожидать, что ИИ будет играть все более важную роль в управлении техническими системами в будущем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапов А. С. «Искусственный интеллект и универсальное мышление». Издательство Политехника 2012. С. 515-688
2. Сорокин А.А. В сборнике: Информационные технологии и технологии коммуникаций. Современные достижения Материалы Четвёртой Международной научной конференции, посвящённой 90-летию со дня основания Астраханского государственного технического университета. Астрахань, 2020. С.78
3. Фомин В.Н. К вопросу о классификации общекультурных компетентностей по направлениям подготовки бакалавров, осуществляемой БГТУ им. В.Г. Шухова. В сборнике: Научно-технические технологии и инновации (XXI научные чтения). Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2014. С.260 – 266
4. Коломыцева, Е. П., Коршак, К. С., Сиротин, И. В. Методы защиты персональных данных в эпоху цифровизации / Е. П. Коломыцева, К. С. Коршак, И. В. Сиротин // Научно-технические технологии и инновации (XXV научные чтения): сборник докладов Международной научно-практической конференции. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. — С. 717-720.

*Хаялиев О.В., Скалозуб З.Ю.*

*Научный руководитель: Овсянников С.И. канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

Лазерная технология гравировки и резки различных материалов на сегодняшний день является одним из самых эффективных и популярных способов обработки различных материалов [1, 2, 4, 5]. Лазеры активно применяются в промышленности, электронике, медицине и производстве украшений [3, 4]. Широкое применение лазерная обработка нашла и в деревообработке [1, 5, 7].

Лазерная обработка имеет ряд преимуществ [1, 2, 4,], а именно:

- Минимальные потери сырья и материалов. Благодаря небольшой зоне теплового воздействия обработка происходит на минимальной площади, что значительно снижает припуски на обработку.

- Высокая точность и качество обработки. Лазерный луч имеет малый диаметр концентрации, а высокоточные механизмы перемещения лазерной головки позволяют получать высококачественные изделия с высокой точностью.

- Безопасность. В отличие от некоторых методов резки, лазерная резка обеспечивает безопасность оператора благодаря встроенным механизмам предотвращения от несчастных случаев.

- Отсутствие контакта с материалом. При лазерной резке происходит минимальное физическое взаимодействие инструмента с материалом обработки, что значительно снижается риск смещения заготовки, повреждения и изнашиваемости инструмента и изделий.

- Возможность резки и гравировки различных материалов. Лазерная обработка позволяет выполнять как резку, так и гравировку обрабатываемых поверхностей. Для этого достаточно изменять мощность лазерного луча.

- Автоматизация обработки. С помощью программного обеспечения лазерная обработка настраивается и поддерживается в автоматическом режиме под конкретные задачи, что позволяет работать с различными материалами без замены инструмента.

Однако лазерная обработка древесных материалов имеет и ряд недостатков. Анализ работы лазерного оборудования выявил следующие недостатки [4 - 7]:

- Относительно высокая стоимость оборудования. Лазерные системы для резки металлов и толстых древесных материалов (более 6 мм) достаточно дорогие. Мощность лазерных трубок должна превышать 120-150 Вт. Поэтому, для быстрой окупаемости станков и оборудования необходима интенсивная загрузка, т.е. максимум заказов.

- Ограничение по размеру материала. Размер обрабатываемого материала зависит от размера рабочего стола станка, что создаёт проблемы при обработке больших изделий.

- Загрязнений воздуха. При обработке древесины и древесных материалов лазером происходит обгорание и обугливание мест резки, сопровождающиеся выделением дыма. Поэтому, помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, рабочее место – подачей пламя гасящих веществ или газов, например, углекислого газа. В помещении должны находиться исправные средства пожаротушения.

- Быстрое изнашивание лазерного излучателя. Требуются дополнительные затраты на ремонт или замену лазерного излучателя. В противном случае мощность лазерного луча быстро снижается и качество работы не обеспечивается.

- Трудоемкий процесс. Для разработки одного изделия приходится прибегать к помощи многих специалистов.

- Ручная регулировка. Нарушения при регулировке расстояния и мощности лазерного луча могут привести к браку обработки: подгоранию зоны резки (рис. 1), обгоранию соседних участков (рис. 2) или же наоборот, недостаток мощности не обеспечивает полного прожига на всю глубину заготовки (рис. 3).

На рис. 1 – 3 представлены основные виды брака, возникающие при лазерной обработке древесины.



Рис. 1 При интенсивном режиме гравирования возникают подгорания соседних участков.



Рис. 2 Из-за недостатка мощности лазерного луча место с сучком обработалось не полностью.



Рис. 3 Хвойные породы имеют свойства подгорать.

Для обеспечения требуемого качества обработки необходимо обеспечить оптимальные режимы обработки в зависимости от породы древесины или свойств древесного материала, наличия пороков в виде структурных включений (сучки, гнили, свилеватости и т.п.), толщины обрабатываемого материала и вида обработки – гравировка, резка, объемная обработка лазером. С этой целью предлагается разработать программный продукт, который бы позволял:

- Упростить разработку дизайнерских проектов художественных изделий из древесины и древесных материалов как дизайнерам, так и непосредственно заказчикам или же непосредственно исполнителям заказов производителями.

- Автоматизировать разработку управляющих программ работы лазерных станков с учетом физико-механических свойств древесины и древесных материалов.

- Оптимизировать рабочие режимы лазерной обработки заготовок в зависимости от свойств обрабатываемых материалов.

- Упростить процесс «Заказчик - дизайнер - программист - технолог - оператор станка - сборщик - заказчик» до «Заказчик - изготовитель - сборщик»

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литвинов В.В. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В.В. Литвинов, С.И. Овсянников // В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. - Белгород, - 2019. - С. 29-33.

2. Водин, Д. В. Лазерная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента / Д. В. Водин. — Текст : непосредственный // Актуальные вопросы технических наук : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). - Пермь : Зебра, - 2015. - С. 95-97.

3. Вейко В. П. Опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий». Раздел: Технологические лазеры и лазерное излучение. / Вейко В. П. // Изд. 2–е, испр. и дополн. - СПб: СПбГУ ИТМО, - 2007. - 52 с.

4. Вакс Е. Д. Технологические процессы лазерной обработки. / Вакс Е. Д., Миленький М. Н., Сапрыкин Л. Г. // - М: изд. Техносфера. - 2013. - 696 с.

5. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. // М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, - 2006. - 664 с.

6. Чаплыгин Е. Н. Выбор дереворежущего инструмента на основе оценки качества поверхности обработки / Чаплыгин Е.Н., Овсянников С.И., Филюшин К.П., Шишова Е.А. // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. - 2018. - С. 89-95.

7. Дьяченко В.Ю. Тенденции дизайна в формообразовании мебели. / В.Ю. Дьяченко, С.И. Овсянников // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. - 2018. - С. 82-88.

