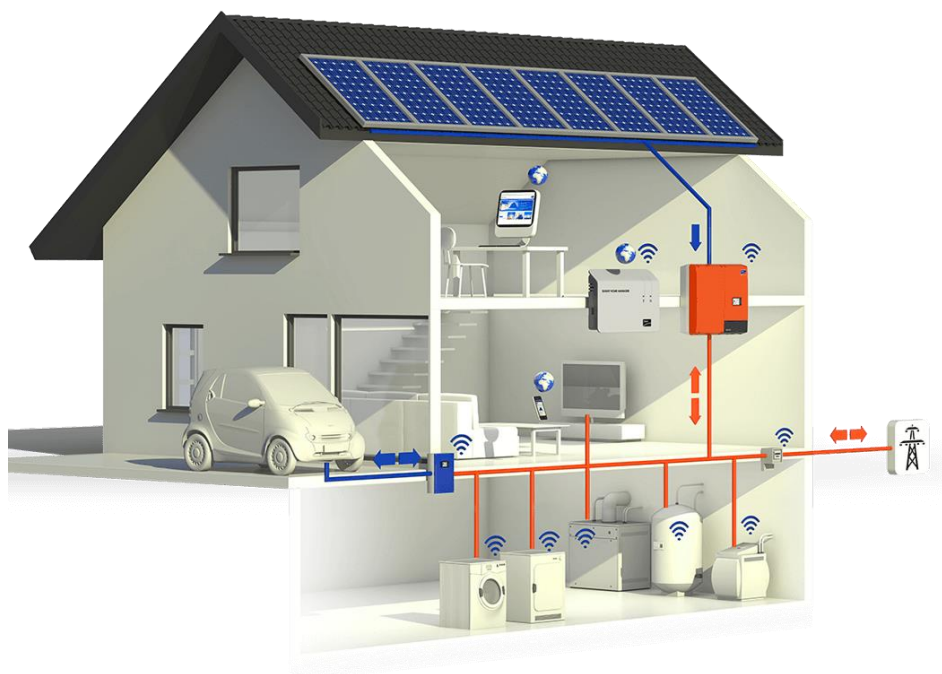


# ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Материалы ежегодной  
III Всероссийской научно-практической конференции  
обучающихся и преподавателей

Часть III

(Санкт-Петербург, 3 июня 2020 г.)



Санкт-Петербург  
2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

# **ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ**

**Материалы ежегодной  
III Всероссийской научно-практической конференции  
обучающихся и преподавателей  
Часть III**

**(Санкт-Петербург, 3 июня 2020 г.)**

**Санкт-Петербург  
2020**

УДК 620.9

ББК 31

Э 651

**ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ:**  
материалы ежегодной III Всероссийской научно - практической конференции обучающихся и преподавателей/ сост. М.С. Липатов, Г.А. Морозов; под общ. ред. Т.Ю. Коротковой – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. - В 3 ч. Ч. 3 – 103 с. – ISBN 978-5-91646-223-4

В настоящем сборнике представлены материалы ежегодной III Всероссийской научно - практической конференции «Энергетика и автоматизация в современном обществе», состоявшейся 3 июня 2020 года в г. Санкт-Петербурге.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, преподавателей, докторов, аспирантов, магистрантов и студентов учебных заведений, а также всех, проявляющих интерес к рассматриваемой проблематике с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Материалы представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Организаторы конференции не несут ответственность перед авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

*Материалы конференции размещены в научной электронной библиотеке [elibrary.ru](http://elibrary.ru) и зарегистрированы в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования).*

---

ISBN 978-5-91646-223-4

© Высшая школа технологии и  
энергетики СПбГУПТД, 2020  
© Коллектив авторов, 2020

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2020 г., поз.82

---

Подп. к печати 18.06.2020 г.

Формат 60x84/16.

Бумага тип. № 1

Печать офсетная.

Печ. л. 6,75.

Уч.-изд. л. 6,75.

Тираж 30 экз.

Изд.№.82

Цена «С».

Заказ

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,  
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

## СИСТЕМА НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ПРИ СИНТЕЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

студент гр. 462 Лукашонок Дмитрийс,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент Рудакова Ирина Викторовна  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет) СПбГТИ(ТУ)  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** Центральным блоком технологической схемы синтеза полиэтилена высокого давления является реакторный узел. Специфика физической реализации управляющего воздействия, жесткие технологические нормы, потенциальная опасность процесса стали предпосылками для разработки системы управления температурой в автоклавном реакторе на основе концепций нечеткой логики. Сравнительный анализ работы систем с ПИД и нечетким регуляторами показал преимущество использования нечеткого подхода в условиях релейно-импульсной реализации управляющего воздействия.

**Ключевые слова:** полиэтилен высокого давления, реактор смешения, система нечеткого регулирования, одноконтурная система регулирования

## FUZZY TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR THE HIGH-PRESSURE POLYETHYLENE SYNTHESIS

Lukashonoks Dmitrijs,  
Rudakova Irina Viktorovna

**Abstract:** The central block of the technological scheme of high-pressure polyethylene synthesis is the reactor unit. The specifics of the control action physical implementation, strict technological standards and the potential danger of the process became prerequisites for the autoclave reactor temperature control system based on concepts of fuzzy logic development. A comparative analysis of the operation of systems with PID and fuzzy controller showed the advantage of using a fuzzy approach in the relay-pulse control action implementation conditions.

**Keywords:** high-pressure polyethylene, mixing reactor, fuzzy control system, single-loop control system

Полиэтилен как готовый продукт классифицируется в основном по плотности: полиэтилен низкой, средней и высокой плотности. Специфика каждого типа полиэтилена создает ему отдельную область применения. Так,

благодаря высокой чистоте (отсутствию примесей), гибкости и эластичности, полиэтилен низкой плотности - высокого давления (ПВД) востребован в медицине, при производстве изоляции кабелей с большим сечением, гладкой и прозрачной пленки [1, с. 5-6].

Для синтеза ПВД применяются реакторы двух типов: автоклавный реактор (идеального смешения) и трубчатый реактор (идеального вытеснения) [1]. До сих пор технологические линии разрабатываются с применением обоих типов реакторов. Несмотря на многие преимущества трубчатого реактора, например, большая конверсия этилена в полиэтилен [1, с. 26] и более простой выход на режим, ПВД, полученный на многозонном автоклавном реакторе будет иметь большую механическую прочность и лучший показатель по молекулярно-массовому распределению при обеспечении заданного режима температур и подаче разных инициаторов в отдельные зоны реактора [1, с. 29-30]. Кроме того, в автоклавном реакторе можно получить уникальные сополимеры, например, винилацетатные, акриловые, пропиленовые и прочие [3, с. 111]. Вопросу перехода на новый уровень управления именно автоклавного реактора посвящена данная исследовательская работа.

Автоклавный реактор представляет собой вертикальный аппарат с отношением  $h/d = 5-10$  ( $h$  – высота,  $d$  – диаметр реактора) с мешалкой, проходящей по всей высоте аппарата. Чаще всего он состоит из двух или даже трех зон, которые отделяются неполными перегородками. В работе [1, с. 80] показано, что многозонный реактор может быть описан совокупностью последовательно соединенных однозонных математических моделей. В данной работе в качестве объекта управления рассмотрена только одна зона (камера) реактора объемом  $V=0,125 \text{ м}^3$ . Основная задача системы управления – стабилизация температуры в камере реактора путём изменения расхода подаваемого инициатора. Реакция полимеризации этилена экзотермическая, поэтому, согласно уравнению Аррениуса и принципу Вант-Гоффа, небольшое превышение по температуре способствует самоускорению реакции, что ведёт к потере устойчивости, сопровождающейся взрывным термическим разложением этилена.

Одна из основных сложностей при разработке автоматической системы регулирования (АСР) температуры состоит в необходимости подачи инициатора в аппарат, находящийся под высоким давлением. Для этого используются узкоспециальные дозировочные насосы, применительно к процессам синтеза ПВД - это ГНП 0,04/2500. В зависимости от уровня управляющего сигнала подача инициатора таким насосом может идти на 100%, 50%, 25% от максимального значения –  $0,04 \text{ м}^3/\text{ч}$  [4, с. 748]. Также существует ограничение на минимальную длительность управляющего импульса одной величины. Одной из причин этого следует считать частоту хода поршня - 65 двойных ходов в минуту.

Для управления такими объектами посредством АСР на базе ПИД регуляторов используются схемы с широтно-импульсным или частотно-импульсным модулированием выходного сигнала [5]. В работе [6] апробирована АСР температуры и давления в трубчатом реакторе синтеза ПВД на основе концепций нечёткой логики и по результатам имитационного моделирования показана ее эффективность. Принимая во внимание, что нечеткие системы управления целесообразно использовать для систем управления нелинейными объектами [7], так как именно в этих ситуациях раскрывается весь потенциал нечеткой импликации правил, в данной работе сделан акцент на синтез нечеткого регулятора и выполнено сравнение его эффективности по отношению к работе АСР с ПИД регулятором.

Синтез ПВД проходит при давлении в реакторе  $p=145$  МПа, температуре этилена на входе  $T_{mon}^0=310$  К, начальной температуре стенки реактора  $T_w^0=470$  К. Общий массовый расход реакционной смеси на входе в камеру реактора принят, исходя из материального баланса -  $G^0=2,08$  кг/с. Рециркуляция непрореагировавшего этилена [3, с. 109] является источником монотонно нарастающего возмущения – накопления примесей  $g_F$  и температуры входной реакционной смеси температуры  $T_{mon}^0$ . Для стабилизации давления в реакторе производительность стадии компримирования этилена на входе в реактор должна превышать производительность реактора [1, с. 17], а поскольку автоматическое управление этой стадией не входит в рассматриваемую систему - давление в реакторе  $p$  и расход подаваемой смеси  $G$  – возмущения.

За основу динамической модели автоклавного реактора синтеза ПВД принята описанная в работах [1], [8] система уравнений материального и теплового баланса по этилену, инициатору и температуре:

$$\frac{d(g_{mon})}{dt} = \frac{G}{V\rho} (g_{mon}^0 - g_{mon}) - \rho g_{mon}^{1,5} g_{in}^{0,5} K_{mon}, \quad (1)$$

$$\frac{d(g_{in})}{dt} = \frac{G}{V\rho} (g_{in}^0 - g_{in}) - \rho g_{mon} g_{in} K_{in}, \quad (2)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{G}{V} \sum_{i=1}^n g_i \int_T^{T^0} C_{p i} dT + \frac{G}{V C_p \rho} (g_{mon} - g_{mon}^0) \Delta H^R + \frac{K^T F (T - T_w)}{V C_p \rho}, \quad (3)$$

где  $g_{mon}, g_{in}, g_{mon}^0, g_{in}^0$  – массовая доля этилена и инициатора в смеси на выходе и входе реактора;  $\rho$  – плотность реакционной смеси (кг/м<sup>3</sup>);  $K_{mon}$  и  $K_{in}$  – константы скорости реакции м<sup>3</sup>/(кг·с);  $C_p, C_{p i}$  – изобарная удельная теплоёмкость реакционной смеси и  $i$ -го компонента Дж/(кг·К);  $T, T^0$  – температура реакционной смеси на выходе и входе реактора К;  $K^T$  – коэффициент теплопередачи Дж/(м<sup>2</sup>·К);  $F$  – площадь поверхности системы м<sup>2</sup>;  $T_w$  – температура поверхности системы К;  $\Delta H^R$  – энтальпия реакции полимеризации этилена Дж/кг,  $n$  – число компонентов.

Влияние температуры на скорость реакции описывается уравнением Аррениуса. С учетом оценки влияния давления на скорость реакции при

изменении температуры константа скорости реакции может быть представлена следующей зависимостью:

$$K = K^0 e^{-\frac{E + \Delta V^\ddagger (p - p_0)}{RT}} \quad (4)$$

где  $K$  – константа скорости реакции  $\text{м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с})$ ;  $K^0$  – предэкспоненциальный множитель данной реакции  $\text{м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с})$ ;  $E$  – энергия активации  $\text{Дж/моль}$ ;  $R$  – универсальная газовая постоянная  $\text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ;  $\Delta V^\ddagger$  – объем активации  $\text{м}^3/\text{моль}$ ;  $p$  и  $p_0$  – рабочее в реакторе и атмосферное давление, Па.

В качестве инициатора используется ди-трет-бутилпероксид. Его энергия активации инициирования составляет  $E_{in} = 152 \text{ кДж/моль}$  и объем активации  $\Delta V_{in}^\ddagger = 13,4 \text{ см}^3/\text{моль}$  [1, с. 56]. Энергия активации для полиэтилена  $E_{mon} = 105 \text{ кДж/моль}$  была вычислена на основе данных, представленных в [1, с. 59-63]. Величина объема активации полимеризации составляет  $\Delta V_{mon}^\ddagger = -40-45 \text{ см}^3/\text{моль}$  [2], отрицательность обусловлена ускорением реакции с ростом давления.

Для расчета удельной теплоемкости и энтальпии реакции от температуры при формировании модели объекта использованы эмпирические функциональные зависимости [8]. Расчёт плотности реакционной смеси выполнен по удельным объемам чистых компонентов без учета пренебрежимо малых концентраций инициатора.

Имитационное моделирование АСР выполнено в среде Simulink системы инженерного проектирования Matlab. Адекватность математической модели проверена при сопоставлении результатов моделирования с реальными данными, полученными в ходе запуска технологической установки со схожими конструктивными параметрами реактора [8]. Кроме того, проведена оценка совпадения рассчитанных на имитационной модели значений конверсии этилена в полиэтилен при регламентном диапазоне изменения температуры 505-525 К в пределах 16,7-18,9% с диапазоном 14-16%, приведенным в [3, с. 110], и с ограничением 20%, указанным в [1, с. 29].

Блок нелинейного преобразования выходного сигнала регулятора в управляющее воздействие, подаваемое на исполнительное устройство, имеет следующие пороги срабатывания:  $\mu=1$  ( $\mu_0 < 1,5$ ) насос работает на 25% производительности,  $\mu=2$  ( $1,5 \leq \mu_0 \leq 2,5$ ) –50%,  $\mu=4$  ( $\mu_0 > 2,5$ ) – 100%, где  $\mu_0$  – аналоговый управляющий сигнал от регулятора;  $\mu$  – дискретное управляющее воздействие, подаваемое на объект.

Процесс полимеризации этилена относится к потенциально опасным технологическим процессам, в которых из-за опасности возникновения экзотермического разложения недопустимо превышение регламентного диапазона изменения температуры. Поэтому в качестве основных показателей качества регулирования приняты: минимум перерегулирования или отклонения от задания, не выходящее за технологически диапазон, и минимум времени переходного процесса.

Для одноконтурной АСР с ПИД-регулятором настройки регулятора были найдены методом направленного ручного поиска:  $K = 20$ ,  $T_i = 1$ ,  $T_d = 25$ , коэффициент фильтрации  $N = 100$ . Структура нечеткого регулятора разработана в среде Matlab с применением инструмента fuzzy и включает две входные лингвистические переменные: рассогласование температуры  $\varepsilon T$  (термы: очень большое (BB), большое (B), нормальное (NORM), малое (S), очень малое (SS)) и производная рассогласования  $d\varepsilon T/dt$  (термы: большая (B), нормальная (NORM), малая (S)). База знаний нечеткого регулятора охватывает все возможные сочетания лингвистических значений входных переменных и представлена в таблице 1.

Таблица 1. База правил нечеткого регулятора

| Номер правила | Рассогласование температуры $\varepsilon T$ | Производная рассогласования $d\varepsilon T/dt$ | Управляющий сигнал от регулятора $\mu_0$ |
|---------------|---|---|--|
| RL1           | SS  | S   | 0 (аварийное отключение)                 |
| RL2           | S   | S   | 1  |
| RL3           | NORM  | S   | 1  |
| RL4           | B   | S   | 1  |
| RL5           | BB  | S   | 2  |
| RL6           | SS  | NORM  | 1  |
| RL7           | S   | NORM  | 1  |
| RL8           | NORM  | NORM  | 1  |
| RL9           | B   | NORM  | 2  |
| RL10          | BB  | NORM  | 4  |
| RL11          | SS  | B   | 1  |
| RL12          | S   | B   | 1  |
| RL13          | NORM  | B   | 2  |
| RL14          | B   | B   | 4  |
| RL15          | BB  | B   | 4  |

При настройке нечеткого регулятора в качестве формы функций принадлежности термов выбраны функции первого порядка. Графическое отображение результатов настройки нечеткого регулятора дано на рисунке 1.



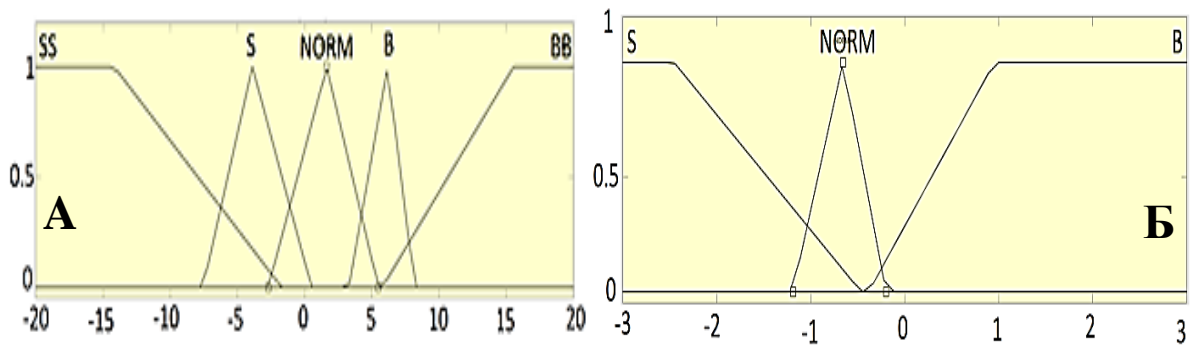


Рисунок 1. Функции принадлежности термов лингвистических переменных: А - рассогласование температуры  $\varepsilon T$ , Б - производная рассогласования  $d\varepsilon T/dt$

Сравнительный анализ АСР с ПИД и с нечетким регуляторами включал моделирование трех штатных режимов работы реакторного узла.

1. Стабилизация температуры в реакторе на значении  $T_{зд} = 515$  в условиях действия случайных возмущающих воздействий в реакторе (амплитуда в пределах  $\pm 3\%$ ). Действует ограничение по минимальной длительности управляющего импульса, составляющее 1с. Результаты работы систем представлены на рис. 2.

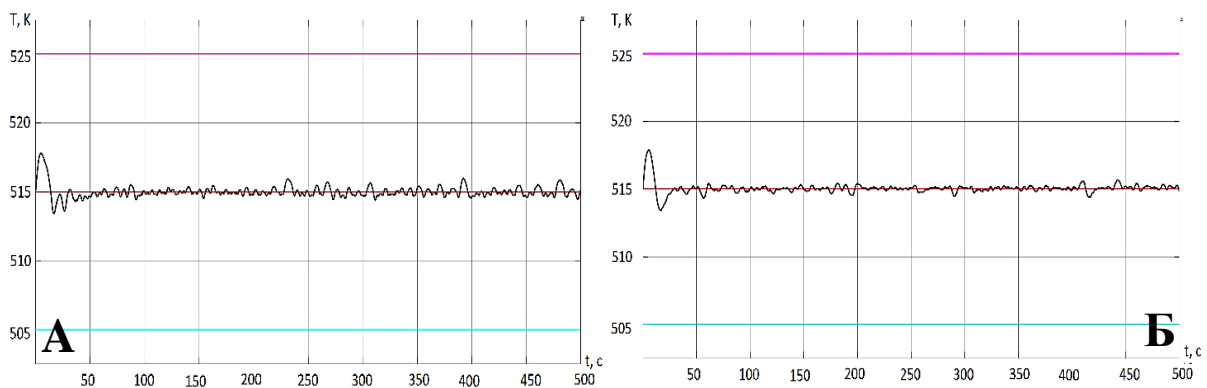


Рисунок 2. Результаты работы АСР в режиме стабилизации температуры с минимальной длительностью управляющего импульса - 1 с: А – с ПИД регулятором, Б – с нечётким регулятором

2. По результатам моделирования видно, что обе системы успешно справляются с поставленной задачей. Однако, при увеличении главного возмущения системы - минимальной длительности управляющего импульса до 3 с, преимущество АСР с нечетким регулятором становится явным (рис. 3).

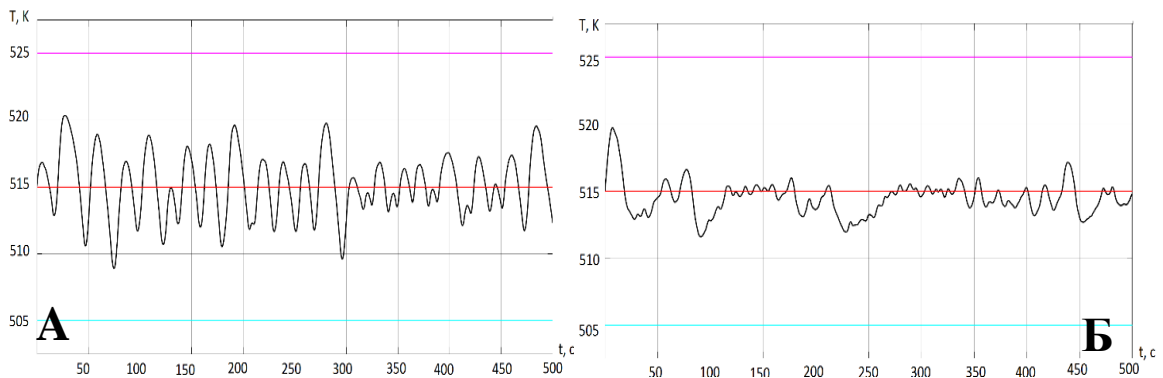


Рисунок 3. Результаты работы АСР в режиме стабилизации температуры при с минимальной длительностью управляющего импульса 3 с:  
 А – с ПИД регулятором, Б – с нечётким регулятором.