*УДК 574.46*

*Чермошанский В.А.*

*Научный руководитель: Сибирцева Н.Б., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Энергетика была и остается основой экономического развития стран. Подтверждением этого является четко выраженная мировая тенденция роста энергопотребления, особенно в развивающихся странах.

Развитие энергетики есть мощная сила, которая влияет на уровень жизни людей, изменяет характер общества, является причиной социальных перемен и направляет общественное развитие.

Рост мировых экономик и увеличение численности населения выступают в качестве основной движущей силы непрерывного роста энергопотребления.

Более половины электрической энергии в России по-прежнему производится на тепловых электростанциях. Но известно, что запасы газа, угля, нефти не безграничны. Их стоимость регулярно увеличивается.

По данным СОЕЭС, например, в июле 2022 года производство электроэнергии электростанциями ЕЭС России составило 82 543,6 млн кВт·ч. При этом тепловые электростанции, произвели 42704,0 млн кВт·ч, ГЭС за тот же период - 16 977,2 млн кВт·ч, АЭС – 16 884,9 млн кВт·ч, производство электроэнергии возобновляемыми источниками ветро- и солнечными электростанциями ВЭС, СЭС составило 264,7 млн кВт·ч и 320,1 млн кВт·ч. [1].

Среди потребителей Центрального федерального округа, Белгородская область стабильно занимает второе место по объемам потребления электрической энергии, уступая только Москве и Московской области [1]. При этом непосредственно в Белгородской области вырабатывается чуть более 3% от объема потребляемой электроэнергии.

Не обладая требуемым объемом собственных ресурсов, наш регион потребляет в основном электроэнергию Курской и Нововоронежской АЭС. Отсутствие топливных ресурсов, а также отрицательное воздействие на окружающую среду используемой энергетики привело к

поиску путей решения данной проблемы. Одним из направлений развития энергетики в Белгородской области является использование нетрадиционных (альтернативных) источников.

Целью поиска альтернативных источников энергии является получение её из возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений. Также можно принять во внимание экологичность и экономическую эффективность (Табл.1).

Среди существующих и возобновляемых источников, которые могут применяться в Белгородской области можно выделить: биотопливные, ветряные и солнечные.

Солнце на Белгородчине светит 1800-2000 часов в год. Продолжительность периода активной вегетации растений (с температурой выше 10°C) составляет 180 – 190 дней. Ветровой режим Белгородской области характеризуется преобладанием юго-западных, южных ветров в холодный период года, западных и северо-восточных – в теплое время года.

Мировыми лидерами по производству электроэнергии при помощи солнечных электростанций являются Индия, Китай, Мексика и США [2].

Солнечные панели сохраняют работоспособность при: диапазоне температур от -50 до +75 °С, атмосферном давлении 84-106,7 кПа; относительной влажности до 100%; интенсивности дождя до 5мм/мин; снеговой, ветровой нагрузке до 2000 Па, что дает возможность применения их в Белгородской области. Однако, даже количество солнечных дней в году, в сравнении, например с г. Нью-Дели ставит под сомнение достижение высокой мощности производства электроэнергии этим способом.

Из приведенных в табл.1 данных можно сделать вывод, что в нашем регионе невозможно приблизиться к объемам выпуска электрической энергии стран – лидеров, только лишь основываясь на количестве солнечных дней в году. В то время, как выработка электроэнергии зависит и от многих других параметров, в том числе от угла падения солнечных лучей, что приводит к необходимости применения следящих систем и, как следствие к удорожанию установок

Таблица 1 - Сравнительная характеристика количества солнечных дней в Белгородской области и в Нью-Дели (Индия)

Месяц	Количество солнечных дней в Белгородской области	Количество солнечных дней в Нью-Дели (Индия)
Январь	3	24
Март	6	27
Май	19	29
Июль	20	12
Август	20	12
Октябрь	15	29
Ноябрь	10	29
Итого	147	286

Лидерами по производству электроэнергии ветрогенераторными установками являются Китай, Великобритания, Германия (Рис. 1) [3].



Рис. 1 Лидеры по суммарной мощности ВЭС в 2022 году

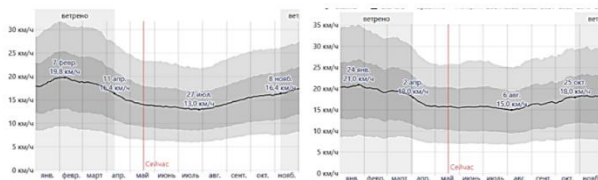


Рис.2 Сравнение средней скорости ветра в г. Белгороде (РФ) и в г. Гамбурге (Германия)

На рисунке (Рис. 2) приведены графики средней скорости ветра в г. Белгороде (РФ) и в г. Гамбурге (Германия). Известно, что ветрогенератор начинает вырабатывать электроэнергию на минимальной скорости ветра 3-5 м/с, мощность генерации достигает максимальных значений при скорости ветра 13-15 м/с, следовательно применение ВЭС может быть целесообразно в нашем регионе [4].

Согласно данным ПАО «Россети» к концу 2022 г. глобальная мощность электростанций на биомассе достигла 148,9 ГВт (Рис. 3). Это сопоставимо с общей мощностью газовых и угольных электростанций



в РФ [5]. Установки на биомассе можно классифицировать по видам используемого сырья, а это:

- богасса (14% глобальной мощности) – волокнистое вещество, остающееся после измельчения сахарного тростника;
- биогаз (14%), получаемый метановым брожением биомассы;
- жидкое биотопливо (2%), наиболее популярным видом которого является биоэтанол;
- твёрдые бытовые отходы (15%), которые, с ограничениями, используются для выработки электроэнергии;
- прочие виды твёрдого биотоплива (55%), в том числе твёрдые сельхозотходы, которые как правило, применяются для энергоснабжения тех с/х предприятий, на которых они образуются.



Рис. 3 Виды электростанций на биомассе

В условиях Белгородской области особенно перспективным направлением является переработка отходов агропромышленного комплекса, поскольку эта отрасль представляет более 20% всей промышленности региона. Суммарный годовой объем отходов отраслей птицеводства, свиноводства и разведения КРС в регионе превышает 15 миллионов тонн. Их можно перерабатывать и утилизировать различными способами, однако наиболее перспективным представляется строительство биогазовых станций, которые позволяют не только избавляться от отходов, но и извлекать из них максимальную пользу.

Крупнейшая в стране биогазовая станция «Лучки» (Прохоровский район Белгородской области) 25 июня 2012 года отпустила в сеть первую электроэнергию, а 20 июля 2012 вышла на проектную мощность 2,4 МВт. Ежедневно на ней вырабатывается около 56 тысяч киловатт-часов в сутки электрической энергии. Такого объема электроэнергии достаточно, к примеру, для обеспечения суточных нужд жителей Прохоровского района Белгородской области, в котором расположена биогазовая установка.

Дефицит углеводородов уже в ближайшее десятилетие начнет оказывать влияние на мировую экономику, экономику России и Белгородской области, в частности. Нехватка природных ресурсов неизбежно приведет к постепенному росту цен на энергоносители. Предотвратить такой ход событий можно, используя альтернативные источники энергии в России и на территории нашей области, которая не обладает собственными топливными ресурсами. Использование альтернативной энергетики позволит сократить разрыв между количеством генерируемой и потребляемой электрической энергии в регионе.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Киреева, Ю.В., Правовые аспекты и перспективы развития сферы альтернативной энергетики в белгородской области / Ю.В. Киреева // Научная дискуссия: инновации в современном мире. – 2015. – № 12-1 (43) . - С. 95-100.

2. Соколов, А.А. Альтернативная энергетика в регионах степной зоны России / А.А. Соколов, О.С. Руднева // География и природные ресурсы. – 2022. – Т. 43. – № 3. - С. 115-124.

3. Вольвак, С.Ф., Использование возобновляемых источников энергии в России / С.Ф. Вольвак, М.В. Вольвак, В.А. Суровцев // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: сб.ст. - Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. - С. 110-114.

4. Киреева, Ю.В., Понятие альтернативной энергетики / Ю.В. Киреева, В.В. Перцев // Белгородский экономический вестник. - 2012. - № 4. - С. 21-27.

5. Жилин, Е.В. Экспериментальное исследование показателей качества электроэнергии в электрической сети тепличного комплекса / Е.В. Жилин, О.В. Доценко, Н.Б. Сибирцева // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: сб.ст. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 103 – 108.

*Черных В.Э., Раков А.Ю., Тарасов С.Р.*

*Научный руководитель: Боровская О.Ю., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ**

В современном мире, где энергетические потребности растут, а забота об окружающей среде становится все более актуальной, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) становятся неотъемлемой частью энергетического пейзажа.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – природные ресурсы или процессы, из которых получают энергию и которые по человеческим меркам являются не истощаемыми и возобновляются быстрее, чем расходуются [1].

Примеры возобновляемых источников энергии продемонстрированы в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры ВИЭ

Вид энергии:	Способ добычи:
Солнечная энергия	Преобразует электромагнитное солнечное излучение в электрическую или тепловую энергию
Энергия ветра	Использует кинетическую энергию движущегося воздуха с помощью больших ветряных турбин
Геотермальная энергия	Использует доступную тепловую энергию недр Земли
Гидроэнергия	Использует энергию воды, перемещающейся с большей высоты на меньшую
Биоэнергия	Получают из разных органических материалов, таких как древесина, древесный уголь, навоз и другие органические удобрения

ВИЭ рассматривают в качестве альтернативы ископаемым видам топлива (уголь, торф, нефть, природный газ), так как последние требуют длительного времени на восстановление. Большинство ВИЭ относят к так называемой зелёной энергетике (солнечный свет, тепло из недр земли, морские приливы, ветер), а именно экологически чистой, не загрязняющей окружающую среду [2].

К сожалению, при всех амбициозных планах ВИЭ только начинают осваиваться на территории России, а особенно в отдаленных

регионах. Пока этот потенциал используется недостаточно активно. Лишь в последние годы этим источникам энергии стало уделяться больше внимания и углубились научные исследования и разработки по созданию устройств, преобразующих энергию этих источников [3]. Использование ВИЭ сталкиваются с трудностями в виде ограничений и санкций.

Во-первых, особенно важным аспектом, затрудняющим пользование альтернативными источниками энергии можно считать финансирование. Обслуживание и установка ВИЭ требуют значительных инвестиций, а сроки окупаемости крайне длительны.

Во-вторых, технические ограничения. В качестве примера можно привести: эффективное (безопасное) хранение и транспортировка энергии, добытой с помощью солнечных батарей или ветроэнергетической установки.

В-третьих, экологические ограничения. Влияние на местные экосистемы, требуют особого внимания. Например, следование экологическим доктринам или экологическим уставам, принятым органами регионального регулирования.

И наконец, политические, такие как введение санкций.

В качестве примера необходимо провести корреляционную сводку аналитическими методами.

Метод SWOT-анализа позволяет провести исследование, запечатлеть сильные и слабые стороны, определить стратегии развития, обратить внимание на угрозы и выявить риски (продемонстрирован в таблице 2).

Таблица 2 – «SWOT- анализ Исследование ВИЭ»

№	Сильные стороны	Слабые стороны
1.	Отсутствие выбросов парниковых газов	Малый объем генерирующей мощности энергии
2.	Дополнительные мощности от возобновляемых источников	Большая площадь для установки необходимого количества оборудования
№	Возможности	Угрозы
1.	Следование стратегии низкоуглеродного развития	Санкционная политика в отношении России
2.	Международное сотрудничество по перспективными энергосберегающим проектам	Отток населения в регионах, как следствие - отсутствие квалифицированных кадров

Так, на фоне ограничений, выдвинутых пакетом санкций 2021 года, был принят ряд мер относительно повышения

энергоэффективности страны, в частности, коснувшись проекта восточного водородного кластера (ВВК) расположенного в территории Дальневосточного федерального округа на острове Сахалин, начальные инвесторы которого покинули РФ. На их место прибыли лидеры рейтинга компаний инвесторов, такие как «РУСГИДРО», «ГАЗПРОМ», «РЖД», «РОСАТОМ» и другие [4], [5].

Принцип ВВК заключается в создании интегрированной системы, которая включает в себя производство, хранение, транспортировку и использование водорода как источника энергии. Он состоит из нескольких ключевых компонентов:

1. Производство водорода. Основным этапом работы водородного кластера является производство водорода с помощью электролиза воды.

2. Хранение и транспортировка. Водород является легким газом и требует специальных условий для хранения и транспортировки, для этого используется сжатие, охлаждение до жидкого состояния.

3. Использование водорода. Водород используется как источник энергии для: производства электроэнергии, тепла, топлива для автомобилей, а также в промышленности и других отраслях.

4. Интеграция с другими источниками энергии. Водородный кластер интегрирован с другим возобновляемым источником энергии – ветровым, что позволяет создать устойчивую и гибкую систему энергоснабжения.

В целом, принцип работы водородного кластера заключается в создании комплексной системы, которая позволяет эффективно производить, хранить, транспортировать и использовать водород как чистый источник энергии. ВВК может стать ключевым элементом перехода к устойчивой энергетике и снижению выбросов парниковых газов.