3. Как уже отмечалось, для получения сополимеров, или для коррекции технологического режима в ряде случаев необходимо менять задание регулятору температуры. Этот режим моделируется по схеме программного регулирования, где заданные значения изменяются в пределах регламентного диапазона: 515, 518, 525, 515, 512, 505. Уровень случайных возмущений:  $\pm 3\%$ , минимальная длительность импульса: 3 с. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

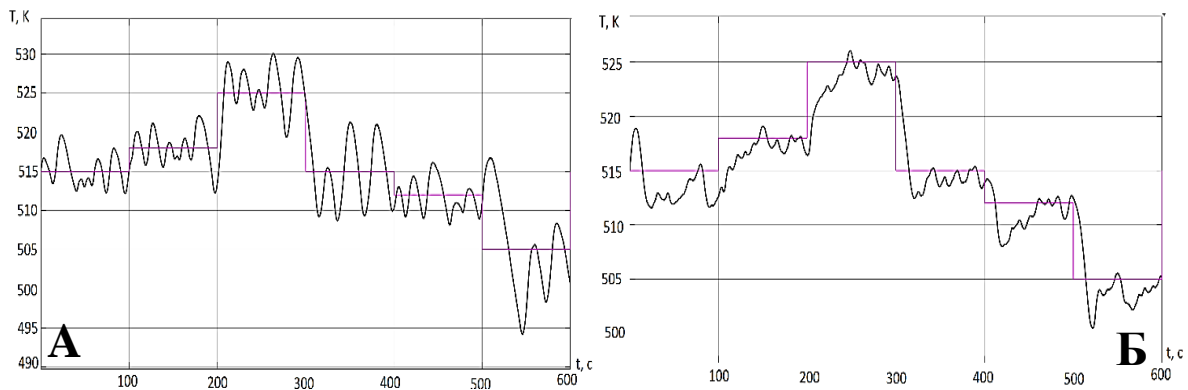


Рисунок 4. Результаты работы АСР в режиме программного регулирования температуры с минимальной длительностью управляющего импульса 3 с:  
 А – с ПИД регулятором, Б – с нечётким регулятором.

### Выводы

Сравнительный анализ работы АСР с ПИД-регулятором и с нечетким регулятором при широтно-импульсной модуляции сигнала регулирующего воздействия показал, что при обычном уровне возмущений и наименьшем возможном нижнем ограничении на длительность управляющего импульса - 1 с, обе системы осуществляют стабилизацию температуры в реакторе с близкими показателями качества: за исключением области неадекватной работы модели ( $\approx 30-40$  с) динамическое отклонение меньше 2 К (0,4 %), что укладывается в регламентный диапазон - 10 К. В случае значительного увеличения ограничения

- до 3 с, АСР с ПИД-регулятором дает значительно большую динамическую ошибку - менее 6 К, в то время как АСР с нечетким регулятором - менее 4 К; однако, обе системы не выходят за технологические ограничения. Нечеткий регулятор осуществляет переходный процесс с меньшим перерегулированием и динамической ошибкой. Переход обратно на АСР с ПИД-регулятором может быть целесообразным в случае перехода на другое исполнительное устройство, система управления которым обеспечит аналоговый режим изменения расхода инициатора.

### Список использованной литературы

1. Поляков, А. В. Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза / А.В. Поляков и др. – Л.: Химия, 1988. – 200 с.
2. Климов И. Г. Радикальная полимеризация этилена в трубчатых и автоклавных реакторах //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – Т. 317. – №. 3. – С. 174-177.
3. Николаев А.Ф. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под общ. ред. В.К. Крыжановского. - СПб.: Профессия, 2008. - 544 с.
4. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. Т. 3 — 852 с.
5. Кунцевич, В.Н. Нелинейные системы управления с частотно- и широтно-импульсной модуляцией / В.М. Кунцевич, Ю.Н. Чеховой. – Харьков: Техніка, 1970. – 340 с.
6. Веревкин А. П., Калашник Д. В., Хуснияров М. Х. Оперативное управление процессом производства полиэтилена по показателю качества (индексу расплава) // Территория Нефтегаз. – 2013. – №. 5. – С. 14-18.
7. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление/ А. Пегат; перев. с англ. – 2-е изд. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. – 798 с.
8. R. Steiner Kostenoptimierung eines Polymerisationsver (Ahrens mit Rührkesselreaktor) // Chemiker Zeitung/Chemische Apparatur. – 1968.- В. 92 - № 18. - S. 665-675.

© Д. Лукашонок, И. В. Рудакова, 2020

## СОЗДАНИЕ WEB-СТРАНИЦ ПРИ ПОМОЩИ КОНСТРУКТОРОВ САЙТОВ

студент гр. 515 Лакетка Никита Владимирович,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент Антонюк Петр Евгеньевич  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В данной работе произведен анализ подходов разработки веб-страниц с помощью конструкторов сайтов. Рассмотрены достоинства конструкторов, основные причины их использования потребителями.

**Ключевые слова:** веб-страница, сайт, api, css, HTML.

## CREATION OF WEB PAGES BY USING SITE DESIGNERS

Laketka Nikita Vladimirovich,  
Antonuk Peter Evgenievich

**Abstract:** In this work the analysis of approaches of developing web pages by using website builders. The advantages of constructors and the main reasons for their use by consumers are considered.

**Keywords:** web page, site, api, css, HTML.

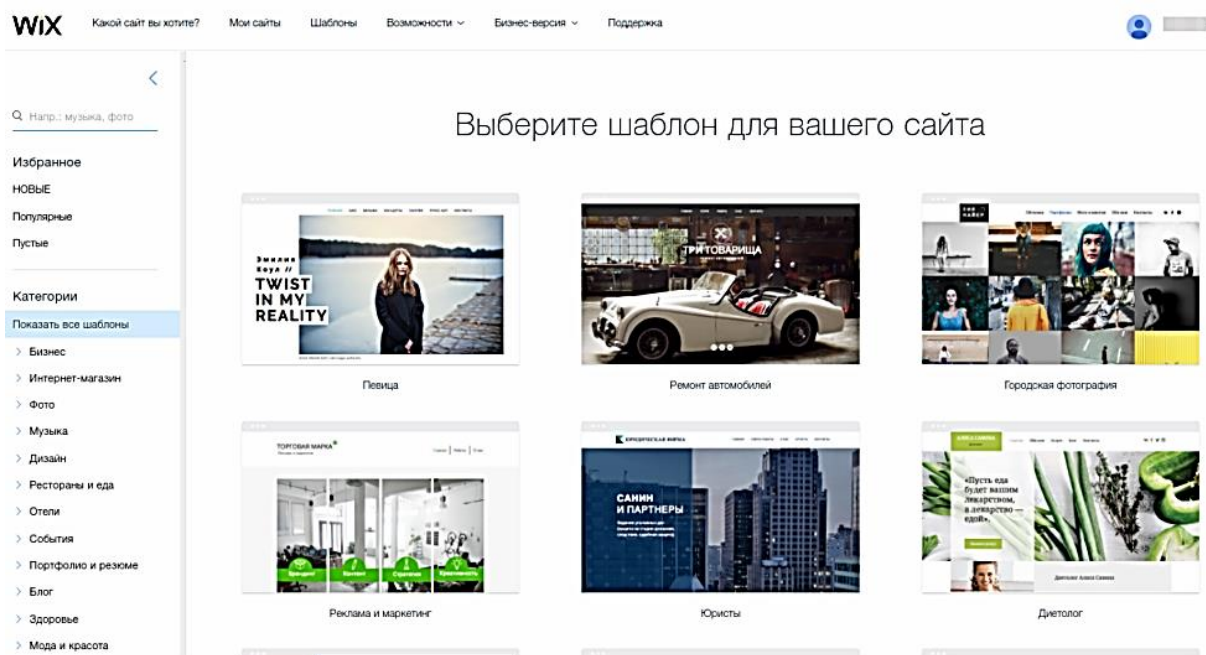
Конструкторы сайтов – это сервисы, где любой желающий может буквально за пару минут создать полнофункциональный сайт - визитку, интернет - магазин, блог, или еще что-то. Достаточно зарегистрироваться, выбрать домен (адрес сайта) и настроить внешний вид сайта под свои потребности (рис. 1). Обычно это можно сделать бесплатно, не потратив ни копейки своих денег [1]. Есть ли перспективы у конструкторов заменить массовую ручную верстку, или все это игрушки, не имеющие никаких перспектив?

Рассмотрим основные достоинства конструкторов сайтов:

1. Не нужно ломать голову с хостингом и доменом – достаточно пройти регистрацию, и можно приступать к работе.
2. Существует большое количество бесплатных конструкторов сайтов – доступность для любого пользователя.
3. Техническая поддержка поможет решить все вопросы, которые могут возникнуть у пользователя.

#### 4. Как правило, приличный внешний вид сайта.

Однако, почему абсолютное большинство желающих создать собственный сайт обращаются к веб - студиям или фрилансерам, тратя внушительные суммы?



*Рисунок 1. Меню выбора шаблона для создания собственного сайта на домене wix.com*

Это происходит по следующим причинам:

1. Бесплатность – да, это хорошо. Но бесплатно можно получить только домен третьего уровня. Его не примут ни в какой денежный сервис – даже в большинство тизерных сетей ему не попасть, так что на доход с такого домена вряд ли можно получить. Обычно можно подключить к сайту домен второго уровня, купленный отдельно, но не всегда. А сам сервис на бесплатном сайте может крутить свою рекламу, и, чтобы от нее избавиться – нужно заплатить. Бесплатно предоставляется только базовый набор возможностей. Все остальное – платно. Даже хостингом, который дают бесплатно вы не владеете. Поэтому администрация сервиса может по своему усмотрению просто удалить ваш сайт и ничего не объяснять. А забрать сайт и перенести на другой хостинг вы не сможете, хотя некоторые сервисы и дают такую возможность, но это уже платно.

2. Функционал сайтов в конструкторе очень ограничен. Существует базовый набор возможностей, и добавить новые плагины, скрипты, коды пользователю нельзя. Есть только возможность менять надписи и картинки. В некоторых сервисах платно можно купить новые функции, но, опять - таки, из стандартного набора. Развивать функционал как угодно пользователю не представляется возможным. Даже вставить баннер в неположенном месте не получится.

3. Высокая сложность продвижения. Бесплатные хостинги и домены третьего уровня (и даже второго уровня, но на бесплатном хостинге) всегда поисковиками понижаются в выдаче. Преимущество отдается сайтам с доменами первого уровня, расположенных на быстрых, стабильных серверах, за использование которых нужно платить. Кроме того, поисковые системы понижают рейтинг выдачи страниц конструкторов. Это означает, что страницы конструкторов будут находиться хуже, чем такие же страницы, написанные на низкоуровневом языке веб - программирования. Дизайн будет мало отличаться от тысяч таких же сайтов, хотя внешнее различие между ними есть, но поисковики видят одну и ту же структуру, что и снижает рейтинг [2].

4. Человеческий фактор – люди, которые пользуются конструкторами сайтов, имеют слабое представление о сайтах вообще, а о продвижении и SEO – тем более. Поэтому они не используют даже те скромные возможности, которые им дает конструктор.

5. Посторонняя реклама – сервис крутит свою рекламу на сайте пользователя или вставляет свой логотип или ссылку на видном месте. Отключить это – платно, и цена в месяц может быть, как на приличный платный хостинг, а то и больше.

6. Коды конструкторов открыты для всех, и злоумышленник может подобрать способ навредить сайту так, что это будет сложно или вообще невозможно исправить. Конструктор не защищен от атак хакеров, особенно специализированных к коду данного конструктора. Уязвимости есть всегда, и заплатки нейтрализуют только замеченные, а открытость кода всегда дает возможность найти уязвимость.

7. Значительно более долгая генерация и загрузка страниц, создаваемых конструкторами. Это означает неоправданную нагрузку на сервер и большую уязвимость при повышенных количествах обращений к сайту.

Конструкторы сайтов имеют право на существование. Все зависит от целей человека, которому нужен собственный сайт. Если сайт нужен некоммерческой деятельности, есть ограниченность в финансовых ресурсах, да и требуемых навыков веб - программирования нет – сайт, созданный конструктором, будет оптимальным выбором. Однако, для чего - то большего, например, для создания ресурса с планируемой высокой посещаемостью и для его поддержания в достойном состоянии необходимо разрабатывать сайт с нуля, своими силами либо обратившись к профессионалам.

#### **Список использованной литературы**

1. Бабаев А.М., Бодя М.С., Евдокимов Н.В. Создание сайтов. – СПб.: Издательство Питер, 410 с.
2. Романенкова О.Н. SEO - продвижение как эффективный инструмент интернет - маркетинга // Стратегии бизнеса. 2014. №1 (3).

© Н.В. Лакетка, П.Е. Антонюк, 2020

## ПРИМЕНЕНИЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ

студентка гр. 46ж **Бабинцева Валерия Игоревна**,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Резанов Евгений Михайлович**  
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)  
г. Омск, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье проанализирована целесообразность применения котельного агрегата, использующего в качестве теплоносителя термальное масло. Рассмотрены параметры выбора термального масла и факторы, которые необходимо учитывать при проектировании котельной. Выявлены преимущества термального масла по сравнению с водой и паром.

**Ключевые слова:** котельный агрегат, теплоноситель, термальное масло, теплопередача, температура.

## APPLICATION OF A BOILER UNIT USING A HIGH-TEMPERATURE HEATER

**Babintseva Valeria Igorevna,**  
**Rezanov Evgeny Mikhailovich**

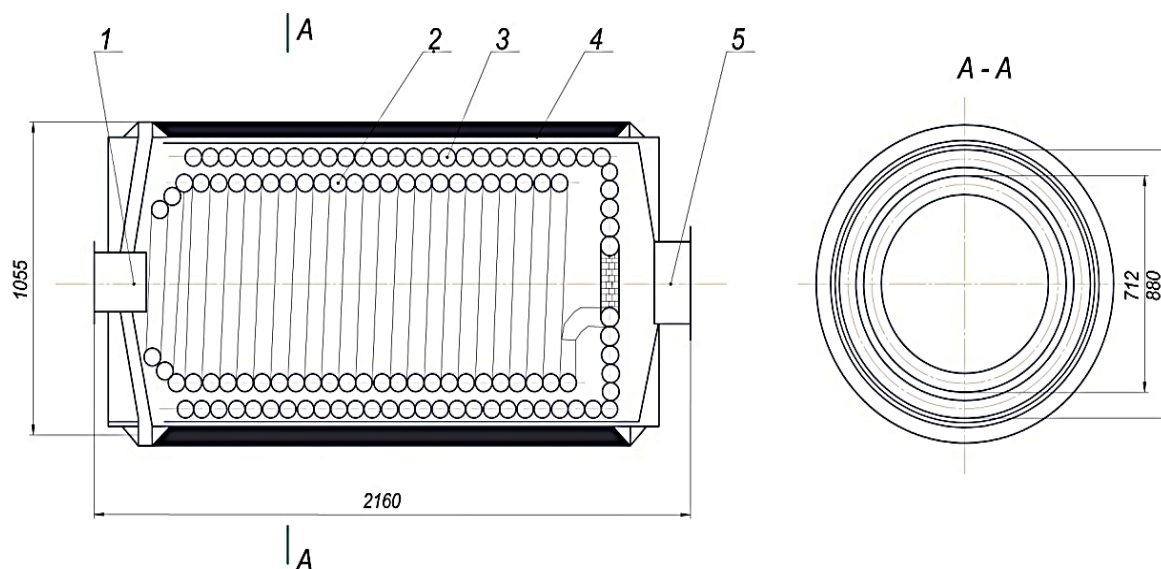
**Abstract:** The article analyzes the feasibility of using a boiler unit using thermal oil as a heat carrier. The parameters of the choice of thermal oil and factors that must be considered when designing a boiler room are considered. The advantages of thermal oil in comparison with water and steam are revealed.

**Key words:** boiler unit, heat carrier, thermal oil, heat transfer, temperature.

В современном мире необходимо создание оборудования, которое совмещает в себе характеристики безопасности, эффективности и экономичности. Одним из инновационных решений является проектирование котельного оборудования, где в качестве теплоносителя применяется термальное масло.

Котел на диатермическом масле — это актуальная эффективная замена паровым котельным, так как в качестве теплоносителя используется не пар, который очень сложен и затратен в процессе эксплуатации, а специальное термальное масло, лишенное в силу своих физических качеств всех недостатков пара, как теплоносителя.

Термомасляный котел (рис.1) представляет собой оборудование с многократной принудительной циркуляцией высокотемпературного теплоносителя. Термальное масло может быть синтетическое либо минеральное. Нагревание масла или иного теплоносителя осуществляется при помощи утилизации тепла, получаемого путем сжигания жидкого, твёрдого, газообразного топлива, а также биотоплива.



*Рисунок 1. Термомаслогрейный котлоагрегат Lavart DMH 500:*

- 1 – расположение горелки; 2 – первый кольцевой канал (по ходу газа);  
3 – второй кольцевой канал (по ходу газа); 4 – корпус котла с изоляцией;  
5 – выход дымовых газов*

Основная характеристика диатермической жидкости – высокая температура кипения при атмосферном давлении: это позволяет достигать высоких температур без необходимости увеличения давления. Именно этот критерий дает возможность значительно снизить стоимость оборудования и повысить уровень безопасности его работы. Помимо этого, низкое давление, вязкость и высокая термоустойчивость дают возможность быстро и без затруднений управлять температурами в технологическом процессе.

Котлы на диатермическом масле устроены так, что в них не замерзает теплоноситель, следовательно, прокладка теплотрассы может быть надземной. Система котельной полностью изолирована. Теплоноситель в данном случае не претерпевает фазовых переходов в процессе работы, что решает проблемы дополнительных тепловых потерь.

Также термомасляные котлы имеют защиту от избыточного давления. В котлах не используется вода в качестве теплоносителя, следовательно, не требуется дорогостоящее оборудование для водоподготовки. Эксплуатация котельной происходит автоматически, трубопроводы не подвергаются коррозии, температурный график системы урегулирован точно.



Существуют следующие параметры выбора диатермического масла [2]:

- максимальная рабочая температура;
- точка текучести (минимальная температура, ниже которой масло начинает загустевать);
- давление пара при температуре 300°C ниже 600 мбар (чтобы исключить герметизацию системы).

Основной недостаток термального масла – это возможная порча масла (окисление, крекинг). Во избежание порчи масла требуется выполнять следующие действия:

- периодически контролировать состояние масла (химический анализ);
- осуществлять замену, если результаты химического анализа показывают, что масло непригодно для дальнейшего использования;
- использовать масло при максимальной температуре, ниже предусмотренной для данного типа масла;
- выбирать правильное место расположения и осуществлять качественное подключение масляного расширительного бака;
- уделять значительное внимание насосам и устройствам безопасности, которые контролируют правильную циркуляцию и температуру масла в котле.

Индикативный срок службы диатермического масла – 20000 часов работы, но это значение может существенно меняться в зависимости от температуры (если она близка к максимально допустимому значению, срок службы масла становится гораздо меньше), а также от правильной работы системы.

Проектирование термомасляной котельной осуществляется почти также, как паровой котельной [1]. При расчетах учитываются плотность, вязкость, текучесть и температура масла.

Котел необходимо устанавливать в помещении, соответствующем предписаниям действующих противопожарных норм безопасности. В помещении котельной необходимо иметь вентиляционные отверстия соответствующего размера. Требуется предусмотреть достаточное место для обслуживания всех компонентов системы [3].

Необходимо, чтобы пол котельной имел бортики, препятствующие разливу масла в случае утечки из котла. Также нужно предусмотреть каналы, которые будут направлять масло, слитое из системы, в емкость для хранения.

Правильная установка горелки, котла и дымохода позволит существенно понизить расход топлива и получить оптимальное сгорание с низким выбросом загрязняющих веществ в атмосферу. Подключение котла к дымоходу должно быть выполнено в соответствии с действующим законодательством и нормами при помощи жестких герметичных труб, устойчивых к температуре, конденсату, механическим нагрузкам. Уплотнительные прокладки дымохода должны быть устойчивыми к температуре не менее 500°C. При использовании в качестве топлива газ, все соединения должны быть абсолютно герметичными. Контур

подачи топлива должен быть оснащен предохранительными и контрольными устройствами в соответствии с действующими нормами.

Принцип действия котельной следующий (рис.2). Свежее подогретое в теплообменном аппарате диатермическое масло, смешиваясь с системой подпитки, проходит ступень фильтрации. Насосом заполнения масло по трубопроводу направляется в котел, где происходит его нагрев. Насос заполнения обладает свойством самовсасывания. Разница температуры масла между подающей и обратной линией  $50^{\circ}\text{C}$ . Нагревшись до заданной температуры, теплоноситель уходит в систему теплоснабжения.

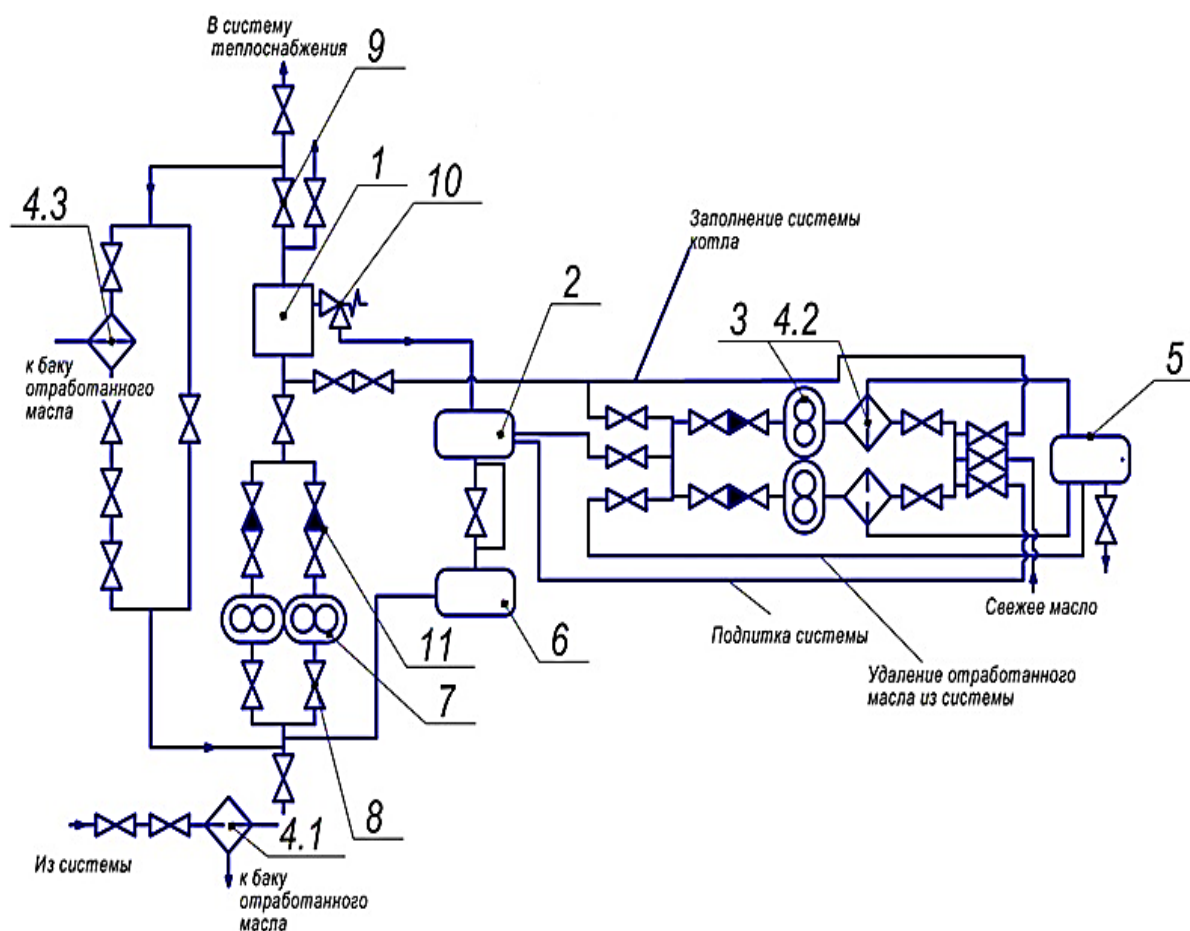


Рисунок 2. Принципиальная тепловая схема котельной:

- 1 – нагреватель диатермического масла; 2 – бак запаса масла;  
 3 – насос заполнения/слива; 4.1-4.3 – фильтры; 5 – бак отработанного масла;  
 6 – расширительный бак; 7 – насос циркуляции; 8 – охладитель отбора проб;  
 9 – запорная арматура; 10 – предохранительный клапан; 11 – клапан обратный

Можно сделать вывод, что по сравнению с паром и водой термальное масло обладает следующими преимуществами:

- характеризуется большой теплоемкостью и высоким коэффициентом теплоотдачи;
- не требует предварительного изменения химического состава;
- не нуждается в использовании котлов высокого давления;
- является экологически чистым топливом (технологический цикл закрытый, поэтому выбросы в окружающую среду отсутствуют);
- любой другой теплоноситель не имеет способности разогреваться до максимальных температур в 300-360 °С, а для некоторых производств повышенная температура котельной является критически важной;
- масло препятствует возникновению накипи на внутренних системах котла, что существенно снижает расходы на чистку котельных установок и другие процедуры.