Подводя итоги, можно сказать, внедрение ВИЭ на фоне сильных и слабых сторон, а именно материально-ресурсной базы страны несет огромное перспективные возможности для развития международного сотрудничества в основе современных экологических мер по улавливанию и снижению выбросов парниковых газов. Однако стоит обратить внимание и на угрозы в отношении санкционной политики, так как ограничения этого фактора могут внести кардинальные изменения в развитии «зеленой» энергетике. Использование возобновляемых источников энергии представляет собой важную, часть борьбы с изменением климата. По мере развития технологий и укрепления глобального сотрудничества, использование ВИЭ станет еще более широко распространённым и эффективным в борьбе за

чистую и устойчивую энергию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И. Опёнкина, В. Манкевич Что такое ВИЭ. Объясняем простыми словами / И. Опёнкина, В. Манкевич – 2021 – С. 2.
2. А.В. Губаева Энергетические установки подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования/ А. В. Губаева – 2015- С. 216-217.
3. А. Дж. Обозов, Р.М. Ботпаев Возобновляемые источники энергии/ А. Дж. Обозов, Р.М. Ботпаев – 2010 – С. 15.
4. В. Поклад, Водородная энергетика 2023: тренды и перспективы рынка чистой энергетики / В. Поклад – 2023 – С. 5.
5. П. Паршикова, Проекты Восточного водородного кластера / П. Паршикова – 2024 – С. 3.

*УДК 621.311*

*Шакуров Ф.Ф., Шарипов Т.И., Валиуллин А.А.  
Научный руководитель: Рябенков Н.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Россия*

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В современном мире развитие городских территорий играет важную роль в обеспечении комфортных условий проживания и работы для миллионов людей. Одним из ключевых аспектов этого развития является эффективное использование энергоресурсов в жилых комплексах. Объекты социальной, культурной и бытовой сферы, встроенные в многоквартирные жилые дома, оказывают существенное влияние на общее энергопотребление и инфраструктуру городских областей. В данном анализе мы рассмотрим значимость актуализации удельных электрических нагрузок в жилых комплексах на примере Республики Татарстан, освещая ключевые аспекты, проблемы и решения в этой области.

Развитие современных жилых комплексов не ограничивается только жилыми помещениями. Они также включают в себя дошкольные и общеобразовательные учреждения, а также помещения общественного назначения, интегрированные в многоквартирные жилые дома. Это позволяет повысить уровень комфорта для жильцов и

сделать инфраструктуру комплексов более разнообразной и полноценной. Присутствие различных организаций внутри жилого комплекса также способствует повышению ликвидности недвижимости, делая проживание в них более привлекательным для потенциальных покупателей и арендаторов [1]. Однако строительство отдельно стоящих зданий для социальных, культурных и бытовых целей обычно требует больших затрат по сравнению с выделением первых этажей или первых нескольких этажей под подобные объекты в жилых комплексах. Поэтому застройщики заинтересованы в использовании пространства жилых комплексов для размещения общественных объектов, что позволяет им экономить ресурсы и оптимизировать земельные участки.

Торгово-офисные организации занимают значительную часть нежилых помещений в жилых комплексах, что также способствует дополнительному притоку людей и обеспечивает дополнительные услуги и удобства для жильцов. Республика Татарстан является ярким примером региона, где активно ведется работа по совершенствованию инфраструктуры и оптимизации энергопотребления в жилых комплексах. С учетом разнообразия объектов общественного назначения, встроенных в жилые здания, таких как предприятия общественного питания, магазины, учебные заведения и другие, вопрос эффективного использования электроэнергии становится особенно актуальным [2-4].

Исследования, проведенные в Республике Татарстан Ассоциацией "Росэлектромонтаж", выявили значительное расхождение между фактической загрузкой силовых трансформаторов (СТ) в жилом секторе и их максимальной эффективной загрузкой. По данным исследования, фактическая загрузка составляет всего лишь 15%, в то время как трансформаторы способны работать с нагрузкой до 53%. Это недопустимо высокий уровень простоя, который свидетельствует о значительных потерях энергии в системе [4-6]. Основная причина данной проблемы заключается в устаревших нормативных документах, которые не пересматривались на протяжении длительного времени [1-6]. Для решения этой проблемы Ассоциация "Росэлектромонтаж", по заданию ОА "Сетевая компания", провела научно-исследовательскую работу, направленную на актуализацию удельных электрических нагрузок многоквартирных жилых домов. В результате этой работы в 2019 году были внесены изменения в соответствующие нормативные документы, что позволило застройщикам экономить до 50% инвестиций, необходимых для присоединения к электрическим сетям. Это решение способствует более эффективному использованию

электроэнергии и снижению потерь в системе электроснабжения. Необходимо отметить, что объекты социального, культурного и бытового назначения также вносят свой вклад в формирование "запертой мощности". За последние десятилетия как состав, так и энергоэффективность электропотребителей этих объектов значительно изменились. Структура и объем потребления электроэнергии в разных регионах существенно различаются. Например, доля электропотребления домашних хозяйств и объектов социального, культурного и бытового назначения составляет в г. Москве 23% и 31% соответственно, в Московской области - 18% и 12%, в Республике Татарстан - 12,3% и 11,8%, а в Белгородской области - 10% и 6%. Учитывая, что электропотребление организаций, расположенных в нежилых помещениях, может занимать значительную часть от общего электропотребления многоквартирных жилых домов, было проведено исследование для определения разницы между фактической и расчетной нагрузками.

Выполнение работы по актуализации удельных электрических нагрузок, встроенных в жилые здания помещений общественного назначения, помимо снижения стоимости строительства и потерь электроэнергии, также повысит качество предоставления государственных услуг. Для бизнеса подключение к электрическим сетям является ключевым вопросом в "Национальном рейтинге состояния инвестиционного климата" для регионов. Как было отмечено ранее, объекты социальной, культурной и бытовой сферы в Республике Татарстан занимают 11,8% в структуре электропотребления. Основная часть из них находится в помещениях общественного назначения, встроенных в жилые дома. Эти помещения могут быть использованы различными категориями потребителей электроэнергии, включая предприятия общественного питания, магазины, образовательные учреждения, кинотеатры, здания управления, гостиницы и другие. Однако есть ограничения на использование первых этажей многоквартирных домов в качестве помещений общественного назначения, установленные градостроительными нормативами. В соответствии с данными правилами, жилые здания могут включать в себя встроенные и встроенно-пристроенные помещения общественного назначения, при условии соблюдения требований безопасности для жильцов. Однако размещение промышленных производств в жилых зданиях не допускается. Помещения общественного назначения могут располагаться на подвальных, цокольных, первых и вторых этажах, а в крупных городах - на третьем этаже, за исключением объектов, которые могут наносить вредное воздействие на жильцов. В цокольных и



подвальных этажах жилых зданий не разрешается размещать помещения для хранения, обработки или использования легковоспламеняющихся жидкостей, горючих жидкостей и сжиженных газов, а также взрывчатых веществ. Также не допускается размещение помещений для пребывания детей, кинотеатров, конференц-залов и других зальных помещений с числом мест более 50, саун и лечебно-профилактических учреждений.

В заключение, изучение и актуализация удельных электрических нагрузок в жилых комплексах, особенно в ПОН, внедряет важные изменения в планирование и управление городской инфраструктурой. Эти исследования позволяют оптимизировать использование электроэнергии, улучшая качество предоставляемых государственных и коммерческих услуг. Внесенные изменения в законодательство открывают новые перспективы для использования жилых помещений, обеспечивая гражданам возможность осуществления профессиональной деятельности в собственных домах при соблюдении установленных правил и нормативов [4]. Такие шаги в сторону оптимизации энергопотребления и использования пространства в жилых комплексах способствуют созданию более устойчивых и эффективных городских сред. Исследования и изменения в законодательстве, представленные в данном анализе, играют ключевую роль в совершенствовании городской инфраструктуры и обеспечении комфортных условий жизни. Они позволяют эффективно управлять энергопотреблением и обеспечивать безопасность проживания в многоквартирных жилых домах. Принятые меры отражают стремление к современным и устойчивым городским средам, где обеспечивается сочетание коммерческой активности и удовлетворения потребностей граждан. Такие инновации способствуют развитию городской инфраструктуры и создают условия для улучшения качества жизни в обществе.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Надтока И.И., Павлов А.В., Новиков С.И. Проблемы расчёта электрических нагрузок коммунально-бытовых потребителей микрорайонов мегаполисов // Изв. вузов. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 136 – 139.
2. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. [и др.] Анализ фактических электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Московской области // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 20-28. – DOI 10.34831/EP.2022.41.57.003. – EDN HXYLKK.

3. Ахметшин А.Р., Солюянов Ю.И., Федотов А.И. [и др.] Расчет удельных электрических нагрузок жилых зданий на основании фактических замеров // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 313-323. – EDN AHMDJR.

4. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 5(68). – С. 60-65. – EDN DXVKQM.

5. Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Определение параметров симметрирующих трансформаторов // Промышленная энергетика. – 2015. – № 1. – С. 54-59. – EDN TJZMRH.

6. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., Akhmetshin A.R. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Almet'yevsk, Republic of Tatarstan, 2020. – P. 012026. – DOI 10.1088/1757-899X/860/1/012026. – EDN WKZZXU.

**УДК 620.91**

**Юдин А.В.**

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

В настоящее время в мире наблюдается такая проблема, как повышение цен на топливо, истощение традиционных природных ресурсов. Именно поэтому активно развивается применение возобновляемых источников энергии. К ним и относится энергия Мирового океана [1].

За счет притяжения Солнца и Луны уровень воды в мировом океане то повышается, то понижается. При этом явлении волны несут в себе огромный запас энергии, который человечество может использовать для получения электрической энергии [2]. Был проведен ряд экспериментальных мероприятий, исходя из которых сделали вывод, что строить приливную электрическую станцию целесообразно в тех районах, в которых разница между приливом и отливом составляет более 4-х метров.

Выделяют четыре вида приливных электрических станций:

- Приливные плотины;
- Генераторы приливного потока;
- Динамические приливные ЭС;
- Приливные лагуны [3].

Приливные плотины работают на применение потенциальной энергии воды при приливах и отливах. Во время этих явлений возникает разность высот, за счет чего плотины при приливе захватывают водные массы, а при отливе вода идет обратно в океан и вращает турбины генераторов (Рис. 1).

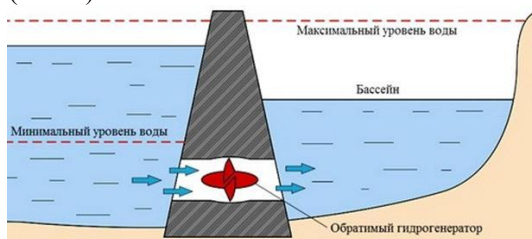


Рис. 1 Приливная плотина

Генераторы приливного потока работают на применение кинетической энергии при приливе воды. Применяют данные установки преимущественно в реках. Такие станции имеют компактный размер и часто монтируются в мостовых опорах (Рис. 2).

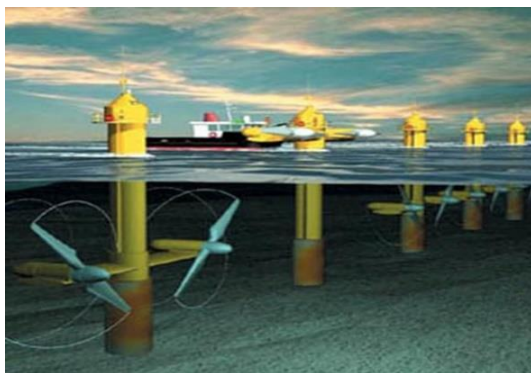


Рис. 2 Генераторы приливного потока

Динамические приливные ЭС представляют собой многочисленные низконапорные гидротурбины, которые

вырабатывают электричество из кинетической и потенциальной энергии наступающих водных масс (Рис. 3).



Рис. 3 Динамические приливная электростанция

Приливные лагуны представляют собой круглую плотину, которая создает замкнутый искусственный водоем, в отверстиях которой размещают гидротурбины с генераторами (Рис. 4).



Рис. 4 Приливная лагуна

Первый опыт строительства приливной электрической станции датируется 1968 годом. Тогда была построена Кислогубская ПЭС. Она была возведена наплавным способом. Сначала здание приливной электрической станции было сооружено в специальном доке, а затем транспортировалось на свое место установки [4]. Эксплуатировалась такая станция до 1992 года. Лишь в 2007 году её восстановили и она работает до сих пор как экспериментальная база для изучения данной области энергетики [5].

Внедрение приливных электрических станций несет за собой ряд положительных аспектов:

- Электроэнергия, которую производят приливные электрические станции, является достаточно недорогой;
- Возобновляемость ресурсов;
- Отсутствие выбросов в атмосферу вредных газов и золы;
- Приливные ЭС не препятствуют перемещению живых организмов через станцию;
- Отсутствие снижения солености воды, благодаря чему не нарушается морская фауна;
- Исключена возможность затопления прилегающих территорий.

Однако приливных электрических станций обладают существенным недостатком – перерывы в работе. График работы ПЭС полностью зависит от времени приливов и отливов.

В завершении можно сказать, что проектирование приливных электрических станций являются перспективным направлением, но в настоящее время мало нашедшим применение. Использование возобновляемых источников энергии может внести крупные изменения во всю энергетическую отрасль, а также в экологию окружающей среды.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тарасенко, В. Н. Проблема энергосбережения в России / В.Н. Тарасенко, Ю.В. Денисова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2016. – №. 11. – С. 63-68.
2. Крылов, А. П. Новые концепции в развитии микро-гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водоводах микро-ГЭС / А.П. Крылов, А.М. Бакштанин // Природообустройство. – 2017. – №. 5. – С. 8-14.
3. Усачёв, И. Н. и др. Приливные электростанции и водородная энергетика // Энергия: экономика, техника, экология. – 2010. – №. 6. – С. 10-17.
4. Бондаренко, А. Н. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области / А.Н. Бондаренко, Т.И. Тихомирова // Энергетические, управляющие и информационные системы. – 2016. – С. 45-50.
5. Гоголев, Г.А. Оценка потенциала территории Российской Федерации для использования возобновляемых источников энергии // Известия РАН. Серия географическая. – 2009. – № 1. – С. 83-93.