Котлы, работающие на диатермическом масле – незаменимые элементы технологического развития нефтехимической, строительной, пищевой, металлообрабатывающей и других отраслей промышленности.

#### **Список используемой литературы**

1. Лебедев В. М., Приходько С. В. Котельные установки и парогенераторы: учебник для бакалавров / В.М. Лебедев, А.С. Заворин, С.В. Приходько, В.В. Овсянников – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 376 с.
2. Инструкция по установке, эксплуатации и обслуживанию котлов на диатермическом масле Unical: техническое руководство.
3. «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок» от 24 марта 2003 г. № 115.

© В.И. Бабинцева, Е.М. Резанов, 2020

## УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ДВИГАТЕЛЯ

студент гр. 523 **Ермоленко Евгений Васильевич**,  
студент гр. 523 **Игумнов Максим Андреевич**,  
науч. руководитель: канд. техн. наук **Верхоланцев Александр Александрович**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье ставится задача - наблюдение за скоростью поступления железа в смазочную систему. Для реализации поставленной задачи необходимо применить диагностический информатор. По этому показателю мы можем судить о качестве эксплуатации двигателя, что позволит предупредить возникновение неисправности.

**Ключевые слова:** двигатель, диагностика, информатор, неисправность, повышение, ресурс.

## MANAGEMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE ENGINE

**Ermolenko Evgeniy Vasilevich,**  
**Igunnov Maxim Andreevich,**  
**Verholantsev Alexander Alexandrovich**

**Abstract:** The article sets the task of monitoring the rate of iron in the lubricant system. To implement the task it is necessary to apply a diagnostic informant. By this indicator, we can judge the quality of engine operation, which will prevent the occurrence of a malfunction.

**Keywords:** engine, diagnostics, informant, malfunction, increase, resource.

В течение достаточно длительного времени существует масса нареканий на отечественных двигателестроителей. Основные претензии предъявляются к низкой надежности и малому ресурсу. Как показывает анализ, разброс в показателях ресурса для одной и той же марки двигателя очень велик. Исследования показали, что ресурс двигателя Д-245, установленного на автомобиль ЗИЛ 130, может достигать 1 млн. километров. На ресурс влияет множество факторов, большая часть которых - эксплуатационные. Для того чтобы обеспечить максимально длительную эксплуатацию, необходимо контролировать процессы, происходящие в двигателе. Любое отклонение от оптимальных условий приводит к моментальному увеличению скорости изнашивания деталей. Следовательно, её необходимо контролировать, причем

постоянно. Современные электронные системы позволяют решить эту задачу. На сегодняшний день они в основном применяются для управления двигателем, однако это не полное использование их возможностей.

До настоящего времени определение технического состояния двигателя производилось путем диагностирования. Существующая планово - предупредительная система технического обслуживания предполагает проведение диагностирования вовремя ТО. Однако это не является решением проблемы, поскольку в период между ТО возможно возникновение ситуаций, которые приведут в дальнейшем к отказу. Применяемые способы диагностирования в основном направлены на констатацию имеющейся неисправности. Обусловлено это в первую очередь тем, что из-за простоты применения, дешевизны, точности постановки диагноза применяются приборы первого поколения. Такое положение не удовлетворяет современным требованиям. Необходимо не допустить факт возникновения неисправности.

Для реализации поставленной задачи необходимо применить наиболее адекватный диагностический информатор. Уменьшение ресурса двигателя связано в первую очередь с износом его ресурсоограничивающих деталей. К ним можно отнести: коленчатый и распределительный валы, гильзы цилиндров, поршневые кольца, вкладыши. Следовательно, почти все ресурсоограничивающие детали состоят из железосодержащих сплавов. Как известно, любое отклонение от оптимальных условий эксплуатации приводит к увеличению скорости изнашивания, а поскольку детали состоят в основном из железа, то и скорости поступления железа в смазочную систему увеличиваются. На основании этого показателя был разработан способ диагностирования. О том, что он является очень информативным и в наибольшей степени соответствует поставленной задаче, свидетельствуют результаты исследований большого количества ученых. Способ известен давно, однако не получил широкого распространения в связи с недостаточным развитием техники, сейчас эта задача решается.

Задачей является наблюдение за скоростью поступления железа в смазочную систему. По этому показателю мы можем судить о качестве эксплуатации двигателя, что позволит предупредить возникновение неисправности. По исследованиям ученых на скорость изнашивания влияет около 22 факторов, все их учесть задача очень сложная.

Следовательно, можно контролировать скорость поступления железа в смазочную систему, на основании этого делать вывод об условиях эксплуатации. Постановка же диагноза является прерогативой мастера - диагноста. Таким образом будет достигаться контроль за условиями эксплуатации и управление техническим состоянием. Оператор же МЭС (тракторист, комбайнер, водитель) будет получать информацию об отклонении условий эксплуатации от оптимальных и примерном остаточном ресурсе при их сохранении на существующем уровне. Поскольку необходимые датчики разработаны,

необходимо создание средств обработки информации, т.е. программного обеспечения.

В контексте данной проблемы возникает необходимость в дифференцированном исследовании массы железа, поступающего с каждой из этих деталей.

Для работы способа необходимо выбрать деталь, которая бы являлась наиболее оптимальным информатором. Для этой цели необходимо проанализировать процесс изнашивания ресурсоограничивающих деталей и выбрать из них наиболее изнашиваемую в период эксплуатации.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что наибольшему изнашиванию подвергаются поршневые кольца и зеркало гильзы цилиндра (ЗГЦ). Наибольший интерес при этом представляет износ в зоне остановки верхнего компрессионного кольца при положении поршня в верхней мертвой точке. Значительному износу подвергается также первое компрессионное кольцо, однако замена колец операция достаточно простая и не требует значительных затрат времени. Кроме всего прочего с поверхности ЗГЦ в связи с большой площадью трения поступает значительно большее количество продуктов изнашивания (железа). Важным является и тот факт, что ЗГЦ меньше подвержено влиянию различных краткосрочных факторов.

#### **Список использованной литературы**

1. Кузнецов Ю.А. Моделирование изнашивания МДО - покрытий / Ю.А. Кузнецов, В.В. Гончаренко, А.В. Ферябков // Техника и оборудование для села, №9 (219). – 2015. – 17 с.
2. Кузнецов Ю.А. Повышение износостойкости и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, В.В. Гончаренко, М.А. Глинский // Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. №9. С. 11 – 15.
3. Алиев Рошван Алексан оглы. Комплексный параметр оценки технического состояния тракторных дизелей на основе косвенного измерения максимального значения давления в цилиндре: дисс... канд. техн. наук - Л., 2000. - 22 с.
4. Гусаков С.В. Электронно - програмный комплекс для регистрации быстродействующих процессов двигателей внутреннего сгорания. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1997. С. 40 - 45.
5. Халфин М.А. Перспективы повышения качества и надежности сельскохозяйственной техники // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. С. 22 – 23.

© Е.В. Ермоленко, М.А. Игумнов, А.А. Верховланцев, 2020

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

студент гр. ЭН-280018 **Бессонов Илья Алексеевич**,  
студентка гр. ЭН-280018 **Бреусова Анна Александровна**,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Ташлыков Олег Леонидович**  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Аннотация:** В работе обобщены данные по действующим, строящимся и выводимым из эксплуатации атомным электростанциям в мире и России. Выполнен анализ состояния атомной энергетики в отдельных странах. Рассмотрены перспективы развития атомной энергетики в мире. Приведены данные по современным проектам АЭС повышенной безопасности, сооружаемым по российским проектам за рубежом.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, безопасность, ядерная безопасность, культура безопасности, реактор ВВЭР-1200, реактор на быстрых нейтронах.

## ANALYSIS OF THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER IN THE WORLD

**Bessonov Ilya Alekseyevich,**  
**Breusova Anna Alexandrovna,**  
**Tashlykov Oleg Leonidovich**

**Abstract.** This work summarizes data about existing, building and decommissioned nuclear power stations in the world and in Russia. The analysis of the state of the nuclear power in different countries is performed. Prospects for the development of the nuclear power in the world are considered. The data on modern projects of the high-security nuclear power stations constructed according to the Russian projects abroad are given.

**Keywords:** nuclear power plant; safety; nuclear safety; safety culture; VVER-1200 reactor; fast neutron reactor.

### *Введение*

История мирной атомной энергетики начинается с 26 июня 1954 г., когда в 17 ч 45 мин в Лаборатории «В» в Обнинске была пущена Первая в мире

демонстрационная атомная электростанция. Впервые промышленный электрический ток был получен от энергии атомного реактора. Первая в мире АЭС представляла собой электростанцию мощностью 5 МВт на основе реактора с водяным охлаждением и графитовым замедлителем [1, с.14].

Пуск первой в мире атомной электростанции кардинально изменил представление современников о возможности применения ядерной энергии, стал важным шагом на пути к ее использованию на благо человека.

За 66-летний период развития ядерная энергетика как энергетическая отрасль прошла сложный путь развития. Сейчас ядерная энергетика находит свою устойчивую нишу в топливно-энергетическом балансе нашей страны и всей мировой энергетике.

По данным МАГАТЭ по состоянию на март 2020 года в мире действует 442 ядерных энергетических реактора общей электрической мощностью 390546 МВт (рис. 1) [2].

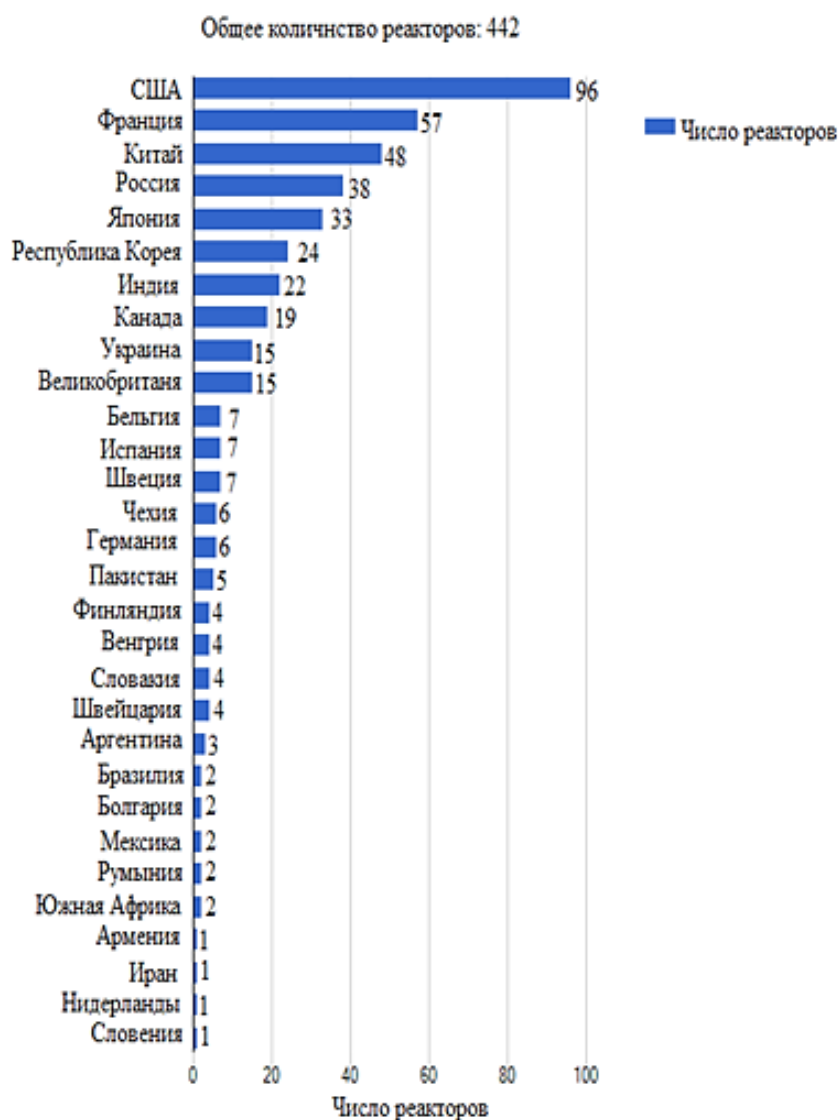


Рисунок 1. Текущее состояние атомной энергетике мира (ядерные энергетические реакторы в стадии эксплуатации)



Авария на АЭС “Фукусима-дайити” в Японии в марте 2011 года дала основания для беспокойства по поводу ядерной безопасности во всем мире и заставила задуматься о будущем ядерной энергетики. Теперь стало ясно, что в предстоящие десятилетия использование ядерной энергии будет продолжать расти, хотя этот рост будет медленнее, чем предполагалось до аварии. Многие страны, у которых имеются ядерно-энергетические программы, планируют их расширять. Многие новые страны – как развитые, так и развивающиеся – намерены встать на путь развития ядерной энергетики. Некоторые страны, например Германия, планируют отказаться от ядерной энергетики. Последние прогнозы МАГАТЭ говорят об устойчивом росте числа атомных электростанций в мире. Мощность АЭС возрастет к 2030 году на 23% по низкому прогнозу и на 100% по высокому прогнозу.

#### *Состояние атомной энергетики в мире*

Лидером по количеству реакторов являются США. В стране эксплуатируется 96 энергетических установки (64 – реакторы типа PWR и 32 реактора с кипящей водой BWR), что составляет почти 22 % от общего числа реакторов в мире. Общая вырабатываемая мощность реакторов в США составляет 97565 МВт. Доля атомной энергетики в стране составляет 19,32% от общего производства электроэнергии. В процессе строительства находятся два ядерных блока AP1000 (advanced passive) на станции Vogtle, расположенной недалеко от Уэйнсборо, штат Джорджия. Большинство ядерных объектов расположено в Центральной и восточной части США.

Но лидером по доле «атомной» электроэнергии в общем ее производстве является Франция. Она составляет 70,58%. В стране работает 57 энергетических установки, с общей вырабатываемой мощностью 62250 МВт.

Лидером среди типов реакторов являются водо-водяные энергетические реакторы типа ВВЭР (российские проекты) и зарубежные аналоги PWR (Pressurized Water Reactor). Их количество в мире составляет 299, что является 68% от общего числа реакторов в мире. Меньше всего энергетических реакторов на быстрых нейтронах. Во всем мире насчитывается всего три реакторных установки: на двух энергоблоках в России, на одном - в Китае.

На данный момент во всем мире окончательно остановлены 187 реакторных установок. Наибольшее количество приходится на 4 страны: США - 37 установок (почти 20% от общего числа отключенных реакторов); Германия - 30 реакторов (16%); Великобритания - 30 реакторов (16%); Япония - 27 реакторов (14,4%). В России окончательно остановлены два энергоблока на Белоярской АЭС, три – на Нововоронежской, по одному – на Ленинградской и Билибинской АЭС.

Эксплуатирующей организацией АО «Концерн Росэнергоатом» в качестве стратегии вывода из эксплуатации определен «немедленный демонтаж» для всех эксплуатируемых блоков АЭС. Предусмотрен переход на «немедленный

демонтаж» блоков №1 и №2 Нововоронежской АЭС в качестве пилотного проекта с завершением работ в 2035 г. Будет осуществляться проведение работ по выводу из эксплуатации остановленных энергоблоков первой очереди Белоярской АЭС и Ленинградской АЭС. Предполагается создание в периметре Госкорпорации «Росатом» новой модели управления выводом из эксплуатации, позволяющей сконцентрировать полученный референтный опыт для выхода на международный рынок [3, с.78].

Средний возраст реакторов в мире составляет 30,7 лет. Максимум по числу использования наблюдается в возрасте 35 лет (32 энергетических установки). Во всем мире насчитывается 8 реакторов, время эксплуатации которых больше 50 лет: 3 реакторных установки эксплуатируется уже 50 лет; 5 установок эксплуатируется 51 год.

Развитие атомной промышленности не стоит на месте. В мире на данный момент находится 53 ядерных энергетических установки в стадии сооружения. В регионе Азия - Дальний Восток планируется ввести в эксплуатацию ядерные энергетические установки, суммарная мощность которых приблизительно равна 20061 МВт, что составляет 19,3 % от общей мощности реакторов, уже имеющихся в регионе. Данный регион является лидером по приросту мощности от разрабатываемых реакторов. Прирост составляет 35,6 % от общего планируемого прироста.

Но есть и страны, которые активно отказываются от использования атомной энергетики. Первой страной, которая закрыла все имеющиеся атомные электростанции, стала Италия. Бельгия, Германия, Испания, Швейцария, Тайвань осуществляют долгосрочную политику по отказу от ядерной энергетики.

Германия поставила для себя задачу сделать энергоснабжение доступным, безопасным, экологически чистым. Страна имеет 6 действующих ядерных энергетических реакторов и находится в процессе поэтапного свертывания своей ядерно-энергетической программы. В настоящее время выводятся из эксплуатации в общей сложности 23 ядерных энергетических реактора, а три атомные электростанции уже полностью демонтированы. Оставшиеся семь действующих ядерных энергетических реакторов будут окончательно остановлены в рамках поэтапного подхода к концу 2022 года. Для этого планируется увеличить долю возобновляемых источников в общей энергетике страны до 60 %, а к 2050 году до 80 %.

Всего в Германии было построено и эксплуатируется 46 исследовательских и учебных реакторов. В настоящее время большинство исследовательских реакторов остановлено или выведено из эксплуатации, хотя семь исследовательских установок — три с тепловой мощностью более 50 кВт и четыре малых учебных реактора — все еще находятся в эксплуатации.

Причиной отказа от атомной энергетики послужил рост мнения среди населения об опасности ядерной энергетики в начале 1970-х годах. Так же существенный вклад внесли авария на АЭС "Три - Майл - Айленд" в 1979 году и авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году. В 2000 году правительство заключило с энергетическими компаниями соглашение о поэтапном отказе от атомной энергии. В 2002 году был введен запрет на строительство новых станций. После аварии на АЭС "Фукусима-1" в 2011 году федеральное правительство Германии приняло решение о прекращении использования атомной энергии к 2022 году (рис. 2) [4, с.3]. Как уточняется в законе об атомной энергии, никаких новых АЭС для коммерческого производства электроэнергии построено не будет.



| АЭС                     | эксплуатирующая организация | Тип | Начало эксплуатации | Номинальная мощность, МВт | Окончание эксплуатации (2010) | Окончание эксплуатации (07.2011) | Окончание эксплуатации (07.2011) |
|-------------------------|-----------------------------|-----|---------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| GKN 1 Neckar            | EnBW                        | PWR | 12/1976             | 840                       | 2010                          | 2019                             | 06.08.2011                       |
| KWB A Biblis            | RWE                         | PWR | 02/1975             | 1.225                     | 2011                          | 2019                             | 06.08.2011                       |
| KKI 1 Isar              | E.ON                        | BWR | 03/1979             | 912                       | 2011                          | 2019                             | 06.08.2011                       |
| KKB Brunsbüttel         | Vatt./E.ON                  | BWR | 02/1977             | 806                       | 2012                          | 2020                             | 06.08.2011                       |
| KKP 1 Philippsburg      | EnBW                        | BWR | 03/1980             | 926                       | 2012                          | 2020                             | 06.08.2011                       |
| KKU Unterweser          | E.ON                        | PWR | 09/1979             | 1.410                     | 2012                          | 2020                             | 06.08.2011                       |
| KWB B Biblis            | RWE                         | PWR | 01/1977             | 1.300                     | 2014                          | 2022                             | 06.08.2011                       |
| KKG Grafenrheinfeld     | E.ON                        | PWR | 06/1982             | 1.345                     | 2014                          | 2028                             | 31.12.2015                       |
| KRB II, B Gundremmingen | RWE/E.ON                    | BWR | 07/1984             | 1.344                     | 2015                          | 2029                             | 31.12.2017                       |
| KRB II, C Gundremmingen | RWE/E.ON                    | BWR | 01/1985             | 1.344                     | 2016                          | 2030                             | 31.12.2021                       |
| KKP 2 Philippsburg      | EnBW                        | PWR | 04/1985             | 1.458                     | 2018                          | 2032                             | 31.12.2019                       |
| KWG Grohnde             | E.ON/Bielef.                | PWR | 02/1985             | 1.430                     | 2018                          | 2032                             | 31.12.2021                       |
| KBR Brokdorf            | E.ON/Vatt.                  | PWR | 12/1986             | 1.480                     | 2019                          | 2033                             | 31.12.2021                       |
| KKK Krümmel             | Vatt./E.ON                  | BWR | 03/1984             | 1.402                     | 2019                          | 2033                             | 06.08.2011                       |
| KKE Emsland             | RWE/E.ON                    | PWR | 06/1988             | 1.400                     | 2020                          | 2034                             | 31.12.2022                       |
| KKI 2 Isar              | E.ON/MUC                    | PWR | 04/1988             | 1.475                     | 2020                          | 2034                             | 31.12.2022                       |
| GKN 2 Neckar            | EnBW                        | PWR | 04/1989             | 1.400                     | 2022                          | 2036                             | 31.12.2022                       |

Рисунок 2. Ограничение сроков эксплуатации АЭС Германии с 2011 года

### Атомная энергетика в России

В 1992 году в соответствии с Указом Президента Российской Федерации (№ 1055 от 07.09.1992 г.) «Об эксплуатирующей организации атомных станций Российской Федерации» был образован «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» со статусом ФГУП. В 2001 г. по распоряжению Правительства Российской Федерации (№ 1207-р от 08.09.2001 г.) ФГУП концерн «Росэнергоатом» был преобразован в генерирующую компанию путем присоединения к нему действующих и строящихся атомных станций, а также предприятий, оказывающих услуги по эксплуатации, ремонту и научно-технической поддержке [1, с.11].