*Юдин А.В.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭЦ**

Россия является страной, обладающей огромными запасами мирового угля, именно поэтому ведется активное строительство угольных электростанций, которые оказывают негативное воздействие на экологию окружающей среды. В результате сгорания в атмосферу попадают сера, сажа, пыль, зола, оксид азота, соли натрия. Все перечисленные вещества в определенной концентрации являются опасными для человека и для окружающей среды [1].

На сегодняшний день для очистки промышленных газов от твердых частиц разработаны и применяются различные аппараты, отличающиеся по конструктивному исполнению и основанные на различных механизмах осаждения взвешенных частиц. Они обеспечивают достаточно высокую эффективность улавливания частиц размером более 5 мкм 95-99%. Однако, их эффективность значительно уменьшается при улавливании высокодисперсных частиц (менее 5 мкм), что обусловлено высокой степенью увлечения таких частиц газовым потоком [2].

Возможным решением проблемы является интенсификация процесса улавливания дисперсных частиц за счет их предварительного укрупнения ультразвуковыми (УЗ) колебаниями высокой интенсивности. Однако, как показывают многочисленные исследования, коагуляция дисперсных частиц под действием УЗ-колебаний в процессах сухой газоочистки не обеспечивает требуемого результата по следующим причинам:

- Неустойчивость полученных агрегатов частиц в воздушных потоках;
- С увеличением интенсивности УЗ-излучения происходит разрушение образовавшихся агрегатов из-за их низкой плотности и высокой амплитуды колебательной скорости этих частиц в УЗ-поле [3].

В настоящее время существует несколько способов очистки газов - сухой и мокрый. Для сухого способа характерно применение жалюзийных золоуловителей, циклонов и электрофильтров. Для мокрого способа обычно используется скруббер.

Циклоны нашли широкое применение для улавливания золы, образующейся при сжигании топлива. Принцип действия циклонов основан на использовании центробежной силы для улавливания твердых частиц. Загрязненный воздух попадает в камеру циклона, совершает вращательные действия вдоль стенок [4]. Под действием силы тяжести и центробежной силы, пылинки выходят из потока и скапливаются в специальном бункере. Через специальную трубу из циклона выходит уже очищенный воздух (Рис. 1).

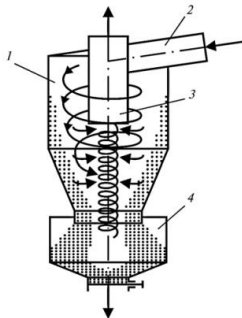


Рис. 1 Силовой фильтр-циклон  
1 – корпус; 2 – патрубок; 3 - выходная труба; 4 - бункер

Жалюзийные золоуловители используют, как правило, для достаточно грубой очистки воздуха. Принцип работы жалюзийных золоуловителей состоит в крутом изменении направления идущего газового потока посредством вариации положения специальных створок жалюзи. Частицы золы осуществляют свое движение по инерции, ударяются о створки жалюзи и уходят в сторону (Рис. 2).

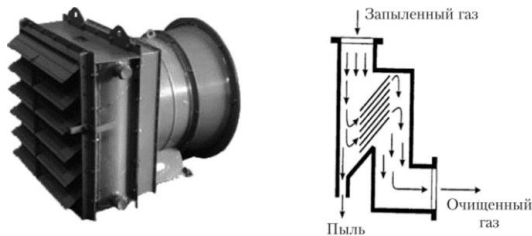


Рис. 2 Жалюзийные золоуловители

Электрофильтры работают на основе электромагнитного эффекта. Загрязненный газ попадает в емкость фильтра и получает заряд, а затем проходит через осадительный электрод. Заряженные частицы сажи,

пыли и золы под действием электрического поля оседают на электроде (Рис. 3).



Рис. 3 Схема работы электрофильтра

К настоящему времени разработано множество способов абсорбционной очистки газов от  $\text{CO}_2$ . Все они основаны на явлении физической абсорбции диоксида углерода различными растворами. К такому способу относятся карбонатный метод, моноэтаноламинный метод, метод с использованием любых аминов. Опыт показал, что абсорбционная очистка хорошо показала себя на предприятиях и отлично справляется с очисткой уходящих газов с ТЭЦ. Однако у этого способа имеются свои недостатки – это громоздкость и энергоемкость [5].

В настоящее время ведется разработка по применению мембран для очистки газов. Термостойкие мембраны на основе композитных материалов позволяют улавливать 80-85 % диоксида углерода. Технология по очистке газа с применением мембраны является очень перспективной разработкой. Она будет рациональнее всех остальных методов по себестоимости электроэнергии.

Энергетика, использующая традиционное органическое топливо, активно развивается в нашей стране, а значит возрастает и количество выбросов газов в окружающую среду. Проблема высокого содержания  $\text{CO}_2$  привлекает внимание ученых экологов по всему миру. Именно поэтому поиск и разработка новых методов очистки дымовых газов ТЭЦ особенно актуальна.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автономов, А. Б. Мировая энергетика: состояние, масштабы, перспективы, устойчивость развития, проблемы экологии, ценовая



динамика топливно-энергетических ресурсов // Электрические станции. – 2003. – № 5. – С. 55–64.

2. Тихомирова, Т. И. Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу / Т.И. Тихомирова, С.А. Хомутов // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования. Всероссийская научная конференция. – 2019. – С. 282–286.

3. Богачева, Т. М. Перспективы повышения экологичности угольных ТЭС / Т.М. Богачева, З.Г. Ярмуш // Экология и промышленность России. — 2013. — Август. — С. 57—58.

4. Куц, В. П. Возможные пути совершенствования центробежных пылеуловителей / В.П. Куц, М.П. Мыльк, С.Н. Балабан // Вестник БГТУ. – 2004. – №. 8. – С. 3-241.

5. Смирнов, Б. Ю. Об очистке газовых выбросов от оксидов азота // Альманах современной науки и образования. – 2012. – №. 5. – С. 124–126.

*УДК 620.91*

*Юдин А.В.*

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р, техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Возобновляемые источники энергии появились достаточно давно. Изначально источниками энергии служили мускульные силы людей и животных. Со временем, человечество нашло применение природным ресурсам и начали использовать себе во благо. Природные ресурсы являются неисчерпаемыми. К природным ресурсам относят: ветер, солнечный свет, водные потоки. Однако технологии и некоторые технические устройства (мельницы, очаги и т.п.) добывали не большое количество энергии, тогда люди решили перейти от ручного труда к машинному [1].

Переход от ручного труда к машинному в основном осуществлялся на сжигании угля и биомассы. Со временем произошло освоение технологий нефте- и газодобычи, благодаря которым начало происходить снижение вкладов биомассы и угля в мировой энергетический баланс, тем самым относительная доля угля снизилась на 25 %, а биомассы до 15 % [2].