Являясь эксплуатирующей организацией, АО «Концерн Росэнергоатом» несет всю полноту ответственности за обеспечение ядерной и радиационной безопасности на всех этапах жизненного цикла АЭС, а также выполняет функции генерирующей компании по производству электрической и тепловой энергии и ее реализации. Организационно все АЭС являются филиалами АО «Концерн «Росэнергоатом», который является второй в Европе энергетической компанией по объему атомной генерации, уступая лишь французской EDF, и первой по объему генерации внутри страны.

На 1 января 2020 года в России 11 действующих АЭС, на которых эксплуатируется 38 ядерных энергетических установки, при этом 4 реактора находятся в стадии разработки. В стране действует 23 реактора типа ВВЭР. Из них 13 реакторов типа ВВЭР-1000 (12 блоков по 1000 МВт и 1 – 1100 МВт на Балаковской, Калининской, Ростовской, Нововоронежской АЭС), 3 реактора типа ВВЭР-1200 (на Нововоронежской и Ленинградской АЭС-2); 5 реакторов типа ВВЭР-440 (4 блока по 440 МВт на Кольской и 1 – 417 МВт на Нововоронежской АЭС), две реакторных установки типа КЛТ-40С электрической мощностью по 35 МВт (ПАТЭС «Академик Ломоносов», Певек).

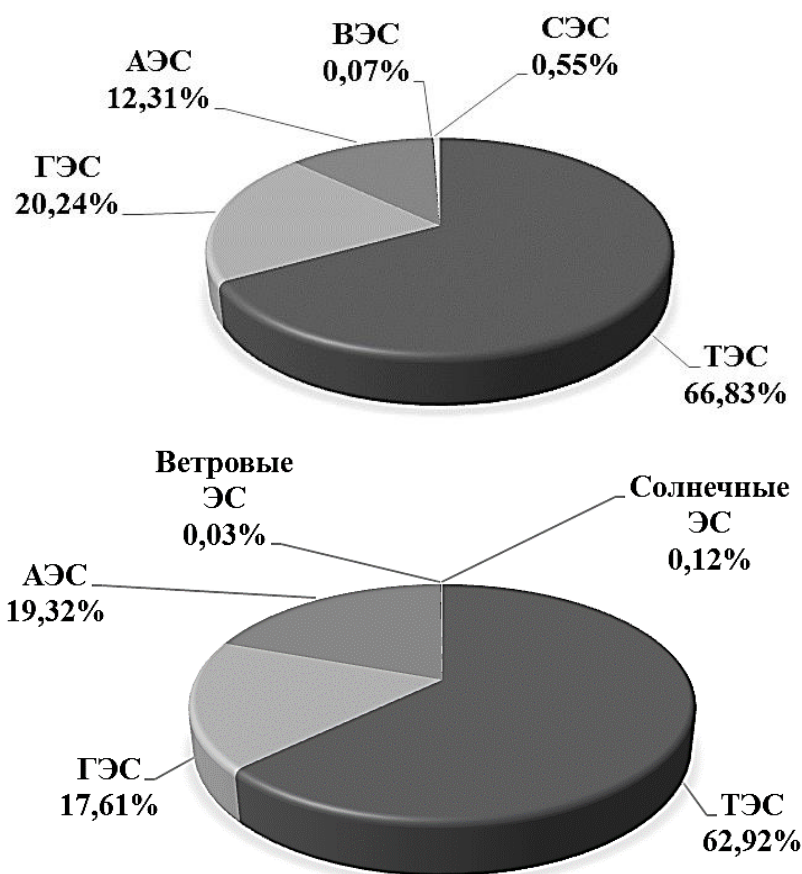
Значительную часть атомной энергетики России составляют каналные уран-графитовые реакторы. На Ленинградской, Курской и Смоленской АЭС эксплуатируются 10 блоков с реакторами типа РБМК-1000 (по 1000 МВт), на Билибинской АЭС - 3 блока с реакторами типа ЭГП-6 (по 12 МВт).

Особо следует выделить два уникальных энергоблока с быстрыми натриевыми реакторами типа БН-600 и БН-800 (885 МВт). БН-600 это единственный в мире быстрый реактор большой мощности, надежно и безопасно проработавший столь длительный срок. В апреле 2020 года исполнилось 40 лет со дня его энергопуска. Включение в сеть энергоблока БН-800 было произведено 10.12.2015 года [5].

В 2019 году АЭС России выработали 208,784 млрд. кВт·ч электроэнергии, что составило примерно 19 % от всей доля выработки атомной энергии по отношению к другим видам энергии. При этом вклад атомной энергетики в установленную мощность электростанций всех типов составляет только 12,31 % (рис. 3).

Это объясняется высоким значением коэффициента использования установленной мощности для АЭС (78,41%) по сравнению с другими типами электростанций, особенно ветровых (ВЭС) и солнечных (СЭС) (рис. 4).

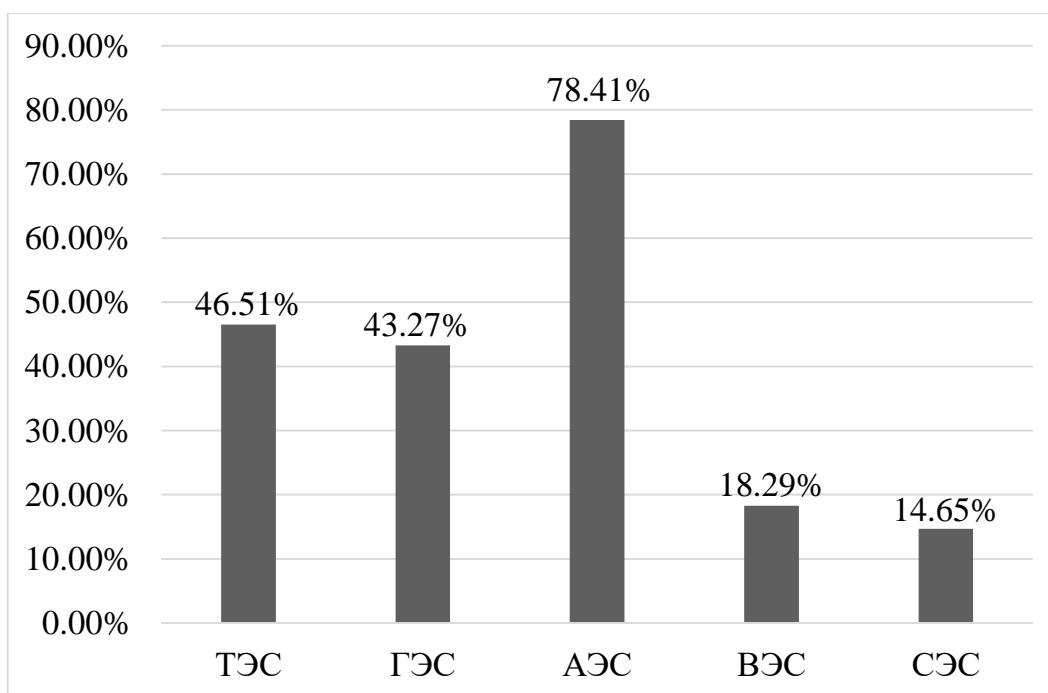
Сегодня Россия – мировой лидер по количеству энергоблоков, сооружаемых за рубежом. В настоящее время госкорпорация «Росатом» сооружает за границей 36 атомных энергоблоков.



*Рисунок 3. Структура установленной мощности электростанций (01.01.2020) и доли от выработки электроэнергии в России в 2019 году*

Конкурентоспособность российских предложений обусловлена применением современных технологий и новейших разработок российских ученых и конструкторов. Все проекты соответствуют современным международным требованиям и рекомендациям МАГАТЭ. Предлагаемые к сооружению современные реакторные установки являются модернизированными вариантами уже хорошо зарекомендовавших себя реакторов типа ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор с водой под давлением). Российские проекты сооружения АЭС относятся к поколению «Ш+» и оснащены как активными, так и пассивными системами безопасности.

В настоящее время по российскому проекту АЭС-2006 (с реакторами типа ВВЭР-1200) за рубежом сооружаются атомные станции: «Аккую» (Турция) общей мощностью 4800 МВт, Белорусская (Беларусь) общей мощностью 2400 МВт, «Пакш-2» (Венгрия), «Руппур» (Бангладеш), «Ханхикиви-1» (Финляндия), «Эль Дабба» (Египет).



*Рисунок 4. Коэффициенты использования установленной мощности электростанций различных типов в России в 2019 году*

#### *Заключение*

На сегодняшний день ядерная энергетика России составляет около 19% от всей электрогенерации, 7% мирового рынка производства электрической энергии на АЭС, 19 % мирового рынка реакторостроения, 42 % мирового рынка обогащения урана. Долгосрочное развитие связано с сохранением доли атомной генерации при росте интегральной мощности до 36-38 ГВт к 2035 году. Основой развития является реакторная технология ВВЭР.

#### **Список использованной литературы**

1. Ташлыков О. Л. Основы ядерной энергетики. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 225 с.
2. Интернет ресурс <https://pris.iaea.org/PRIS/>.
3. Ташлыков О.Л. Продление ресурса и снятие АЭС с эксплуатации: учебное пособие. - Екатеринбург: УрФУ, 2020. - 220 с.
4. Хюттнер К. Качество и безопасность в атомной энергетике // Культура безопасности и надежность: 8-й международный семинар, Мюнхен, 13 – 19 октября 2013 г. - С. 3.
5. Интернет ресурс <https://www.rosenergoatom.ru/>.
6. Интернет ресурс <https://minenergo.gov.ru/node/532> .

© И.А. Бессонов, А.А Бреусова, О.Л. Ташлыков, 2020

## ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В КОТТЕДЖНЫХ ПОСЕЛКАХ

магистрант гр. 419.2 **Рожков Николай Николаевич**,  
ассистент **Липатов Максим Сергеевич**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** Стоимость энергоресурсов с каждым годом повышается. Плюс ко всему сложная экономическая ситуация также негативно влияет на финансовое состояние каждого жителя страны. По этим причинам все больше внимания уделяется экономии и возможности использования неиссякаемых источников энергии. В данной статье рассмотрена возможность использования солнечных батарей в загородных домах, представлен принцип работы, достоинства и недостатки батарей, а также особенности их выбора.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, энергия солнца, солнечные батареи.

## APPLICATION OF SOLAR PANELS IN COTTAGE SETTLEMENTS

**Rozhkov Nikolay Nikolaevich**,  
**Lipatov Maxim Sergeevich**

**Abstract:** The cost of energy resources increases every year. In addition, the difficult economic situation also negatively affects the financial condition of every resident of the country. For these reasons, more and more attention is being paid to savings and the possibility of using inexhaustible energy sources. This article discusses the possibility of using solar panels in country houses, presents the principle of operation, advantages and disadvantages of batteries, as well as features of their choice.

**Keywords:** alternative energy, solar energy, solar panels.

Общеизвестно, что самыми энергоемкими процессами являются подогрев воды и отопление, следовательно, они наиболее затратные и именно здесь имеется необходимость в экономии. Одним из способов считается применение солнечных батарей для загородных домов, частного сектора. Такой подход уже давно практикуется во многих европейских странах, но у нас он находится только на стадии развития. Ситуацию усложняет большая протяженность территории, на которой не везде есть благоприятные условия для получения энергии солнца.

Этот альтернативный источник энергии начали использовать с помощью солнечных батарей еще 40 лет назад. Первые модели были малоэффективными по причине низкого показателя КПД. Современные технологии и разработки позволили увеличить этот показатель до 47,1 % [1].

#### *Принцип работы*

В любой солнечной батарее главным и самым дорогостоящим элементом является кремний. При помощи этого кристалла реализован эффект преобразования лучистой энергии в электрическую. Количество получаемой энергии зависит от нескольких факторов:

- площадь солнечной батареи
- угол падения лучей
- интенсивность солнечного света.

Для получения необходимой мощности солнечные батареи объединяют в панели, тем самым получая необходимые 1-30 кВт. При правильном расположении достигается максимально возможная эффективность преобразования солнечных лучей в электроэнергию.

Лишь одних панелей недостаточно для полноценного энергообеспечения. Необходимо наличие в системе еще нескольких элементов. Среди них: инвертор, контроллер заряда и аккумуляторные батареи.

Солнечная батарея поставляет собой энергию постоянного тока. Для возможности его использования в частном доме необходимо преобразование в переменный ток. Именно по этой причине и нужно использовать такое устройство как инвертор.

Второй необходимый элемент под названием «контроллер заряда» предназначен для контроля уровня заряда в аккумуляторах. Его главной задачей является предотвращение разряда и заряда выше допустимого уровня. Применяемые аккумуляторы в случае разряды ниже допустимой нормы просто выйдут из строя. Получение заряда выше необходимой нормы также пагубно повлияет на их работоспособность и длительность эксплуатации.

Аккумуляторная батарея накапливает электроэнергию и поддерживает необходимую мощность в сети, когда наблюдается недостаточное солнечное освещение. Это может быть пасмурная погода или наступление темного времени суток. В комплексе все эти элементы называют автономной системой энергосбережения.

#### *Сильные и слабые стороны*

Даже несмотря на то, что солнечные батареи, доступные на российском рынке, имеют низкий уровень КПД, они являются эффективным решением. Им присущи такие преимущества:

- высокая степень надежности
- длительный период непрерывной эксплуатации
- отсутствие необходимости в постоянном сервисном обслуживании
- абсолютная автономность.



Солнечная батарея построена так, что вероятность ее выхода из строя минимальная. Она может быть повреждена механически, но такие случаи бывают редко. Срок полезного использования граничит в пределах 25 лет. В дальнейшем производительность начнет снижаться даже при самых благоприятных условиях.

Такая альтернативная система энергообеспечения полностью автономна. Как такового обслуживания не нужно, если не брать в расчёт необходимость очистки от пыли и мусора. Недостатки у солнечных батарей также имеются, но их мало. Тем не менее, они весомые:

- прямая зависимость от погодных условий
- низкий коэффициент полезного действия
- необходимость в дополнительном оборудовании
- высокая цена.

Погодные и климатические условия сильно влияют на производительность солнечных панелей. Особенно в зимнее время этот показатель значительно снижается. Низкий КПД существенно уступает традиционным источникам энергии. К примеру, чтобы получить мощность 120 Вт, необходимо установить панель площадью не менее 1 м<sup>2</sup>. Такого питания не хватит даже на один стационарный компьютер, этой мощности достаточно только для питания нескольких экономных лампочек.

Для полноценного энергообеспечения необходимо 20 м<sup>2</sup> и более, которые способны обеспечить функционирование всех необходимых систем. В холодный период времени года солнечные панели не способны обеспечить комфортные условия в доме. Их можно использовать в качестве дополнения, что позволит снизить затраты на тепло.

Главным минусом можно считать дороговизну системы, а также высокую стоимость дополнительного оборудования. Если панели за первые 6 лет окупятся, то аккумуляторы необходимо периодически менять - они рассчитаны лишь на 5-7 лет службы, поэтому время от времени необходимо капитальное вложение средств.

#### *Виды устройств*

На рынке можно приобрести солнечные батареи трех типов [2]:

- тонкопленочные
- поликристаллические
- монокристаллические.

Каждый указанный вид батареи предпочтителен в определенных условиях и относится к разным ценовым категориям.

Первый тип отличается своей низкой стоимостью. Среди недостатков главным считается низкий КПД и большая площадь. Именно поэтому, чтобы получить необходимую мощность требуются больше кв. метров тонкопленочных солнечных батарей. Они будут очень эффективны в регионах с

частой пасмурной погодой. Даже в таких условиях номинальная мощность снижается лишь на 20 %.

Дороже будут стоить поликристаллические батареи. С учетом того, что они характеризуются большей номинальной мощностью, они наиболее популярны и востребованы. Батареи выполнены в форме пластин синего цвета разной формы. Благодаря применению технологий, современные поликристаллические солнечные батареи не уступают даже монокристаллическим по показателю КПД. Именно они лучше всего подойдут для автономного электроснабжения коттеджных поселков.

Монокристаллические солнечные батареи обладают самой большой мощностью и наименьшей площадью. Такие панели очень гибкие и могут принимать самые разнообразные формы. Кроме этого они очень устойчивы к влаге, что гарантирует их надежность. Есть только один недостаток, который довольно весом - процесс преобразования энергии очень сильно зависит от прямого попадания солнечных лучей. Даже небольшая тучка может практически полностью приостановить процесс. Поэтому они рекомендуются на территориях, где преимущественно ясная солнечная погода.

#### *Особенности выбора*

При выборе солнечных батарей необходимо учесть много важных моментов. Среди них стоит выделить несколько самых важных:

- производительность
- качество фотоэлементов
- защитные диоды
- соединительные кабели и разъемы
- производитель батарей и аккумуляторов.

При выборе солнечных батарей нужно обратить внимание на их характеристики и фирму, которая их выпустила. На рынке много малоизвестных производителей такого оборудования, которые дают гарантию до 10 лет. Если такие приобрести, то в лучшем за время эксплуатации они себя лишь окупят. Поэтому лучше немного больше потратить финансовых средств и получить гарантированную экономию. Солнечные панели от брендовых производителей проработают не менее 25 лет. За это время они не только окупаются, но и дают неплохую экономию средств [3].

Аналогичная ситуация и с аккумуляторами. Если они будут китайского производства, то не стоит надеяться на их длительную эксплуатацию. Как правило, их цена может быть в два раза меньше надежных аккумуляторов известных марок. Качественные аккумуляторы могут прослужить до 7 лет, а дешевые максимум 3-4 года.

Наличие в солнечных батареях защитных диодов подтверждает их высокую степень надежности. Если же отсутствуют базовые знания в электронике, то лучше всего привлечь специалиста. Такие минимальные расходы на его услуги

вполне будут оправданы, потому как сейчас на рынке много недобросовестных продавцов.

В случае самостоятельного монтажа необходимо особое внимание уделить такому вопросу как соединительные кабели и разъемы. Если они будут отсутствовать, то их нужно будет приобретать отдельно.

Отопление коттеджа солнечными батареями основано на накоплении энергии в дневное время суток и его равномерное распределение в течении всего дня. Именно это и является главным преимуществом. При благоприятных климатических условиях это идеальное и наиболее экономичное решение. В том смысле, что не потребуется ежемесячно оплачивать счета за использованный газ и электроэнергию с общественной сети [4].

С другой стороны, в особо суровые периоды такой энергоноситель может и не справляться. Поэтому на определенных территориях этот источник энергии может использоваться в системе отопления лишь в качестве дополнительного. Но даже таким способом можно сократить расходы.

Взвесив все за и против, можно смело сказать, что такая передовая технология с каждым годом будет все более популярной. С каждым годом она дорабатывается и становится более эффективной и в то же время ее стоимость снижается.

Эффективной схемой можно считать комбинацию ветрогенератора и солнечных панелей. Во-первых, можно сэкономить на дополнительном оборудовании. Во-вторых, при отсутствии достаточного количества солнечного света необходимую мощность будет компенсировать ветрогенератор. Эти два источника позволят получить надежную систему электроснабжения достаточной мощности даже для отопления в зимний период. Как правило, в пасмурную погоду увеличивается сила ветра, а в солнечную наоборот. Такая система может окупиться в течение 5 лет. Однако, ветрогенератор требует более частого обслуживания. При такой комбинации можно оставить общественную электросеть в качестве резервной. Это позволит даже при низких температурах поддерживать необходимую температуру в загородном доме.

#### **Список использованной литературы**

1. Интернет ресурс: <https://reneweconomy.com.au/scientists-set-new-solar-power-efficiency-record-at-almost-50-per-cent-71555/>.
2. Интернет ресурс: <https://akbinfo.ru/alternativa/kpd-solnechnyh-batarej.html>.
3. Интернет ресурс: <https://www.solarhome.ru/pv/buyer-guide>.
4. Интернет ресурс: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/otoplenie-na-solnechnyx-batareyax.html>.

© Н.Н. Рожков, М.С. Липатов, 2020

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ: ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕКТОР

студент гр. ЭК-61 **Киселев Павел Сергеевич**,  
науч. руководитель: канд. экон. наук, доцент **Стародубцева Ольга Анатольевна**  
Новосибирский государственный технический университет  
г. Новосибирск, Российская Федерация

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются причины развития атомной энергетики, преимущества ее развития, приводятся статистические данные о развитии атомной энергетики в мире и в России и выработке электроэнергии АЭС России за 1998 — 2020 гг., выделяются инновационные технологии в сфере атомной энергетики и предлагаются рекомендации для дальнейших введений инноваций в ядерной энергетике страны.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, преимущества ядерной энергетики, разработка и внедрение инноваций, ключевые технологии.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER IN RUSSIA: INNOVATIVE VECTOR

**Kiselev Pavel Sergeevich,**  
**Starodubtseva Olga Anatolievna**

**Abstract:** This article discusses the reasons for the development of nuclear energy, the advantages of its development, provides statistics on the development of nuclear energy in the world and in Russia and the power generation of Russian nuclear power plants for 1998-2020, highlights innovative technologies in the field of nuclear energy and offers recommendations for further introduction of innovations in the country's nuclear energy.

**Keywords:** nuclear power, advantages of nuclear power, development and implementation of innovations, key technologies.

Российская атомная отрасль является одной из передовых в мире по уровню научно-технических разработок в области проектирования реакторов, ядерного топлива, опыту эксплуатации атомных станций, квалификации персонала АЭС. Энергетическим базисом масштабного привлечения труднодоступных и низкокачественных ресурсов для получения качественных энергоносителей может стать ядерная энергетика на основе использования урана 235 как источника нейтронов и урана 238, и тория 232 как источников энергии различного качества и искусственных нуклидов. И хотя атомная энергетика не

заменит полностью традиционные источники энергии в бытовой сфере, в химии, в металлургических производствах, но при широкомасштабном внедрении она позволит получить на длительную перспективу экономически приемлемый источник энергии, необходимый для компенсации вредных последствий неизбежного использования органических ресурсов.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что ядерная энергетика - одна из самых перспективных отраслей, которая, безусловно, открывает большие возможности будущего.

Потребление энергии в мире растет намного быстрее, чем ее производство, а промышленное использование новых перспективных технологий в энергетике по объективным причинам начнется не ранее 2030 года. Все острее встает проблема нехватки ископаемых энергоресурсов. Возможности строительства новых гидроэлектростанций тоже весьма ограничены. Не стоит забывать и о борьбе с парниковым эффектом, накладывающим ограничения на сжигание нефти, газа и угля на тепловых электростанциях [1].

Решением проблемы может стать активное развитие ядерной энергетики. Преимущества ядерной энергетики заключаются в следующем [2]:

1. Производство ядерной энергии экономически выгодно.
2. Атомные станции работают с гораздо большим коэффициентом мощности.
3. Возможность повторного использования топлива (после регенерации).
4. Ядерная энергия производит более чистый воздух, чем другие источники энергии и не способствует созданию парникового эффекта.

В энергобалансе России доля атомной энергетики составляет 16% и планируется ее увеличение к 2020 году до 25-30%. В настоящее время в РФ действует 31 энергоблок.



Рисунок 1. Количество строящихся реакторов в мире

По оценкам экспертов МАГАТЭ, к 2020 году в мире может быть построено до 130 новых энергоблоков общей мощностью до 430 ГВт. Это должно компенсировать выбывание старых энергоблоков и обеспечить повышение доли ядерной составляющей в мировом энергобалансе до 30 % [3]. В США будет построено 115 реакторов, В Китае к 2020 г. планируется построить 27 реакторов. Мировой прогноз относительно развития атомной энергетики (по оценкам WNA (World Nuclear Association) предусматривает что общая мощность энергоблоков в мировом масштабе к 2060 году достигнет  $\approx 3500$  гигавайт [4].

Всего в мире в стадии строительства находятся 56 новых реакторов (рис. 1), и до 2030 года планируется построить еще 143 реактора.

В таблице 1 представлены данные по выработке электроэнергии на АЭС. По данным таблицы видно, что выработка электроэнергии на АЭС с годами увеличивается. По прогнозам, с введением новейшего оборудования, включая инновационный подход, в будущем можно добиться значительного увеличения выработки.

Таблица 1. Выработка электроэнергии АЭС России, 1998 — 2020 гг.

| Показатель                            | 1998   | 2000   | 2001  | 2002   | 2003   | 2004 * | 2005  | 2010           | 2015           | 2020           |
|---------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|
| Выработка электроэнергии, млрд. кВт.ч | 104,0  | 130,3  | 134,9 | 139,8  | 148,6  | 150,0  | 160,0 | 180,0<br>200,0 | 210,0<br>266,0 | 230,0<br>300,0 |
| В мире, млрд. кВт. ч.**               | 2389,2 | 2480,0 |       | 2532,0 | 2570,0 |        |       |                |                | 3032,0         |

Таблица 2. Ключевые технологии в сфере атомной энергетики

| Технология                                       | Конструктор           | КПД, % | Преимущество   |
|--|-----------------------|--------|--|
| АЭС-2006 (ВВЭР-1200)                             | ОАО "ОКБ "Гидропресс" | 36,2   | увеличение мощности, снижение материалоемкости, сокращение сроков строительства                            |
| ПАТЭС (плавающая АЭС)                            | ОАО "ОКБМ Африкантов" | 35     | обеспечение труднодоступных и удаленных населенных пунктов, локальный атомный источник                     |
| Реактор БН-800                                   | ОАО "ОКБМ Африкантов" | 43,6   | быстрый натриевый реактор, переработка радиоактивных отходов   |
| ТВС-Квадрат (топливо)                            | ОАО "ТВЭЛ"            | 87     | последние наработки в области топлива, геометрическая стабильность   |
| АЭС с реакторами ВБЭР                            | ОАО "ОКБМ Африкантов" | 44,2   | сокращение эксплуатационных издержек, сокращение сроков сооружения, возможность серийного производства     |
| Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор ВТГР | ОАО "ОКБМ Африкантов" | 48     | экономичное производство с высоким КПД, минимальное воздействие на окружающую среду, гибкий топливный цикл |

В настоящее время высокотехнологичные компании уделяют большое внимание разработке и внедрению инноваций. Например, компания «Атомэнергопром» проводит научно-техническую политику, ориентированную на совершенствование технико-экономической эффективности всего технологического цикла. Ниже описаны конкретные примеры ключевых технологий, которыми владеют предприятия на данный момент и продвигают их на зарубежные рынки, используя их конкретные преимущества перед иностранными аналогами (см. табл.2).

Выделим основные рекомендации для дальнейших введений инноваций в ядерной энергетике страны:

- создать технологическую базу для развития перспективной атомной энергетики на быстрых реакторах естественной безопасности, не имеющих ограничений по топливным ресурсам;
- внедрять экологический менеджмент на предприятиях, работающих с атомной энергией;
- продолжать испытание уже имеющихся разработок;
- исследовать варианты не радиоактивного топлива для атомных электростанций;
- сформировать источники финансирования для развития атомной энергетики.

Развитие атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом отвечает основным требованиям к энергетическим технологиям будущего. При реализации такой энергетики человечество сохранит в своих руках практически неисчерпаемый источник энергии.

#### **Список использованной литературы**

1. Перспективы ядерной энергетики в России: [Электронный ресурс]. URL: <http://rusrand.ru/actuals/perspektivu-razvitija-atomnoj-energetiki-v-rossii-zhelaemoe-i-dejstvitelnoe/> (дата обращения 25.03.2020)
2. Основные направления развития атомной энергетики: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wdcb.ru/mining/articles/> (дата обращения 27.03.2020)
3. Атомные станции России: [Электронный ресурс]. URL: <http://atomas.ru/rosatom/> (дата обращения 25.03.2020)
4. Чем живет ядерная энергетика: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.myenergy.ru/russia/experts/> (дата обращения 27.03.2020)

© П.С. Киселев, О.А. Стародубцева, 2020

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСЕРВИСНЫХ КОНТРАКТОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ СЕКТОРЕ РОССИИ

канд. экон. наук, доцент **Трейман Марина Геннадьевна**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье раскрыта тема применения принципов энергоэффективности в организациях жилищно-коммунального хозяйства – это прежде всего касается ресурсоснабжающих организаций, которые используют в своей деятельности энергоресурсы различных типов. В работе рассмотрены особенности использования энергосервисных контрактов в практике деятельности различных отраслей Российской Федерации, приведены положительные аспекты данного типа деятельности.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосервисный контракт, энергоресурсы, экономический эффект

## APPLICATION OF ENERGY SERVICE CONTRACTS IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR OF RUSSIA

**Treyman Marina Gennadevna**

**Abstract:** the article deals with the application of energy efficiency principles in housing and communal services organizations. this primarily concerns resource-supplying organizations that use various types of energy resources in their activities. The paper considers the specifics of using energy service contracts in the practice of various branches of the Russian Federation, and provides positive aspects of this type of activity.

**Keywords:** energy efficiency, energy service contract, energy resources, economic effect

В настоящее время вопросы энергосбережения и энергоэффективности стоят достаточно остро для любого типа предприятий и организаций и затрагивают все области деятельности. Нормативной базой развития данного направления считается ФЗ № 261 «Об энергосбережении и энергоэффективности», который регламентирует отношения по поводу установления способов учета, особенностей энергосберегающего оборудования, сферы действий и принципы регулирования взаимоотношений в части энергоэффективности [1]. В данном случае закон затрагивает не только



промышленный комплекс, но и бюджетные организации и жилые дома («энергоэффективность зданий») [2]. Также закон регламентирует такие моменты как учет энергоресурсов, проведение энергетических обследований и аудитов, а также заключение энергосервисных контрактов [3].

Необходимо отметить, что ресурсосбережение в первую очередь направлено на сокращение затрат предприятия по использованию ресурсов, позволяет создать график мероприятий по энергоэффективности и улучшить ситуацию по данному направлению. К тому же, согласно ФЗ №261, предприятия и организации обязаны иметь программы по повышению энергоэффективности во всех областях деятельности и должны устанавливать целевые показатели по данному направлению.

Энергосервисный контракт, согласно ФЗ №261 – это заключенный договор, направленный на осуществление взаимодействия по энергоэффективности и ресурсосбережению между заказчиком и исполнителем.

В исследовании рассмотрим особенности взаимодействия между ресурсоснабжающими организациями и их опыт ресурсосбережения.

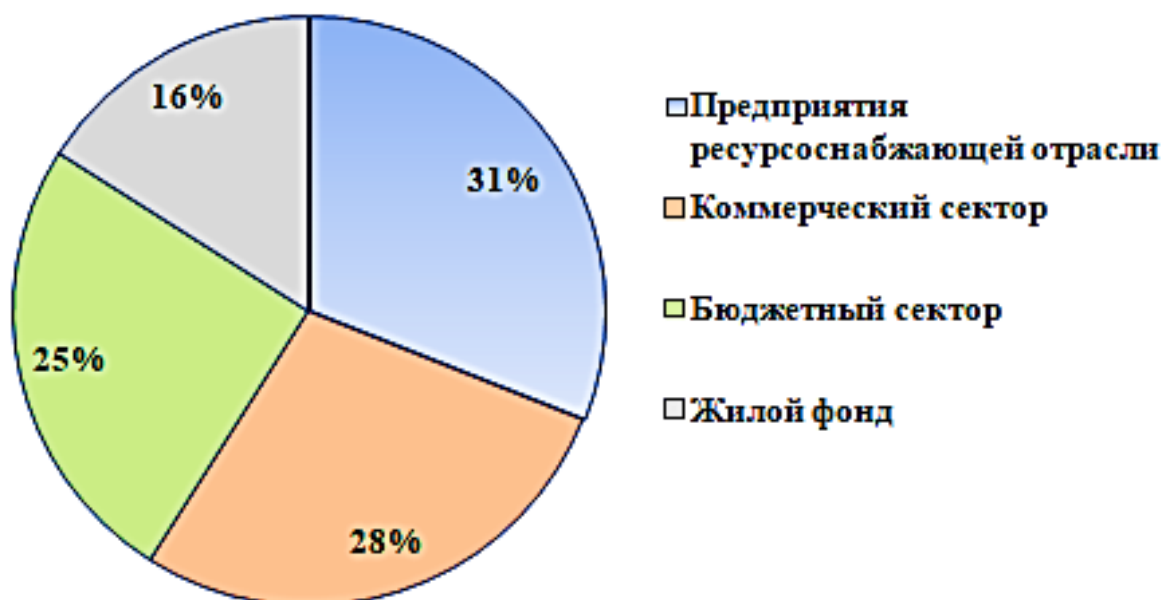
Энергосервисный контракт должен содержать следующие разделы [4, с. 52]:

1. План-график мероприятий по энергоэффективности и ресурсосбережению и сроки их исполнения.
2. Экономический эффект в денежном выражении.
3. Ежегодное потребление энергоресурса и энергоемкость производства.
4. Сроки выполнения объемов экономии.
5. Размер платежей по контракту, который составляет процент достигнутого размера экономии энергоресурсов организации.

Сущность заключения энергосервисного контракта состоит в следующем [6, с 20]: предприятие-заказчик заключает энергосервисный контракт с компанией – исполнителем, которая будет проводить мероприятия по ресурсосбережению. Контракт заключается на конкретные мероприятия и сроки реализации и в соответствии с этапами реализации заказчик выплачивает денежные средства исполнителю проекта.

Сегментация рынка энергосервиса по Российской Федерации представлена на рисунке 1.

При сегментации рынка большую долю занимают предприятия, относящиеся к ресурсоснабжающей отрасли (31 %), второе место занимает коммерческий сектор (28 %), а затем бюджетные организации (25 %).



*Рисунок 1. Сегменты рынка энергосервиса в Российской Федерации*

Статистические данные по Санкт-Петербургу отражают следующие показатели: на данный момент установлено более 4 000 узлов учета тепловой энергии, энергосервисные контракты заключены у жилкомсервисов и таких ресурсоснабжающих предприятий как ГУП «ТЭК СПб», ПАО «ТГК-1», в основном работа ведется компанией ЗАО «Теплоучет».

Для ресурсоснабжающих организаций применение энергосервисных контрактов влечет за собой прямые и косвенные положительные экономические эффекты.

К прямым эффектам относятся следующие [5, с. 120]:

1. Снижение производственных потерь с помощью составления энергобаланса и определения мероприятий по снижению потерь.
2. Возрастает собираемость платежей.

К косвенным эффектам относятся:

1. Возможность осуществления оперативного контроля за деятельностью предприятия.
2. Прозрачность структуры производственных затрат.
3. Полное использование производственных мощностей и снижение простоев оборудования.

Реализованным проектам по энергосервисным контрактам, например, можно рассмотреть проект по модернизации уличного освещения в городе Калуга. В результате реализации проекта было установлено 6 617 шт. новых светильников, за счет которых экономия электроэнергии составила 22,26 млн. кВт•ч, в денежном выражении экономия составила 143 млн. руб.

Также успешным проектом можно считать модернизацию котельных Нижнего Новгорода. В результате реализации программы были модернизированы 16 котельных – были изменены схемы, заменено оборудование, налажен учет. При этом экономия расходов газа составила 37 млн. м<sup>3</sup>, экономия топливно-энергетических ресурсов – 2 182 млн. руб.

Таким образом, энергосервисные контракты позволяют предприятию эффективно развиваться, также возможно получение дополнительной государственной поддержки и субсидирования для развития данного направления.

### **Список использованной литературы**

1. ФЗ №261 от 21.11.2009 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».
2. Аракелов В.Е., Кремер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Гагарин В.Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях «рыночной экономики» // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 1.
4. Гришин С.С. Энергоэффективность и энергосбережение в России на современном этапе: учебное пособие. – Волжск: Фил. гос. образоват. учреждения высш. проф. образования "Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т)" – 114 с.
5. Зверев А.В. Энергоэффективность и энергосбережение: мировой опыт для России – 175 с.
6. Стрельников Н. А. Энергосбережение: учебное пособие. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 70 с.

© М.Г. Трейман, 2020

## ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И МИРЕ

студент, гр. ЭН-460018 **Шарифьянов Евгений Вильевич**,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Ташлыков Олег Леонидович**  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Аннотация:** Обоснована роль ядерной энергетики в решении экологических проблем. Обобщены требования к перспективной ядерной энергетике XXI века. Проведена оценка возможности использования реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем в составе ядерных энергетических систем четвертого поколения, в решении проблем топливообеспечения и минимизации объемов радиоактивных отходов. Приведены результаты анализа воздействия АЭС с реакторами БН-600 и БН-800 на окружающую среду и персонал.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, реактор на быстрых нейтронах, безопасность, коллективная доза, замкнутый топливный цикл, ядерная энергетическая система

## INNOVATIVE DIRECTION OF NUCLEAR POWER DEVELOPMENT IN RUSSIA AND WORLDWIDE

**Sharifyanov Eugene Vilyevich,  
Tashlykov Oleg Leonidovich**

**Abstract:** The role of nuclear energy in solving environmental problems is substantiated. Summarized the requirements for promising nuclear energy of the XXI century. The possibility of using fast neutron reactors with sodium coolant as part of the fourth generation nuclear energy systems in solving the problems of fuel supply and minimizing the volume of radioactive waste has been assessed. The results of the analysis of the impact of nuclear power plants with BN-600 and BN-800 reactors on the environment and personnel are presented.

**Keywords:** nuclear power plant, fast breeder reactor, safety, collective dose, closed nuclear fuel cycle, nuclear energy systems

### *Введение*

В мире насчитывается 442 энергоблока АЭС общей мощностью около 390546 МВт (30.03.2020). По данным МАГАТЭ ожидается, что к середине века

доля атомной энергетики (АЭ) в общем объеме производства электроэнергии вырастет до 11,7 %.

Современная ядерная энергетика, использующая в подавляющем большинстве реакторы на тепловых нейтронах (РТН), имеет системные проблемы, к которым относятся непрерывное увеличение количества отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) (ближнесрочная проблема) и ограниченность топливной базы ввиду низкой эффективности полезного использования природного урана (дальнесрочная проблема) [1, с.51]. В существующих реакторах на тепловых нейтронах может использоваться только около 1% урана (включая делящиеся и воспроизводящие изотопы), а в реакторах – размножителях на быстрых нейтронах до 60%. Такие реакторы способны преобразовывать  $^{238}\text{U}$  в делящийся  $^{239}\text{Pu}$  интенсивнее, чем сами поглощают делящийся материал (свойство, называемое «размножением»).

Рост потребности в энергии в развивающихся странах неизбежно приведет к существенному наращиванию атомных мощностей и к обострению проблемы накопления ОЯТ. Эта проблема при сохранении современного технологического уклада атомной энергетики будет отрицательно влиять на ее конкурентоспособность.

Сооружение АЭС российского дизайна за рубежом на привлекательных для развивающихся стран условиях полного обеспечения топливного цикла, включая возврат ОЯТ, дополнительно усугубляет эту проблему.

Перспективная крупномасштабная ядерная энергетика должна обладать гарантированной безопасностью, экономической устойчивостью и конкурентоспособностью, отсутствием ограничений по сырьевой базе на длительный период времени, экологической устойчивостью (малоотходностью). Этим условиям удовлетворяют ядерные энергетические системы с реакторами на быстрых нейтронах (РБН) с жидкометаллическим теплоносителем [2, с.135].

#### *1. Требования к перспективной ядерной энергетике*

Соблюдение высоких стандартов безопасности является неперенным условием для масштабного развития ядерной энергетики в XXI веке. Для АЭС нового поколения должна полностью исключаться необходимость эвакуации населения в районе ее размещения при любых технически возможных авариях.

Требование малоотходности перспективной ядерной энергетики требует ее комплексного рассмотрения. Поэтому используемый термин «ядерная энергетическая система» (ЯЭС) подразумевает не только реакторную установку в составе АЭС, но и переработку (рециклирование) ядерного топлива.

В 2000 г. государства – члены МАГАТЭ признали, что для внедрения инноваций, обеспечивающих возможность того, чтобы ядерная энергетика способствовала устойчивому удовлетворению энергетических потребностей в XXI веке, необходимы скоординированные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. В 2001 г. был создан форум GIF (the Generation IV

International Forum). Хартия GIF была подписана в июле 2001 г. Аргентиной, Бразилией, Великобританией, Канадой, США, Францией, ЮАР, Ю. Кореей, Японией. Затем к ним присоединились Швейцария (2002), Евратом (2003), Россия, КНР (2006) и Австралия (2016) [3, с.465].

В 2002 г. по результатам рассмотрения более 100 различных проектов экспертами GIF были выбраны шесть реакторных технологий: быстрый натриевый реактор (РБН); быстрый свинцовый реактор (БСР); быстрый газовый реактор (БГР); сверхкритический водяной реактор (СКВР); жидкосолевой реактор (ЖСР); сверхвысокотемпературный газовый реактор (СВТГР).

## *2. Методы и средства*

### *2.1. Обоснование выбора быстрого реактора для перспективной ЯЭС*

Существуют два основных варианта обращения с ОЯТ: однократный цикл, при котором топливо используется только один раз (открытый ЯТЦ), после чего хранится как отходы, и многократный с переработкой ОЯТ и возвращением в цикл неиспользованного урана и накопленного плутония (замкнутый ЯТЦ). Развитие АЭ России при реализации открытого ЯТЦ приведет к дефициту природного урана примерно с 2055 г. (с учетом необходимости топливообеспечения АЭС российского дизайна за рубежом), резервированию значительного объема пунктов временного хранения ОЯТ, реализации дорогостоящей программы строительства объекта окончательной изоляции ВАО, постоянному росту оценочных обязательств (финансовое обременение) по ОЯТ (~300 млрд руб. к 2035 г.) [5, с. 461].

Воспроизводство ядерного топлива является уникальным свойством ядерной энергетики. Это определяет перспективы его использования, т.к. значительно возрастают ресурсы ядерного топлива. В настоящее время это свойство используется слабо, поскольку есть доступные ресурсы урана.

При этом реакторная технология РБН за счет избыточного нейтронного потенциала в активной зоне дает возможность расширенного воспроизводства ядерного топлива, а быстрый спектр нейтронов обеспечивает уникальные условия для выжигания младших актинидов (МА) и долгоживущих продуктов деления (ПД), наработки коммерческих изотопов (например, Со-60, с высокой удельной активностью).

В рамках проектного соглашения GIF по системной интеграции и оценке РБН проводится разработка проектных критериев безопасности и оценка концепций перспективных проектов РБН по их соответствию требованиям, предъявляемым к установкам 4-го поколения. В настоящее время заявлены на рассмотрение концепции реакторов JSFR (Япония); ESFR (европейский проект); KALIMER (Южная Корея); AFR-100 (США); БН-1200 (Россия). Планируется представление на рассмотрение концепции китайского CFR1200. Для каждой из перечисленных концепций РБН странами-заявителями проведена их самооценка на предмет соответствия требованиям, предъявляемым к ЯЭС 4-го поколения,

которые сформулированы в виде 26 метрик. Такой анализ соответствия проекта БН-1200, выполненный в 2018 г., показал согласованность с критериями безопасности для РБН 4-го поколения, разработанными в рамках GIF [3, с.465].

В настоящее время в России ведутся исследования по нескольким вариантам нового ЯТЦ для решения вопросов ОЯТ и более эффективного использования урана: крупномасштабное развитие АЭ на быстрых реакторах с рециклированием регенерированного урана и плутония (рис. 1); так называемый цикл REMIX (топливо REMIX изготавливается из неразделенной смеси рециклированных урана и плутония, получаемой при переработке ОЯТ реакторов ВВЭР) в тепловых реакторах при отсутствии РБН в системе АЭ; двухкомпонентная ЯЭС, включающая тепловые и быстрые реакторы.