Так же, люди понимали, что есть возможность неизбежности кризиса нефти. Нефть не могла быть основой развития энергии, так как

ее ресурс со временем мог исчезнуть. В настоящее время по всему миру наблюдаются большое количество экологических проблем, которые привлекают к себе внимание ученых для решения этой непростой ситуации. Во многих странах началось обсуждение, каким способом можно сделать мир более экологически безопасным, путем добычи различных источников энергии.

**Солнечная энергия.** Человечество научилось использовать лучи солнца в качестве энергии. Люди поняли, что солнечные батареи будут работать по принципу растений, которые поглощая солнечные лучи будут производить электроэнергию, но отличие в том, что панелям, не нужны неорганические вещества, так как они работают за счет нагревательных фотоэлементов [3]. Солнечная энергия стала одним из самых главных способов получения энергии, так же активно используется в космической сфере (Рис. 1).



Рис. 1 Принцип работы солнечной батареи

**Энергия ветра.** Энергия ветра использовалась еще с давних времен, к примеру ветряные мельницы. Затем появились ветряные генераторы, а через некоторое время турбины. Принцип работы ветряной турбины заключается в том, что, когда дует ветер, лопасти турбины захватывают его и начинают вращаться, превращая эту энергию в механическую. За это вращение отвечает внутренний вал, который соединен с коробкой передач, которая увеличивает скорость вращения в 100 раз. Как правило, ветровые установки ставят на высоте 80 метров, и турбина начинает вырабатывать электричество, когда скорость ветра достигает 9,6 – 14,5 км/ч (Рис. 2) [4].

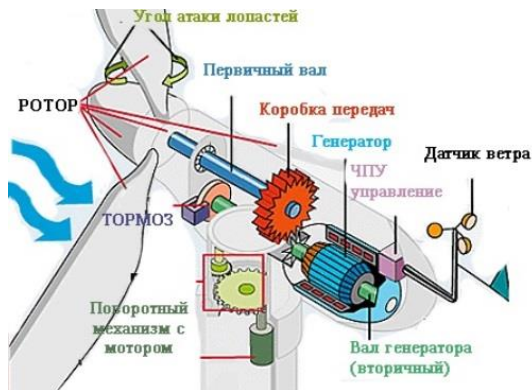


Рис. 2 Принцип работы ветрогенератора

К сожалению, везде есть свои положительные и отрицательные качества. Так и является актуальной проблемой, которая образовывается в результате приливной силы, которая случается под влиянием Луны. Для получения приливной энергии используются ПЭС – приливные электростанции. Принцип ее работы заключается в том, что перекрывается начало или конец реки плотиной, которая контролирует напор воды, которая нужна для вращения лопастей турбины. Идеальная скорость потока воды через турбину должна составлять от 5 до 11 км/ч [5].

Количество мусора, которое производит человек очень велико. Если брать суточные расчеты, то в среднем человек производит примерно 1500 грамм мусора и различных отходов. Со временем, люди научились использовать эти отходы в качестве энергии. Этой энергии вполне хватает для освещения домов или какие-либо предприятия. Одним из способов добычи энергии из отходов является сжигание, но перед сжиганием необходимо высушить и обработать. В некоторых странах фермеры всю жизнь перерабатывают эту энергию в качестве топлива.

Большое количество отходов выбрасываются на свалки. Там бактерии поглощают отходы, выделяя природный газ, который в основном состоит из метана. Метан – парниковый газ, его можно перекачивать в магистральную систему, откуда он поступает в дома для приготовления пищи или отопления [6].

В заключении хочется сказать, что наш мир очень богат различными природными ископаемыми, которые мы можем использовать во благо жизни людей, но также, не стоит забывать, что, деля во благо нам, не стоит делать хуже нашей природе и нашему миру.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротков, Д. В. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / Д.В. Коротков, Н.Н. Рясков // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. – 2019. – С. 29-33.
2. Фортов, В. Е. Возобновляемые источники энергии в мире и в России / В.Е. Фортов, О.С. Попель // Энергетический вестник. – 2013. – №16. С. 20-31.
3. Хасанова, М. Ю. Кластеризация возобновляемых источников энергии / М.Ю. Хасанова // International conferences. – 2022. – Т.1. – №19. – С. 18-21.
4. Попель, О. С. Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы развития / О.С. Попель, В.Л. Туманов // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – №2. – С. 135-148.
5. Соснина, Е. Н. Вопросы сопряжения параметров источников малой распределенной энергетики / Е.Н. Соснина, А.И. Чивенков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – №2. – С. 158-164.
6. Власова, А. А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А.А. Власова, П.Н. Тарасюк, П.А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1225-1231.

**УДК 620.92**

**Юдин А.В.**

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Быстрое развитие человечества ведет к быстрому и высокому росту потребления энергии. Общее потребление энергии в мире увеличится на 25 % к 2035 году по сравнению с 2020 годом. Основную часть потребляемой энергии составляют: газ, нефть, уголь. Быстрый рост расхода потребления энергии ведет не только к быстрой потере природных ресурсов, к труднодоступности, но и к увеличению их себестоимости. Также возможны различные экологические проблемы, которые могут серьезно повлиять на жизнь общества. Такие проблемы

могут вызвать: глобальное потепление (таяние ледников), загрязнение воздуха (атмосферы) и к изменению климата нашей планеты [1].

Основными энергоносителями за последние нескольких лет являются уголь, нефть, газ, на часть которых приходится 60 % электрической энергии, которая вырабатывается в стране. Существует несколько видов работ, которые помогут предотвратить эти проблемы или же смягчить. Первое - разработка более энергоэффективных технологий, второе - для производства энергии замещение ископаемых углеводородных типов на топливо, в основе которого лежит биомасса.

Биотопливо или же биомасса является нейтральным в отношении углерода, поскольку все газы, выделяющиеся при их сгорании пропадают из атмосферы благодаря углероду в процессе роста растений. Если заменить бензин или дизельное топливо биотопливом, то это позволит обеспечить снизить гораздо меньше выбросов в атмосферу примерно от 30 до 60 % [2]. Биотопливо практически полностью распадаются, что позволяет говорить о снижении загрязнения рек, почв и озер. Однако в мире на сегодняшний день приходится около 3 % вырабатываемой первичной энергии на производство для возобновляемых источников энергии. Причем меньшее количество возобновляемой энергии используется для распределения электрической энергии.

Энергетическая эффективность тепловых двигателей определяется отношением получаемой работы и затраченной на ее получение тепловой энергии. Оценка эффективности тепловых двигателей используется энергетический метод, суть которого заключается в определении составляющих энергетических балансов, КПД и анализируют энергетические потери, сопровождающие работу двигателя [3].