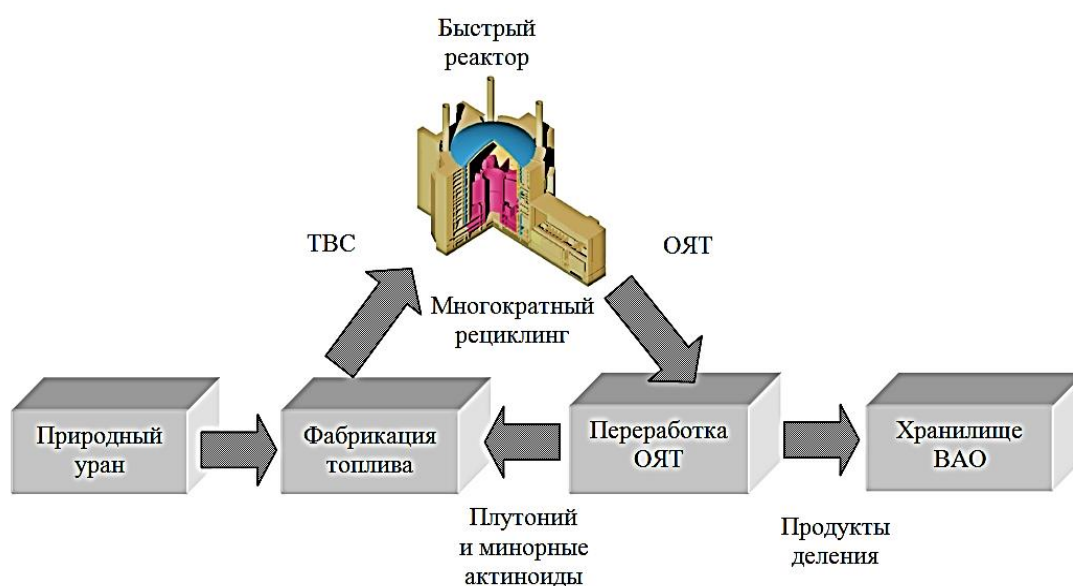


Рисунок 1. Топливный цикл на основе быстрых реакторов [2, с.139]

Как показал сопоставительный анализ технико-экономических показателей сценарных вариантов развития ЯЭС, двухкомпонентная структура генерирующих мощностей на тепловых и быстрых реакторах, объединяемая замкнутым ЯТЦ, обеспечит кардинальное решение системных проблем ядерной энергетики – накопление ОЯТ, обращение с РАО и кардинальное повышение эффективности использования природного урана [5, с.101].

В настоящее время разработан проект реактора БН-1200, который может быть использован в ЯЭС четвертого поколения. Концепция энергоблока БН-1200 базируется на большом положительном опыте России в разработке и эксплуатации быстрых реакторов с натриевым теплоносителем. БН-1200 относится к реакторным установкам повышенной безопасности, благодаря оптимальному сочетанию референтных и новых решений, обеспечению высоких показателей безопасности, технико-экономических характеристик, возможности расширенного воспроизводства топлива. Вероятность тяжёлого повреждения

активной зоны БН-1200 на порядок меньше требований нормативных документов. Санитарно-защитная зона (ССЗ) находится в границах промплощадки для любых проектных аварий [6, с.911]. Все системы с радиоактивным натрием размещены в пределах корпуса реактора, что исключает возможность его выхода в помещения реакторной установки из внешних коммуникаций. Уменьшение энергонапряженности активной зоны и увеличение выдержки отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) во внутриреакторном хранилище до двух лет снизит удельное энерговыделение в топливе в три раза. Это повышает безопасность транспортировки и отмывки ОТВС от натрия перед их установкой в бассейн выдержки.

При замыкании ЯТЦ ЯЭС принципиальное значение имеет формирующийся изотопный состав рециклируемого плутония. Каждый рецикл плутония в тепловом реакторе ВВЭР приводит к ухудшению (деградации) его состава (снижается содержание «делящихся» изотопов  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ , увеличивается содержание «неделящихся» пороговых изотопов  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ ). В то же время быстрый реактор БН-1200 может потреблять плутоний любого изотопного состава, а пороговые изотопы плутония в его спектре делятся с выделением энергии (хотя и не так интенсивно, как делящиеся изотопы). Кроме того, в быстром реакторе на МОКС-топливе идет интенсивная наработка делящегося  $^{239}\text{Pu}$  из  $^{238}\text{U}$ . За счет выгорания пороговых изотопов плутония и накопления  $^{239}\text{Pu}$  непригодный для тепловых реакторов плутоний в быстром реакторе может быть изменен («облагорожен») до изотопного состава, пригодного для использования в тепловом реакторе [5, с.64].

## *2.2. Анализ воздействия РБН на окружающую среду и персонал*

АЭС с реакторами на быстрых нейтронах имеют термический коэффициент полезного действия более 40 %, что значительно снижет тепловые выбросы в окружающую среду по сравнению с традиционными АЭС с «тепловыми» реакторами (коэффициент полезного действия – 31-33 %).

По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области» доля БАЭС в валовом объеме выбросов ЗВ в атмосферный воздух, сбросах ЗВ в водные объекты составляет сотые доли процента (рис. 2). При этом основными источниками выбросов (более 98 % от всех источников АЭС) являются котельные, работающие на мазуте [7, с.15].



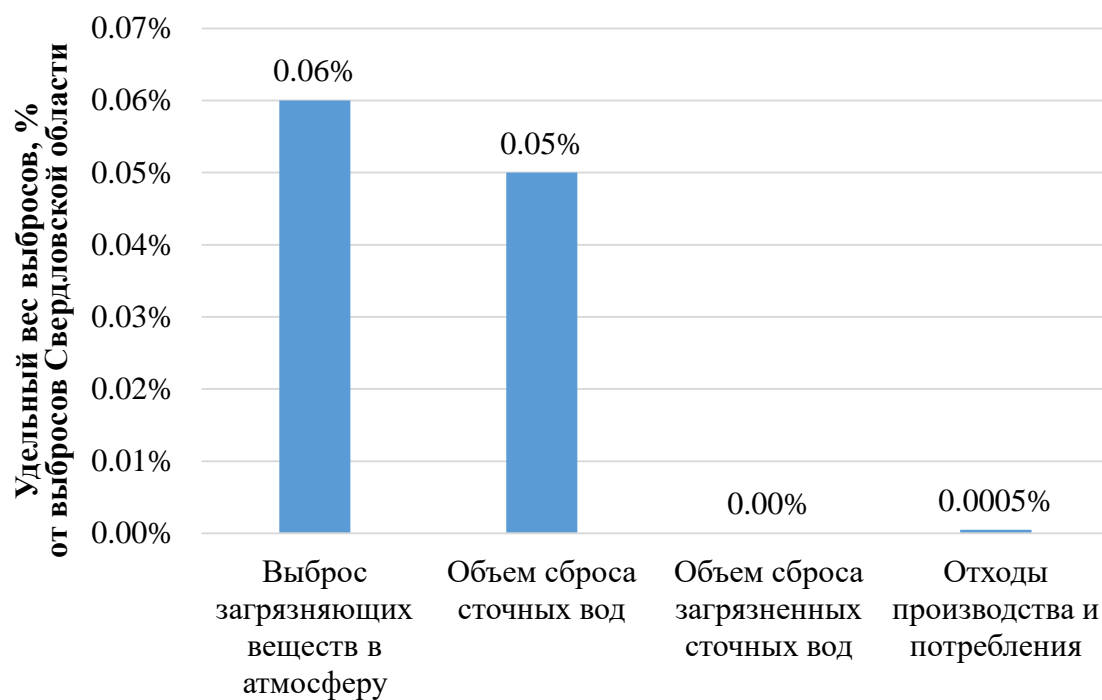


Рисунок 2. Удельный вес выбросов Белоярской АЭС в Свердловской области

Выбросы радиоактивных веществ Белоярской АЭС в атмосферу обусловлены, в основном, инертными радиоактивными газами (ИРГ) и составляют, как правило, менее одного процента от допустимого значения (рис.3).

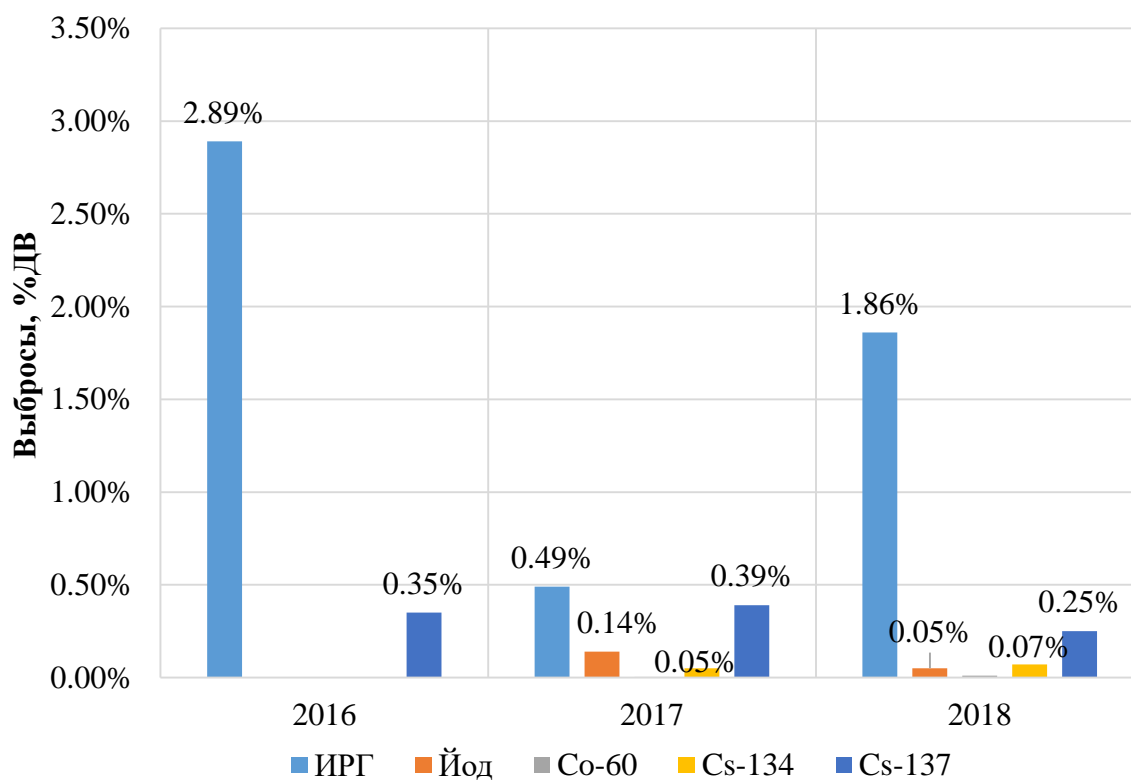


Рисунок 3. Выбросы радионуклидов в атмосферный воздух в 2016-2018 гг.

Систематические измерения концентрации радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, в водоемах-охладителях, измерения активности почвы и растительности, продуктов питания в контрольных точках подтверждают отсутствие влияния работы АЭС в режиме нормальной эксплуатации на состояние объектов внешней среды. Радиационный риск для населения, проживающего в районе расположения БАЭС, находится в области безусловно приемлемого риска, что не требует проведения дополнительных мероприятий по снижению активности радионуклидов в выбросах и сбросах АЭС.

Для энергоблока с реактором БН-600 достигнуты одни из наиболее низких уровней доз облучения как в России, так и в мире.

#### *Заключение*

Основой создания нового технологического уклада атомной энергетики – двухкомпонентной ядерно-энергетической системы с замкнутым ядерным топливным циклом – является современная атомная энергетика с тепловыми реакторами ВВЭР и имеющийся уникальный технологический опыт по быстрым натриевым реакторам БН с элементами замыкания ЯТЦ.

На Белоярской АЭС надежно и безопасно эксплуатируются самые мощные в мире энергетические реакторы на быстрых нейтронах БН-600 (40 лет) и БН-800 (5 лет). Как показывает опыт эксплуатации, БН-600 и БН-800 являются одними из наиболее экологически чистых реакторов в мире.

Результаты многокритериального анализа показывают конкурентоспособность АЭС с реакторами БН-1200 по сравнению с другими способами генерации энергии в условиях Уральского региона и Средней Волги.

На Белоярской АЭС готова площадка (рядом с блоком БН-800) под сооружение головного энергоблока БН-1200, есть возможность использования строительного-монтажной базы, в том числе корпуса сборки реактора БН-800.

Имеется квалифицированный монтажный и эксплуатационный персонал. В УрФУ на кафедре «Атомные станции и ВИЭ» создана уникальная учебно-материальная база для подготовки специалистов для эксплуатации и обслуживания реакторных установок типа БН-600 и БН-800 [8, с.293], [9, с.251].

#### **Список использованной литературы**

1. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экологическое прогнозирование в ядерной энергетике XXI века // Альтернативная энергетика и экология: международный научный журнал, 2015. № 8-9 (172-173). - С. 50-58.
2. Tashlykov O., Shcheklein S., Nosov Y., Smyshlaeva O. Ecological foresight in the nuclear power of XXI century // International journal of energy production and management, 2016. Vol. 1, No. 2, pp. 133-140.
3. Ашурко Ю.М. Инновационные реакторные технологии 4-го поколения и текущее состояние их развития в рамках международного форума «ПОКОЛЕНИЕ-IV» // Безопасность, эффективность и экономика атомной

энергетики: доклады XI международной конференции. – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2018. - С.462-468.

4. Алексеев С.В. Техничко-экономические аспекты инновационного развития ядерной энергетики России в XXI веке // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: доклады XI международной конференции – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2018 - С. 460-462

5. Двухкомпонентная ядерная энергетическая система с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерном топливном цикле/ под ред. академика РАН Н.Н. Пономарева-Степного. М: Техносфера, 2016. - 160 с.

6. Tashlykov O., Shcheklein S., Sesekin A., Chentsov A., Nosov Y.& Smyshlaeva O. Ecological features of fast reactor nuclear power plants (NPPs) at all stages of their life cycle // WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2014, Vol. 190 No. 2, pp. 907-918.

7. Годовой отчет по экологической безопасности Белоярской АЭС за 2018 г. <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/2fd/2fd9823473ebf8ad2cc483d17f53dda0.pdf>.

8. Ташлыков О.Л. Ремонт оборудования атомных станций: учебник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 352 с.

9. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Химчак Д.М., Тучков А.М. Прогноз и обеспечение потребности в специалистах для эксплуатации АЭС с реакторами типа БН (БН-600, БН-800, БН-1200) // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: тезисы докладов одиннадцатой международной научно-технической конференции – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2018. - С.250-251.

© Е.В. Шарифьянов, О.Л. Ташлыков, 2020

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ IOS И ANDROID

студент гр. 527 Жигалов Никита Андреевич,  
науч. руководитель: преподаватель Колупайло Мария Сергеевна  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В данной статье анализируется информационная безопасность мобильных операционных систем iOS и Android, а именно, сертификации приложений вендорами. В результате были выявлены достоинства и недостатки процесса сертификации в Apple и Google.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, приложения, iOS, Android, сертификация.

## INFORMATION SECURITY MOBILE OPERATING SYSTEMS IOS AND ANDROID

**Zhigalov Nikita Andreevich,  
Kolupaylo Maria Sergeevna**

**Abstract:** This article analyzes the information security of mobile operating systems iOS and Android, namely vendor certification of applications. As a result, the advantages and disadvantages of the certification process in Apple and Google were identified.

**Keywords:** information security, applications, iOS, Android, certification.

В современном мире мобильность и связь играют важнейшую роль в жизни каждого из нас. Именно поэтому смартфоны стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни.

В связи с этим обеспечение информационной безопасности смартфонов чрезвычайно важно, так как зачастую мы доверяем своим смартфонам конфиденциальную и чувствительную информацию. Злоумышленники понимают это и постоянно совершенствуют вредоносные программы, атакующие смартфоны. Вендоры мобильных платформ iOS и Android (рис. 1) применяют специальные техники, позволяющие повысить безопасность мобильных приложений и уберечь своих пользователей от хакерских атак. Одной из таких техник является сертификация приложений.

Сертификация приложений – это метод проверки сторонних приложений на соответствие всем требованиям вендора по безопасности и другим необходимым для него параметрам. Функциональность и безопасность приложения тщательно исследуются специально подготовленной командой программных инженеров, предоставляемых вендором. Сертификацию приложений производят Apple и Google перед публикацией приложения соответственно в App Store и Google Play.

Перед распространением приложения через App Store разработчик обязан зарегистрироваться в Apple и принять лицензионное соглашение. После успешного прохождения сертификации приложение подписывается цифровой подписью, а идентификатор разработчика, определяющий его личность, встраивается в приложение.



*Рисунок 1. Логотипы операционных систем iOS и Android*

Процесс цифровой подписи нацелен на то, чтобы гарантировать, что личность разработчика приложения и само приложение не будут изменены. Любая попытка изменить приложение приведет к недействительности сертификата, без которого приложение не запустится. Тем не менее данные средства защиты не являются абсолютно эффективными. На самом деле хакеры могут использовать украденные идентификаторы для регистрации в Apple для публикации своих вредоносных приложений. Злоумышленник может вставить вредоносный код во время сертификации, при этом не будучи пойманным. Кроме того, Apple не раскрывает свой процесс сертификации, поэтому оценить его эффективность довольно сложно. Есть примеры, когда вредоносное приложение прошло сертификацию. Когда Apple узнает, что приложение прошедшее сертификацию в App Store, не удовлетворяет требованиям по безопасности, они немедленно удаляют его из магазина приложений. Например,

в 2009 году Apple удалила все приложения, разработанные компанией Storm8 из App Store, когда обнаружили, что эти приложения собирают личную информацию пользователей. Поскольку iOS становится все популярнее, хакеры чаще выбирают эту платформу как приоритетную для атак, поэтому пользователям нужно уделять больше внимания безопасности своих смартфонов.

Так же, как и в Apple, Google требует прохождения сертификации приложения перед его публикацией в Google Play, однако процесс цифровой подписи для Android отличается от iOS. Google не требует, чтобы разработчики регистрировались в Google Play и получали цифровые сертификаты подписи. На самом деле разработчики приложений, которые хотят размещать свои приложения в Google Play, могут создавать столько подписей, сколько захотят, не отслеживая их в Google. Одной из самых серьезных проблем безопасности Android является то, что Play - это не единственное место для распространения приложений для пользователей Android. На самом деле, разработчики приложений для Android могут размещать свои приложения на любом веб-сайте в интернете, где приложения не оцениваются Google. Атакующие используют эту открытую экосистему и распространяют вредоносное ПО.

Учитывая эту свободу, трудно гарантировать, что разработчик приложения не создаст анонимный цифровой сертификат и не будет пойман. Кроме того, хакеры могут использовать известные названия компаний и помещать их в сертификат, чтобы обмануть пользователей. Что еще более важно, Google не может полностью предотвратить атакующих от вмешательства в законное приложение. Злоумышленник может вставить вредоносный код в законное приложение, создать новый анонимный сертификат, а затем распространять вредоносное приложение в интернете или на рынок Android, создавая «троянский конь».

### **Список использованной литературы**

1. iOS Security [Электронный ресурс] URL: [https://www.apple.com/business/docs/iOS\\_Security\\_Guide.pdf](https://www.apple.com/business/docs/iOS_Security_Guide.pdf)
2. Android Security [Электронный ресурс] URL: <https://developer.android.com/training/articles/security-tips.html>

© Н.А. Жигалов, М.С. Колупайло, 2020

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

студент гр. 7-529 **Казимиров Сергей Юрьевич**,  
канд. техн. наук, доцент **Ремизова Ирина Викторовна**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** Рассмотрены основные проблемы повышения качества, конкурентной способности и надёжности радиоэлектронной продукции, за счёт анализа неисправностей оборудования. На основании проведенного анализа необходимо исследовать и ввести в эксплуатацию методы и режимы испытаний.

**Ключевые слова:** радиоэлектронное оборудование, анализ, виды испытаний, режимы испытаний, климатическая камера.

## RESEARCH OF METHODS AND MODES OF TESTING OF RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT

**Kazimirov Sergey Yurievich,**  
**Remizova Irina Viktorovna**

**Abstract:** The main problems of improving the quality, competitive ability and reliability of radio-electronic products, due to the analysis of equipment failures, are considered. Based on the analysis, it is necessary to investigate and put into operation test methods and modes.

**Keywords:** radio-electronic equipment, analysis, types of tests, test modes, installations, climate chamber.

Надёжность и качество, а, следовательно, и конкурентоспособность продукции, выпускаемой отечественной промышленностью, возможно только в том случае, если осуществляются многократные испытания и проверки на появление возможных неисправностей выпускаемой продукции.

Для повышения этих показателей у радиоэлектронного оборудования необходимо проанализировать неисправности этого оборудования и на основании анализа исследовать и ввести в эксплуатацию методы и режимы текущих испытаний.

Для решения этой проблемы были проанализированы неисправности радиоэлектронного оборудования за 2016 - 2019 гг. в результате чего в соответствии с ГОСТ 16504-81 была разработана ориентировочная схема новых методов испытаний и их режимов [1]. Данная схема изображена на рис. 1.



*Рисунок 1. Ориентировочная схема новых методов испытаний и их режимов*

Пусть рассматривается несколько видов проводимых испытаний. В соответствии с ГОСТ 28213 и ГОСТ 28215 [2, 3]. Испытания на одиночный удар и многократный проводятся следующим образом:

- 1) Образец устанавливают на специализированный станок.
- 2) Проводят удар в различных направлениях.
- 3) Если ударов несколько, то указанное число ударов прикладывают к каждому направлению.

Согласно ГОСТ 30630.2.1-2013 [4] климатические испытания проводятся следующим образом. Одними из основных факторов, выявляющих понижение параметров и нестабильность любого изделия, являются влияния повышенной и пониженной температуры воздуха.

Возникновение тепла внутри изделия и внешние климатические воздействия определяют температурную границу аппаратуры. Поэтому при проведении испытаний важно учесть возможное влияние тех или иных источников температуры.

Все климатические испытания можно разделить на два вида: испытания на стойкость к воздействию факторов и на устойчивость. Испытание на стойкость определяет умение изделия сопротивляться негативному действию климатического фактора. Показывают возможность изделий нормально функционировать при прекращении влияния негативных воздействий. После проведения испытаний изделие проверяется на соответствие технических требований.

Испытания на устойчивость проводят для определения способности изделий выполнять свои функции и сохранять параметры в пределах норм технической документации в процессе и после влияния температурных скачков.

Длительность испытаний определяется временем достижения изделием температурного равновесия, и временем, требуемым для проверки параметров.



Параметры изделия определяют при достижении теплового баланса, при этом изделие из камеры не извлекается.

Для подготовки процесса испытаний на воздействие климатических факторов следует учитывать влияние общей влажности окружающего воздуха. Сочетание влажности воздуха и температурных изменений может отрицательно отразиться на продукции.

Влияние повышенной влажности способно вызывать множество отказов, например, короткое нарушение изоляции между проводниками, коррозию у аппаратуры и т.д.

Испытания на воздействие повышенной влажности проводятся в климатической камере, в камере выставляют повышенную температуру и влажность, при этом испытание могут проводить с разными параметрами. Пример климатической камеры изображён на рис. 2.



*Рисунок 2. Климатическая камера для проведения испытаний*

В климатической камере выделяют следующие составные части: рабочий объём; щит автоматического управления; холодильный агрегат; парогенератор.

Рабочий объём по сути является шкафом [5], в котором присутствуют: теплообменник; дверь с окном; защита от замерзания; щит автоматического управления.

Данные установки являются автоматизированными, так как испытания проходят в автоматическом режиме, и могут длиться больше 24 часов для выявления неисправностей оборудования и не требуют присутствия сотрудника после запуска испытаний.

Проведение новых методов испытаний и их режимов привели к следующим результатам (см. табл. 1).

Все данные методы и режимы помимо сотрудников на производстве контролируются отделом качества на соответствие параметров в заложенной технической документации. При выявлении несоответствия изделия возвращаются на доработку в производство, после чего цикл проверки повторяется и испытания проходят заново весь цикл.

*Таблица 1. Результаты количества отказов оборудования после внедрения новых методов и режимов испытаний*

| № п/п            | Наименование блока радиоэлектронного оборудования | МПСН 2.0      |                         | ГНОМ 3.0   |               | СОТА Х4                 |  | СОТА Х1       |                         |  |    |    |   |
|------------------|---|---------------|-------------------------|--|---------------|-------------------------|--|---------------|-------------------------|--|----|----|---|
|                  |   | Всего в блоке | Отказало за 2016-19 гг. | Отказано после внедрения новых методов испытаний | Всего в блоке | Отказало за 2016-19 гг. | Отказано после внедрения новых методов испытаний | Всего в блоке | Отказало за 2016-19 гг. | Отказано после внедрения новых методов испытаний |    |    |   |
| 1                | Блок управления                                   | 12            | 8                       | 3  | 76            | 130                     | 24   | 15            | 16                      | 7  | -  | -  | - |
| 2                | Блок АЦП  | -             | -                       | -  | 67            | 89                      | 21   | 1             | 2                       | 0  | 11 | 10 | 2 |
| 3                | Антенный модуль                                   | -             | -                       | -  | 7             | 6                       | 1  | 47            | 24                      | 10   | 12 | 3  | 0 |
| 4                | Блок автоматической защиты                        | -             | -                       | -  | 26            | 78                      | 14   | 18            | 27                      | 3  | 4  | 0  | 0 |
| 5                | Блок коммутации                                   | -             | -                       | -  | 36            | 82                      | 17   | 19            | 28                      | 4  | 2  | 1  | 0 |
| Общее количество |   | 12            | 8                       | 3  | 212           | 385                     | 77   | 100           | 96                      | 24   | 29 | 14 | 2 |

На основании анализа и внедрения методов и режимов испытаний были сделаны следующие выводы. В процессе исследования были проведены испытания на вибрационные, линейные, ударные и климатические нагрузки.

Из обобщённых данных анализа статистики отказов модулей радиоэлектронного оборудования видно, что новые методы испытаний и их режимы помогают сократить отказы модулей, следовательно, сокращается количество брака, улучшается качество и надёжность производимого оборудования, а также устраняется проблема возникновения неисправностей.

В будущем планируется провести анализ по каждому из видов испытаний и составить статистику для исправлений конкретных составных частей радиоэлектронной аппаратуры, выявленных в процессе проведенных испытаний.

### Список использованной литературы

- ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения (с изменением №1).
- ГОСТ 28213-89. Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание и руководство: Одиночный удар.
- ГОСТ 28215-89. Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание и руководство: Многократные удары.
- ГОСТ 30630.2.1-2013 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры (с поправкой).
- Климатическая камера. Википедия-свободная энциклопедия [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Климатическая\\_камера#Конструкция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Климатическая_камера#Конструкция).

© С.Ю. Казимиров, И.В. Ремизова, 2020

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА  
И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

студентка гр.ЭК-61 **Сыпко Виктория Валериевна**,  
науч. руководитель: канд. экон. наук, доцент **Тимофеева Юлия Николаевна**  
Новосибирский государственный технический университет  
г. Новосибирск, Российская Федерация

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с охраной труда и промышленной безопасностью на электроэнергетических предприятиях, решения этих проблем посредством инновационных технологий и эффект, полученный от их внедрения. Электроэнергетика – опасная отрасль, поскольку связана с электрическим током, и сотрудники, работающие в данной отрасли, имеют большой риск получения тяжелых травм, поэтому безопасность и охрана труда на электроэнергетических предприятиях превыше всего.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, охрана труда, промышленная безопасность, новые технологии, цифровые технологии, инновации, несчастный случай, обучение персонала, сетевая компания, затраты, эффект.

**NEW TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION AND  
INDUSTRIAL SAFETY AT ELECTRIC POWER ENTERPRISES**

**Sypko Victoria Valerievna,  
Timofeeva Julia Nikolaevna**

**Annotation.** This article discusses the problems associated with labor protection and industrial safety at electric power enterprises, the solutions to these problems through innovative technologies and the effect obtained from their implementation. Electricity is a dangerous industry because it is associated with electric current, and employees working in this industry are at great risk of serious injuries, which is why safety and labor protection at electric power enterprises are above all.

**Keywords:** electric power industry, labor protection, industrial safety, new technologies, digital technologies, innovations, accident, personnel training, network company, costs, effect.

Охрана труда и промышленная безопасность в современном мире имеет огромное значение в связи с интенсивным развитием производственной сферы, в частности электроэнергетической, поэтому соблюдение ее принципов позволяет решить множество важных для предприятия задач.

На современном этапе развития инновационной экономики отношение к охране труда на производстве существенно меняется. Сегодня охрана труда рассматривается как система сохранения жизни и здоровья работников, включая в себя социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия [6].

Актуальность темы обоснована тем, что электроэнергетика – это одна из ведущих отраслей энергетики, в которую входит генерация, передача и распределение, а также сбыт электрической энергии. Данная отрасль считается наиболее значимой, поскольку электроэнергия нужна для жизнеобеспечения всего населения. На предприятиях данной отрасли труд связан с высокой вредностью производства и большими нагрузками, поэтому требуется особое внимание к безопасности труда и технике безопасности. Новые технологии вводятся в данную сферу неспроста. Хотя тенденция к снижению уровня производственного травматизма последние годы сохраняется, но несчастные случаи все равно происходят и довольно часто. Поэтому в интересах всей страны минимизировать такие происшествия, а для этого нужно внедрять инновации.

Необходимость совершенствования данной сферы продиктована также новыми вызовами, стоящими не только перед рынком труда, но и перед всей экономикой России. Необходимо обеспечить темпы роста экономики и увеличить производительность труда. Эти задачи невозможно решить без создания безопасных рабочих мест и улучшения условий работы. Именно поэтому на сегодняшний день цифровые технологии находят все более широкое применение в сфере охраны труда [3].

Технологии, которые демонстрируют российские производители – это технологии сферы IT и smart, визуализации процессов, мониторинга состояния работника, обучения и тренингов. Технологии, которые могут найти применение на предприятиях:

1. Модульная интеллектуальная система по автоматизации процессов промышленной безопасности и охраны труда. Цель программы: повышение эффективности управления процессами, целевое расходование средств и снижение затрат, глобальная аналитика, статистика и интеграция процессов производственного контроля.
2. Программа для информатизации управления промышленной безопасностью. Данная разработка помогает не только снизить промышленные риски и предотвратить санкции надзорных органов, но и упростить процесс управления безопасностью на производстве.
3. Технологии VR для обучения сотрудников работе в виртуальной реальности. Обучающий курс виртуальной реальности позволяет работнику взаимодействовать с точной копией оборудования без порчи имущества компании, окружающей среды и собственного здоровья.

4. Телеметрический модуль в комплекте с экипировкой работника на производстве. В рамках этого решения разработан широкий функционал: определение местоположения сотрудника, наличие тревожной кнопки, подающей сигнал по любому из доступных каналов связи, идентификация личности, контроль падений и подскользываний, диагностика физического состояния сотрудника [4].

Помимо цифровых технологий в охрану труда внедряются организационные инновации, связанные с обучением персонала.

Подготовка персонала в энергетике теперь обозначается общим термином «профессиональное обучение». Это вид образования, который направлен на приобретение обучающимися знаний, умений, навыков и формирование компетенции, необходимых для выполнения определенных трудовых, служебных функций. Сюда включаются: первичная подготовка, переподготовка и повышение квалификации рабочих и служащих по профессиям и должностям.

Корпоративный энергетический университет (КЭУ) разработал инновационные формы и методы обучения.

КЭУ активно развивает систему дистанционного обучения. Эта форма чрезвычайно актуальна для отрасли, в которой четко выражены такие характеристики как:

- Малочисленность и территориальная удаленность центров источников знаний, актуальных для отрасли в целом, от предприятий, распределенных по всей территории страны.
- Необходимость оперативной синхронизации материала обучения с изменениями и инновациями в отрасли.
- Темы обучения многообразны, а группы, одновременно обучающиеся по одной теме, немногочисленны.
- Материал обычно преподают практики, топ-менеджмент и ведущие разработчики инноваций отрасли.

Инновационные модели образования представлены на рис. 1.

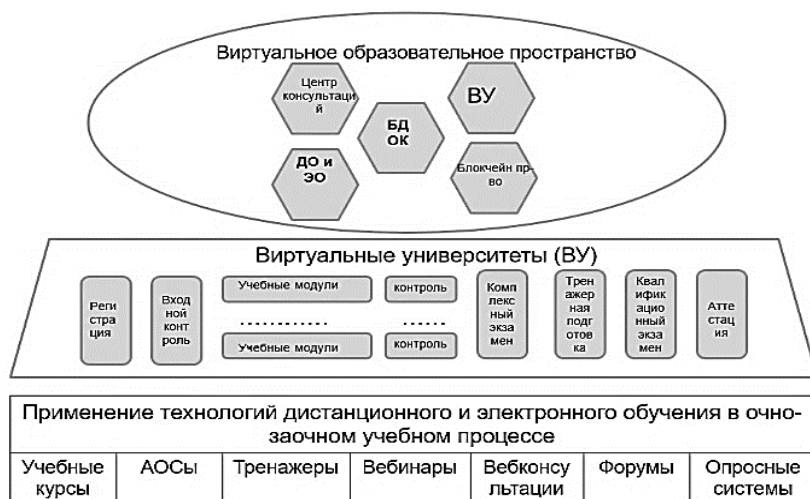


Рисунок 1. Инновационные модели образования [2]

Инновационные методы и формы профессионального обучения [2]:

1. Система «Интернет-класс». Обучение в режиме on-line на рабочих местах слушателей без выезда в учебные центры, т.е. без отрыва от производства.
2. Система дистанционного обучения. Обучение без отрыва от работы в удобное время и удобном темпе.
3. Соревнования и конкурсы профессионального мастерства.
4. Тренажеры и имитационные модели с дистанционным доступом (уже были упомянуты выше). Моделирование сложных технических и технологических процессов, развитие практических навыков у слушателей. Данная технология позволяет: сократить финансовые затраты, использовать опыт лучших инструкторов, обеспечить качественное обучение персонала и безопасность и т.д.
5. В организационно-педагогические инновации включается сетевое обучение по кредитно-модульной схеме с использованием метода бинарного обучения.

Эффективно подготовиться к экзамену по технике безопасности позволяют мобильные приложения, где работники могут пройти обучающие курсы и оценить уровень своей подготовки. В России такое решение представила компания «Термика», выпустив приложение «Олимпокс». Сейчас на платформе доступно более 400 обучающих курсов, которые можно скачать на телефон и просматривать даже без доступа в интернет.

Программа для информатизации управления промышленной безопасностью в сетевой компании помогает не только снизить промышленные риски, но и упростить процесс управления безопасностью на опасных объектах.

Для защиты сотрудников разработчики предлагают уникальные средства индивидуальной защиты, оберегающие рабочих от травм. Например, *умная каска* BIOT SMART от компании COM3 помогает контролировать соблюдение работниками правил безопасности труда и предупреждает об отклонениях от нормативов, также есть *умные перчатки*, позволяющие отслеживать напряжение в электросетях, которые обезопасят рабочих от удара током [1].

Таким образом, инновации в системе охраны труда и безопасности в электроэнергетике могут быть связаны как и с новыми IT-технологиями и цифровизацией, так и с инновационной системой обучения персонала, поскольку в основном несчастные случаи происходят по вине персонала.

Рассмотрим вариант внедрения новых технологий и предполагаемый эффект от этого в сфере охраны труда на примере акционерного общества «Региональные электрические сети» (далее – АО «РЭС»).

АО «РЭС» – одна из крупнейших сетевых компаний среди региональных сетевых организаций России, занимает доминирующее положение в Новосибирской области на рынке оказания услуг по передаче электрической энергии.

Специалистами управления охраны труда и промышленной безопасности АО «РЭС» разработаны локальные нормативные акты (положения, инструкции)

и другие документы, регламентирующие данную работу. Помимо совершенствования нормативной и справочной базы по вопросам охраны труда, в Обществе осуществляется целый ряд практических мероприятий в этой области, в том числе и инновационных (смотр-конкурсы, проверки, наглядная агитация, периодическое обучение персонала и проверка знаний, видеонаблюдение, постоянный контроль и т.д.) [5].

Данные мероприятия стали вводиться, поскольку число несчастных случаев выросло вдвое: если за 2014-2015 гг. количество происшествий было 4, то за 2016-2017 гг. число возросло до 8. Для наглядности на рис. 2 показана динамика несчастных случаев (НС) за 5 лет в компании АО «РЭС» (все данные взяты из годовых отчетов компании).

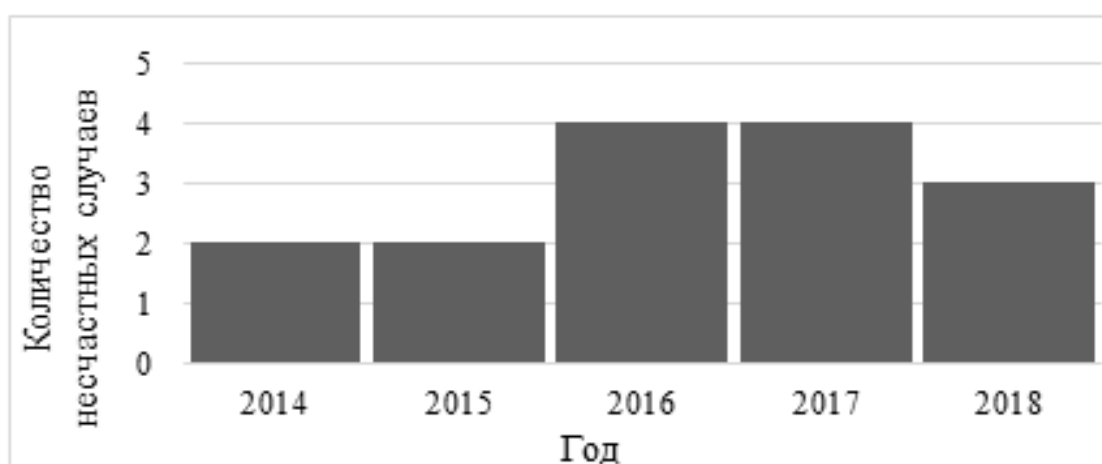


Рисунок 2. Динамика несчастных случаев на предприятии в АО «РЭС»

Судя по диаграмме, как уже было замечено, к 2016-2017 годам уровень происшествий на производстве значительно возрос по сравнению с 2014-2015 гг. Но в 2018 количество НС снизилось до 3.

Большенство происшествий случается по вине персонала. Ошибки персонала включают в себя: неосторожность и халатность, не использование (неправильное использование) средств индивидуальной защиты, не соблюдение техники безопасности, неправильное использование оборудования, инструментов, нехватка знаний в этой области и т.д. Прочие причины – это неисправность оборудования, непредвиденные обстоятельства и т.д.

Следует отметить, что с 2014 по 2018 гг. в обществе серьезных аварий и инцидентов на опасных производственных объектах не произошло.

В результате реализации инвестиционной и ремонтной программ 2018 года и предыдущих периодов удалось добиться уменьшения количества аварийных отключений по электрическим сетям АО «РЭС» на 23,4 % по сравнению с 2017 годом. С 2014 по 2017 годы также была тенденция к уменьшению аварийных отключений.

В таблице 1 приведены затраты на охрану труда в динамике за 5 лет.

Таблица 1. Затраты на охрану труда в АО «РЭС» за 2014-2018 годы

| Наименование  | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Защитные средства, термостойкая спецодежда (тыс. руб.)  | 26152   | 19483   | 27081   | 34967   | 41008   |
| Электроразрядные средства (тыс. руб.)   | 2764    | 3572    | 3566    | 4226    | 5463    |
| Спецодежда, спецодежда с логотипом (тыс. руб.)  | 5561    | 7925    | 7901    | 8118    | 9915    |
| Прочее (средства защиты от падения с высоты, мед. техника и мед. препараты, моющие средства, плакаты, знаки безопасности, пожарное оборудование, рабочая обувь) (тыс. руб.) | 4746    | 5315    | 5446    | 5213    | 7979    |
| Итого   | 39223   | 36295   | 43994   | 52524   | 64365   |
| Средства индивидуальной защиты (СИЗ) (руб./чел.)  | 7828    | 6340    | 8854    | 10695   | 12967   |
| Итого   | 7828    | 6340    | 8854    | 10695   | 12967   |

Анализируя вышепредставленные данные, можно заметить, что за последние 3 года компания стала тратить больше средств на охрану труда, производственную безопасность, а также на улучшение условий труда на предприятии.

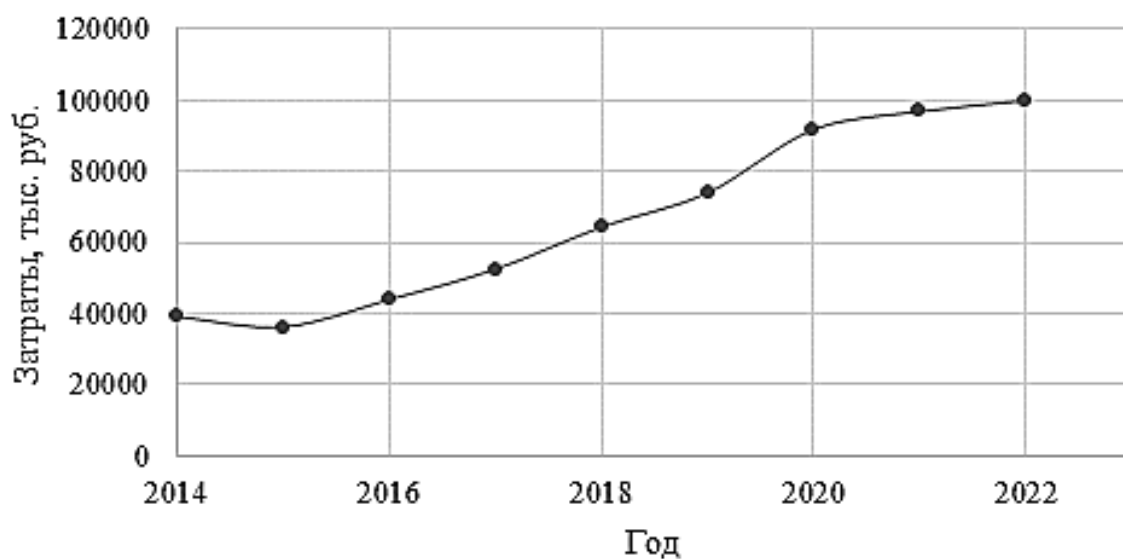
Следует также отметить, что, прослеживается некоторая закономерность: поскольку количество несчастных случаев выросло вдвое в 2016-2017 гг. (в сравнении с 2014-2015 гг.), то и затраты начали расти в этот период времени, а также проведение мероприятий по улучшению стало больше. Это дало положительный эффект, так как в 2018 году количество несчастных случаев снизилось на 15 % относительно 2017 года.

Дальнейшая работа по всестороннему развитию и введению новых технологий в систему охраны труда на предприятии – одна из важных задач не только специалистов управления охраны труда и промышленной безопасности, но и для каждого работника АО «РЭС».

Как уже было сказано выше, цифровые технологии находят все более широкое применение в сфере охраны труда. Свою эффективность такие технологии демонстрируют и в обучении сотрудников. Поэтому цифровые технологии, описанные выше (которые еще не внедрены на предприятии), мы предлагаем внедрить в АО «РЭС» и оценить полученный эффект.

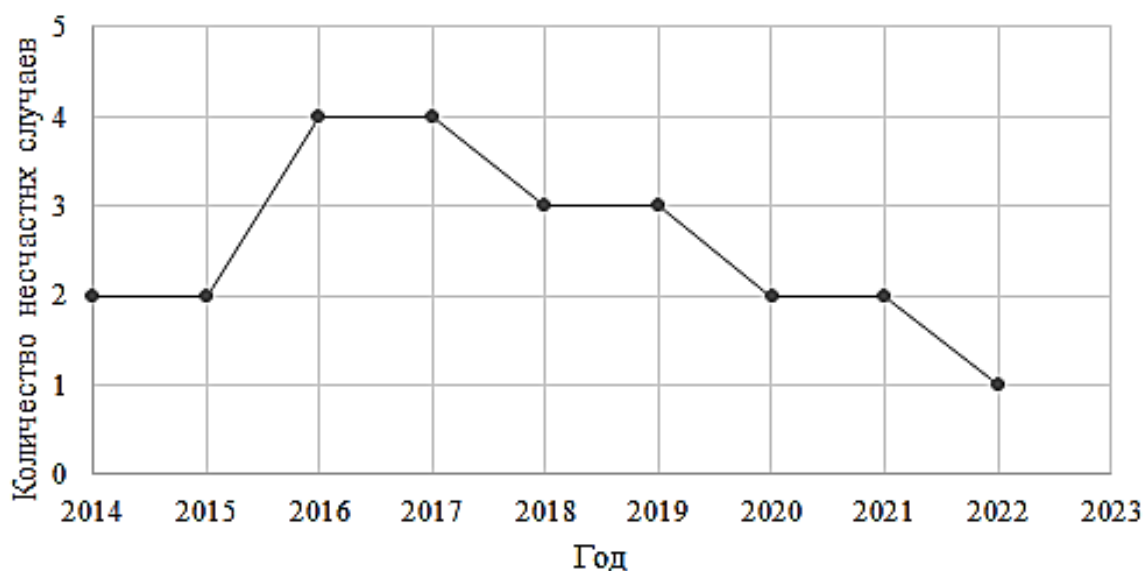


Для внедрения всех рекомендаций, естественно, понадобятся средства. На рис. 3 показана предполагаемая тенденция затрат, если АО «РЭС» начнет внедрять новые рекомендуемые нами технологии в 2020 году.