Во время процесса развития теории тепловых двигателей с помощью наблюдения и анализов, ученые выдвинули такие понятия, как энергия на свободную энергию, которая преобразуется в работу, и связанная энергия, которая ни при каких условиях не превращается в работу. В конце 19 века ученые ввели понятие "техническая работа способность" или "максимальная техническая работа". В 1956 году этой величине дали название "эксергия". Эксергия - та часть энергии, которую можно преобразовать в работу наилучшим образом для достижения равновесия с окружающей средой. А другая часть энергии, которая не способна к преобразованию в работу, называют "анергией". Так же стоит учесть то, что максимальная работа (эксергия) может совершаться только в равновесных обратимых процессах, которые представляют собой научную идеализацию. Действительная работа,

которая производится системой в реальных и необратимых процессах, всегда меньше максимальной [4].

В современном мире главное значение приобретают экологические преимущества развития возобновляемых источников энергии, а, так же биоэнергетики (Рис. 1).

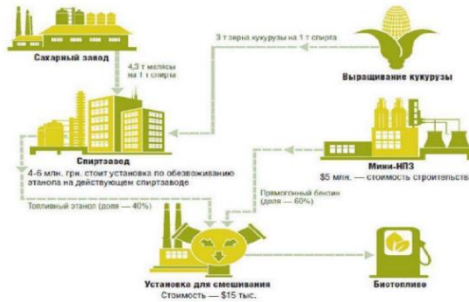


Рис. 1 Схема получения биотоплива

Древесная энергия является очень значимым источником энергии, которое нейтрально относится к углекислому газу. В настоящее время в мире объем заготовки древесины находится ниже годового прироста.

Региональное значение биоэнергетики заключается в том, что в удаленных районах биотопливо позволяет обеспечить необходимое энергосбережение взамен дорогостоящему и ненадежному ископаемому топливу (Рис. 2) [5].



Рис. 2 Потенциал производства биогаза в России

Еще одним важным аспектом производства биотоплива является необходимость в увеличении пахотных площадей, для которых направлены ресурсы сельскохозяйственной промышленности. К сожалению, в этом есть и минус, и плюс. Минус заключается в том, что это увеличивает число искусственных агроценозов, например, вырубка лесов. А с положительной стороны, это значительно уменьшает ресурсы

агросектора, которые направлены на производство продуктов питания. Для того, чтобы снизить большие нагрузки на аграрный сектор, которые связаны с производством биотоплива, происходит активное изучение и наблюдения, которые помогают найти новые способы получения сырья.

На данный момент биотопливо является одним из наиболее популярных и перспективных кандидатов на роль энергетических заменителей. Биотопливо легко заменит нефть, уголь и газ. Во всем мире наблюдается значительный рост объема биотоплива, и, согласно прогнозам, продолжит расти в ближайшие годы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Черныш, Н. Д. О потенциале использования альтернативных источников энергии в формировании энергоэффективности зданий / Н.Д. Черныш, А.Ю. Сидякина // Вектор ГеоНаук. – 2019. – Т. 2. – №. 2. – С. 38-44.

2. Гуцин, С. В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С.В. Гуцин, А.С. Семиненко, Ш. Чхао // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – №. 5. – С. 31-43.

3. Власова, А. А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А.А. Власова, П.Н. Тарасюк, П.А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1225-1231.

4. Панченко, А. В. Биотопливо как альтернативный источник энергии / А.В. Панченко // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2007. – № 6. – С. 14-18.

5. Васильев, Ю.С. Развитие энергетического сектора и биоэнергетики на Северо-Западе России / Ю.С. Васильев, В.В. Елистратов, Г.И. Сидоренко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – №. 1-2. – С. 74-86.

## Оглавление

Анцырев А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ  
ЗДАНИЙ ..... 3

Бобро Д.П.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
РУДОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ..... 6

Брежнев Д.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В  
КОЖУХОТРУБНОМ ЗМЕЕВИКОВОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ ..... 11

Бронникова Н.В.

СЛОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ. АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ ..... 16

Вдовенко А.А., Манаенко Н.В.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ  
СРЕДУ ..... 19

Гилев И.С.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ БПЛА С НАКОПИТЕЛЕМ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАНЕЛЯМИ  
..... 21

Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С., Белов Ю.И.

СЖИГАНИЕ БИОТОПЛИВА В КАЧЕСТВЕ РЕШЕНИЯ  
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ ..... 25

Гузеева В.Ю.

РОЛЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ  
ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЗДАНИЙ ..... 28

Забельский Д.С.

ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ВЕКТОРНЫМ  
УПРАВЛЕНИЕМ ..... 32



Костин А.А., Харитонов Б.М.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ  
И СИСТЕМЫ ВОДОВОДОВ ПОДПИТКИ НА ЭНЕРГОБЛОКЕ С  
ВВЭР-1200 ..... 37

Крамская А.А.

ИННОВАЦИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ  
ЗДАНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ ..... 40

Малышева А.Д., Белоусов И.А.

ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУНАПРАВЛЕННЫМ DC-  
DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
..... 44

Маховицкий В.Г.

СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ И  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ  
АККУМУЛИРОВАНИЯ ..... 50

Маховицкий В.Г.

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ ..... 54

Мисинёв Д.Ю.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЭС ДЛЯ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РОССИИ ..... 60

Орлов А.С.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ  
ПО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЮ ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОЙ  
АКТУАЛИЗАЦИИ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ..... 64

Патрикеев Д.Ю.

ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО  
ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ..... 69

Патрикеев Д.Ю.

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ  
ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧИ ..... 74

Раков А.Ю, Тарасов С.Р	
ГРАДИРНИ .....	79
Родионов И.А., Харитонов Б.М.	
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДПИТКИ И БОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРВОМ И ВТОРОМ ЭНЕРГООБЛОКАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС-2.....	84
Рыбаков И.Д., Меньшатов А.М., Шайнуров Р.Д.	
МЕТОДЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБУЧАЮЩИХ ТРЕНИНГОВ .....	87
Саенко А.А.	
ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ .....	90
Седнев В.О., Мисинёв Д.Ю.	
АВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ, ГИБРИДНЫЕ УСТРОЙСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	96
Седнев В.О., Мисинёв Д.Ю.	
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИИ И МИРЕ С 2021 ПО 2024 ГОД.....	99
Селезнева И.В., Гобокан Е.Н.	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ РОССИИ.....	102
Селезнева И.В.	
КАЧЕСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	106
Селезнева И.В.	
РАЗВИТИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В РОССИИ .....	109
Селезнева И.В.	

СОЛНЕЧНЫЕ ОКНА КАК БУДУЩЕЕ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	112
Селезнева И.В.	
ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКУ.....	115
Сулов Д.О.	
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ.....	119
Хаялиев О.В., Скалозуб З.Ю.	
ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ.....	122
Чермошанский В.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	126
Черных В.Э., Раков А.Ю., Тарасов С.Р.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ .....	131
Шакуров Ф.Ф., Шарипов Т.И., Валиуллин А.А.	
АКТУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН .....	134
Юдин А.В.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ .....	138
Юдин А.В.	
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭЦ .....	142
Юдин А.В.	
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....	145
Юдин А.В.	
ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	148