*Рисунок 3. Тенденция повышения затрат на будущее при внедрении рекомендованных инноваций*

Эффектом от данных мероприятий и затрат на них будет снижение травматизма и смертности в АО «РЭС», что можно увидеть на рисунке 5. Предполагается, что к 2022 году уровень происшествий на предприятии снизится до 1 (в идеале до 0).



*Рисунок 4. Тенденция снижения несчастных случаев на будущее при внедрении рекомендованных инноваций*

Таким образом, инновации в системе охраны труда и безопасности в сетевой компании присутствуют, но не в полном размере, поэтому мы рекомендуем обратить внимание на новые IT-технологии и цифровые технологии, а также ввести в полном размере инновационную систему обучения персонала, поскольку это поможет снизить ошибки персонала и несчастные случаи, которые произошли по их вине. Мы считаем, что понесенные затраты на новые технологии, которые предлагаются сетевой компании, окупятся, поскольку происшествия могут снизиться до нуля.

### **Список использованной литературы**

1. Как цифровые технологии меняют сферу охраны труда// Гетсиз.ру  
URL: <https://getsiz.ru/kak-cifrovye-tekhnologii-menyayut-sferu-ohrany-truda.html>  
(дата обращения: 27.03.2020).
2. Корпоративный энергетический университет// keu-ees URL: [www.keu-ees.ru](http://www.keu-ees.ru)  
(дата обращения: 18.03.2020).
3. Необходимость инновационных решений в области охраны труда// Ohranatruda.org URL: <http://www.ohranatruda.org/neobhodimost-innovacionnyh-reshenij-v-oblasti-ohrany-truda/> (дата обращения: 17.03.2020).
4. Новости охраны труда// Aetalon.ru URL: <https://www.aetalon.ru/>  
(дата обращения: 18.03.2020).
5. Официальная страница АО "РЭС"// eseti.ru URL: <https://www.eseti.ru/>  
(дата обращения: 21.03.2020).
6. Промышленность. Электроэнергетика// Promyshlennosts.ru  
URL: [http://promyshlennosts.ru/prom\\_kat/elektroenergetika.html](http://promyshlennosts.ru/prom_kat/elektroenergetika.html) (дата обращения: 17.03.2020).

© В.В. Сыпко, Ю.Н. Тимофеева, 2020

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

студентка группы 442 **Сергей Лилия Павловна**,  
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Гладышев Николай Николаевич**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В российской системе централизованного отопления в качестве теплоносителя чаще всего используется вода, которая доставляется потребителям по трубопроводам от источника тепловой энергии. Источником тепловой энергии могут быть водогрейные котельные или теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Системы теплоснабжения, устроенные таким образом, называются централизованными. Наряду с преимуществами такие системы имеют ряд серьезных недостатков, существенно снижающих их энергоэффективность. В связи с этим предлагается использовать в системах теплоснабжения комбинированно тепловую и электрическую энергию, которая передается на большие расстояния и преобразуется в другие виды энергии практически без потерь. В качестве примера рассматривается использование окон с электрообогревом стекол.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, энергетическая эффективность, тепловые потери, энергосбережение, эксергетический анализ.

## ENHANCING ENERGY EFFICIENCY OF THE CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM

**Sergei Liliia Pavlovna,**  
**Gladyshev Nikolay Nikolaevich**

**Abstract:** In the Russian central heating system, water is most often used as a heat carrier, which is delivered to consumers through pipelines from a heat source. The source of thermal energy can be hot-water boiler houses or combined heat and power plants. Heating systems arranged in this way are called centralized. Along with the advantages, such systems have a number of serious disadvantages that significantly reduce their energy efficiency. In this regard, it is proposed to use combined heat and electric energy in heat supply systems, which is transmitted over long distances and converted into other types of energy with virtually no loss. As an example, the use of windows with electric heating of glasses is considered.

**Keywords:** heat supply system, energy efficiency, heat loss, energy saving, exergy analysis.

Система теплоснабжения – это совокупность взаимосвязанных энергоустановок по выработке, транспорту и использованию теплоты. Задача теплоснабжения заключается в обеспечении необходимого теплового режима зданий в зимний период. В балансе страны затраты энергии на теплоснабжение составляют около 25%. В связи с этим для большинства регионов нашей страны, которым характерен продолжительный отопительный сезон, определяющим моментом энергосбережения является эффективное использование энергии при теплоснабжении зданий. [1]

Поддержание необходимой температуры воздуха в жилых и общественных помещениях достигается за счет равновесия между теплопритоком и потерями тепла в зданиях. В основном, нагрев воздуха внутри помещения осуществляется с помощью отопительных приборов путем циркуляции внутри них теплоносителя заданных параметров. В российской системе централизованного отопления в качестве теплоносителя чаще всего используется вода, которая доставляется потребителям по трубопроводам от источника тепловой энергии. Источником тепловой энергии могут быть водогрейные котельные или теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Системы теплоснабжения, устроенные таким образом, называются централизованными.

Централизованные системы теплоснабжения имеют ряд неоспоримых преимуществ, однако, существуют и следующие недостатки этой системы, заставляющие задуматься о целесообразности ее дальнейшего использования:

- низкое качество централизованного теплоснабжения из-за наличия потерь тепла при транспортировке теплоносителя;
- отсутствие возможности регулирования объёмов потребления;
- включение и отключение центрального отопления осуществляется строго в рамках отопительного сезона, жильцы домов не могут влиять на его начало и конец;
- износ тепловых сетей, следствием которого является множество аварий и внеплановых отключений теплоснабжения;
- длительный срок летних отключений горячего водоснабжения (ГВС).

Наряду с системами централизованного теплоснабжения, в крупных и, особенно, в малых городах России стало появляться децентрализованное теплоснабжение. Это связано со следующими предпосылками:

- низкое качество централизованного теплоснабжения из-за наличия потерь тепла при транспортировке теплоносителя;
- завышенная стоимость тепла в отдельных регионах;
- сложный, дорогой, затянутый порядок подключения к системе ЦТ;
- отсутствие возможности регулирования объёмов потребления;
- включение и отключение центрального отопления осуществляется строго в рамках отопительного сезона, жильцы домов не могут влиять на его начало и конец;

- износ тепловых сетей, следствием которого является множество аварий и внеплановых отключений теплоснабжения;
- длительный срок летних отключений горячего водоснабжения (ГВС). [2]

Примерами децентрализованного отопления является применение автономных котельных или систем индивидуального (поквартирного отопления).

Существующая система централизованного теплоснабжения, использующая в качестве теплоносителя воду, имеет некоторые термодинамические особенности.

По первому закону термодинамики невозможны термодинамические процессы, в которых производилась бы или уничтожалась энергия, поскольку возможно лишь преобразование одних форм энергии в другие. Для этих энергетических преобразований всегда справедливы балансовые уравнения закона сохранения энергии. Однако из таких уравнений не следует, возможно ли вообще то или иное преобразование энергии и не ясны ограничения в направлении протекания термодинамических процессов, входящих в состав термодинамических циклов или круговых процессов. На это дает ответ второй закон термодинамики и вытекающий из него метод эксергетического анализа, обобщающий данные о направлении протекания термодинамических процессов.

Было установлено, что для всех форм энергии справедливо следующее обобщенное соотношение

$$\text{Энергия} = \text{Эксергия} + \text{Анергия} .$$

Используя данное обобщенное соотношение и переходя к теплоте, переносимой потоком энергоносителя, величину эксергии теплового потока можно определить как часть теплоты, которую можно превратить в любую другую форму энергии, а значит, и в тепловую работу. Анергия теплового потока - это энергия, которая не может быть преобразована в тепловую работу.

Сетевая вода, нагретая в водогрейном котле до температуры 95-130°C, переносит значительное количество тепловой энергии, но работоспособной энергии или эксергии в ней мало. Это означает, что выполнить тепловую работу, т. е. повысить температуру нагреваемого тела (воздуха) способна только эксергетическая часть передаваемой теплоты. Неработоспособная часть теплоты - анергия, переносимая сетевой водой, также передается нагреваемой среде, но не повышает её температуру. Эта часть теплоты затрачивается на совершение работы расширения нагреваемой среды (воздуха). Теплообмен возможен только при наличии эксергии в потоке греющей среды и происходит при совершении тепловой работы.

Так как эксергии в потоке сетевой воды мало, то для доставки к отопительным приборам её необходимого количества приходится перекачивать значительные расходы теплоносителя.

Существующие в РФ тепловые сети централизованного теплоснабжения представляют собой многокилометровые теплопроводы, заполненные тоннами

сетевой воды, при транспортировке которой происходят потери тепловой энергии (10-15 %) в окружающую среду.

По этой же причине такие системы теплоснабжения являются чрезвычайно инерционными и плохо поддающимися регулированию.

В отличие от тепловой энергии, переносимой потоком теплоносителя (воды), электрическая энергия имеет очень ценное свойство, а именно, ее передача на большие расстояния, распределение и даже преобразование в тепловую энергию происходит без значительных потерь. Кроме того, для повышения КПД источников теплоснабжения на них применяются технологии комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, которая в свою очередь не используется в системе теплоснабжения. Отсюда возникает переизбыток электрической энергии в энергосистеме, так как не существует способов ее промышленной аккумуляции.

Как известно, основные потери тепла в здании приходятся на окна, так как к ним не могут быть применены классические методы теплоизоляции ограждающих конструкций. В связи с этим и вышеперечисленными недостатками централизованной системы теплоснабжения предлагается комбинировать в системах отопления жилых и общественных зданий тепловую и электрическую энергии.

Одним из вариантов комбинированного использования тепловой и электрической энергии в системах отопления зданий является применение энергосберегающих окон, имеющих тонкое токопроводящее покрытие. При подведении к таким окнам электрической энергии их поверхность способна нагреваться до  $+55^{\circ}\text{C}$ , что исключает тепловые потери через них. Кроме того, такие окна могут служить в качестве автономного отопительного прибора при отключении водяного отопления.

Конструкция блока такого оконного стекла представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Оконный блок с электрообогревом

Внешнее стекло (с улицы) – энергосберегающее, имеет с внутренней стороны низкоэмиссионное покрытие на основе оксида серебра, которое уменьшает потери тепла. Дополнительное снижение тепловых потерь посредством такого стекла обусловлено экономией электроэнергии – снижение объёмов тепла, уходящего на улицу, позволяет сокращать расходы на сохранение в помещении заданной температуры. За энергосберегающим стеклом находится камера, заполненная аргоном, воздухом или другим инертным газом. За ней располагается обыкновенное разделительное стекло, после которого есть ещё одна воздушная камера. Внутреннее стекло (со стороны помещения) выполнено в виде отдельного триплекса: между двумя закалёнными стёклами находится нагревательный элемент – полимерная плёнка, на которую нанесено светопрозрачное токопроводящее покрытие на основе оксидов металла (чаще всего – цинка). Плёнка плотно прилегает к поверхности обоих стёкол и является с ними единым целым. Для того, чтобы повысить прочность стеклопакета, стекло закаляется термическим способом, или ламинируется. Поэтому его можно применять для остекления больших площадей.

Использование окон с токопроводящим покрытием позволяет снизить тепловую нагрузку в системе централизованного теплоснабжения за счет снижения тепловых потерь зданий, а, следовательно, и их теплопотребление. Эта технология позволит более эффективно использовать энергетические ресурсы нашей страны.

#### **Список использованной литературы**

1. Грибков И.Н., Лыков А.Н. Анализ систем отопления и перспективы автоматизации. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2012.
2. Игнашин О. Э. Повышение тепловой защиты зданий путем использования низкоэмиссионных покрытий и ограждающих конструкций: дисс... магистра. 13.03.01. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018.

© Л. П. Сергей, Н.Н. Гладышев, 2020

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

магистрант гр. 1-МГ-6 **Никачадзе Дмитрий Мурманович**,  
студент гр. 3-МДП-24 **Асатуров Лев Максимович**  
Институт информационных технологий и автоматизации СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** Объектом исследования данной работы является термоэлектрический преобразователь температуры. В работе был проведен обзор существующих методов и средств измерения температуры, особенностей измерения температуры с помощью термоэлектрических датчиков температуры.

**Ключевые слова:** температура, датчики температуры, термоэлектрический преобразователь температуры, термопара.

## RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF THERMOELECTRIC TEMPERATURE SENSORS

**Nikachadze Dmitry Murmanovich,**  
**Asaturov Lev Maksimovich**

**Abstract:** The object of study of this work is a thermoelectric temperature converter. In the work, a review was conducted of existing methods and means of measuring temperature, the features of measuring temperature using thermoelectric temperature sensors.

**Key words:** temperature, temperature sensors, thermoelectric temperature converter, thermocouple.

Температура считается одним из наиболее важных параметров технологических процессов. Отечественные и зарубежные специалисты оценивают долю числа технических измерений температуры в 40-50 % общего числа измерений. Высокая эффективность, экономичная и устойчивая работа различных технологических агрегатов требуют использования современных методов и средств измерения величин, которые характеризуются ходом производственного процесса и общего состоянии оборудования.

При работе агрегатов необходимо контролировать основные величины температуры различных сред, такие как: давление, расход, состав жидкостей и газов; состав металлов; геометрические размеры проката. Температура обладает



некоторыми принципиальными особенностями, что обуславливает необходимость применения значительного количества методов и технических средств для ее измерения.

Существует два метода измерения температуры.

1. Контактный метод – это метод, при котором датчик температуры находится в непосредственном контакте с телом, температуру которого необходимо измерить. На основании нулевого начала термодинамики можно утверждать, что по прошествии времени, достаточного для установления термодинамического равновесия, их температуры сравниваются. Это дает возможность приписать телу те же значения температуры, которые показывает датчик.

2. Бесконтактный метод измерения температуры реализован в пирометрах – приборах для определения яркостной температуры тел по интенсивности их теплового излучения. Так достигается равновесное состояние термодинамической системы, состоящей из теплового излучения и пирометра, принимаемого им.

Измерительная система температур – это совокупность термометрического преобразователя и вторичного измерительного прибора. Термометрический преобразователь – это измерительный преобразователь температуры, который предназначен для выработки сигнала, максимально удобной для передачи, обработки и хранения, дальнейшего преобразования, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдением.

Вторичный измерительный прибор – это средство измерений, преобразующее выходной сигнал термометрического преобразователя в численную величину.

Самыми распространенными датчиками температуры являются термометры сопротивления и термоэлектрические преобразователи.

Термометры сопротивления (терморезисторы) – это датчики, позволяющие измерять температуру, сопротивление чувствительных элементов которых зависят от температуры. Терморезисторы могут выполняться из металлических или полупроводниковых материалов.

Термопары (термоэлектрические преобразователи температуры) – это термоэлементы, ЭДС которых зависят от температуры. Такие преобразователи имеют более широкие диапазоны измерения температуры, чем терморезисторы, но обладают более низкой точностью, особенно при измерении узких диапазонов температуры. Термоэлектрические датчики в отличие от терморезисторов не требуют дополнительного источника питания. Но у последних характеристика более линейна, чем у термопар. Их более подробная сравнительная характеристика приведена в таблице 1.

*Таблица 1 - Сравнительная характеристика  
термометра сопротивления и термоэлектрического преобразователя*

| <b>Параметр</b>                       | <b>Термометр сопротивления</b>                           | <b>Термопара</b>                             |
|---------------------------------------|--|--|
| Измеряемая величина                   | Электрическое сопротивление                              | Электрическое напряжение                     |
| НСХ                                   | Линейная   | Нелинейная                                   |
| Диапазон измеряемой температуры       | Не широкий   | Широкий                                      |
| Измерение низких температур           | +  | -  |
| Измерение высоких температур          | -  | +  |
| Стабильность работы                   | Высокая  | Относительно низкая                          |
| Источник энергии                      | Необходим источник тока                                  | Не требует дополнительных источников энергии |
| Износоустойчивость                    | Небольшая  | Большая                                      |
| Чувствительность                      | Невысокая  | Невысокая                                    |
| Необходимые условия для лучшей работы | Необходимость трех- или четырехпроводной схемы включения | Необходима компенсация холодных спаев        |
| Сложность производства                | Средняя  | Простая                                      |
| Стоимость производства                | Средняя  | Низкая                                       |

Наиболее высокая точность измерений температуры достигается при контактных методах измерений, а бесконтактный метод служит для измерений высоких температур и там, где невозможно ее измерить контактными методами и не требуется высокой точности

Термоэлектрический термометр состоит из теплочувствительного элемента — термопары — и измерителя термоЭДС (термоэлектродвижущей силы).

Измерение температуры при помощи термопары основано на явлении Зеебека, состоящем в том, что нагревание места спая проволок из разных металлов вызывает появление термоЭДС, которая (при постоянной температуре холодных концов, называемых также свободными концами термопары) зависит

только от температуры горячего спая (называемого иногда также рабочим спаем или рабочим концом термопары) и материала взятых проводников. Геометрические размеры и форма проводников на величину термоЭДС совершенно не влияют.

Зависимость термоЭДС термопары от температуры горячего спая определяется экспериментально путем градуировки при температуре свободных концов, равной  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и дается в виде таблицы или графика.

Для измерения термоЭДС к свободным концам термопары присоединяется магнитоэлектрический милливольтметр. Включая прибор, мы тем самым вводим в цепь термопары третий проводник С, отличающийся по своей природе от проводников А и В. Можно показать, что термоэлектродвижущая сила термопары не изменится от введения в ее цепь нового проводника, если только температуры концов этого проводника одинаковы. Для измерения термоЭДС термоэлектрического преобразователя при подключении измерительного прибора по одной из двух схем (рис.1). Обе схемы включения прибора можно представить как включение в цепь еще одного, третьего проводника С. При включении измерительного прибора в разрыв спая свободного конца (рис.1, а) ТЭП имеет один рабочий спай 1 и два свободных спая 2 и 3.

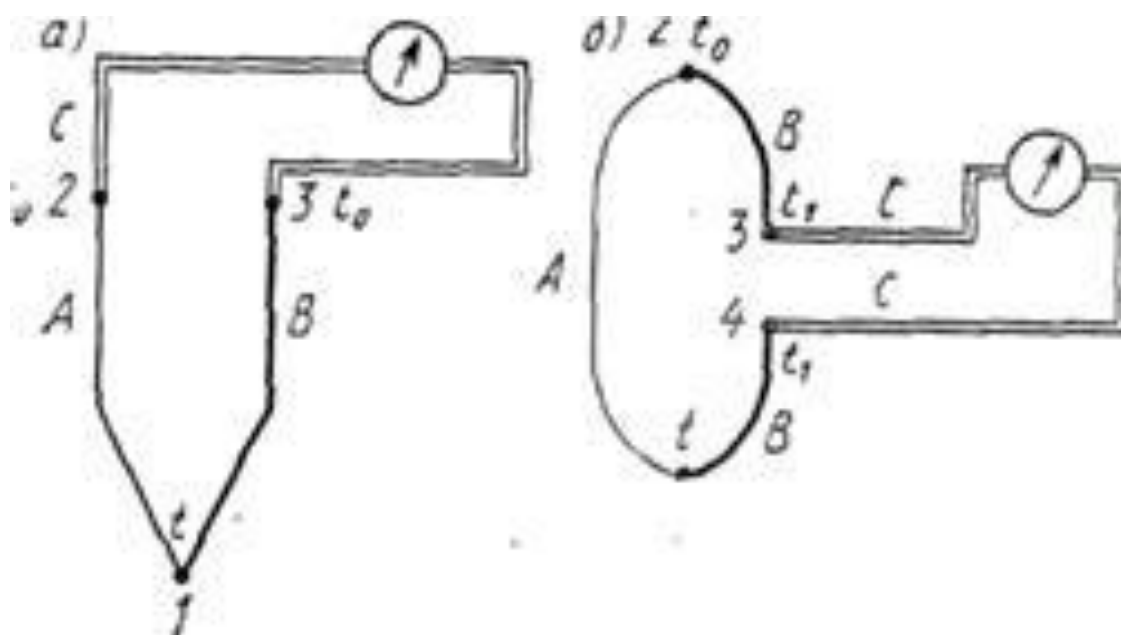


Рисунок 1. Схемы включения измерительного прибора в цепь термоэлектрического преобразователя

При включении по схеме рисунка 1 б (в разрыв одного из термоэлектродов) ТЭП имеет четыре спая: рабочий 1, свободный 2 и два нейтральных 3 и 4 при постоянной температуре  $t_1$ . Нарушение условия одинаковости температур нейтральных спаев вызывает появление паразитной термоЭДС, которая будет тем больше, чем больше эта разность температур. В

качестве термоэлектродов, т. е. проводников, из которых составляется термопара, применяются металлы и сплавы, развивающие сравнительно большие термоЭДС. Это дает возможность применять менее чувствительные, а, следовательно, более надежные в эксплуатации приборы, служащие для измерения термоЭДС.

Важнейшим требованием, предъявляемым к термопаре, является постоянство ее термоэлектрической характеристики. В настоящее время для четырех различных типов термопар установлены стандартные градуировочные характеристики (ГОСТ 3044-45 и ГОСТ 6071-51). По конструктивному выполнению термопары весьма разнообразны. В зависимости от назначения они выполняются с различной защитной арматурой, не меняющей градуировки термопары, но увеличивающей ее термическую инерцию.

В качестве вторичного измерительного прибора в комплекте с термопарой могут применяться показывающие, самопишущие или контактные милливольтметры, или автоматические потенциометры. Для записи быстротекущих процессов нагрева может быть применен магнитоэлектрический осциллограф с чувствительным шлейфом.

#### **Список используемой литературы**

1. Литвинчук В.Л., Золина А.М., Гренишин А.С. Измерение технологических параметров: учебное пособие – СПб.: СПГУТД, 2002.-100 с.
2. Интернет ресурс: <http://www.iprbookshop.ru/> .
3. ГОСТ 6651-2009 – «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний».

© Д.М. Никачадзе, Л.М. Асатуров, 2020

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

магистрант гр. ТВТм-1-18 **Бурганова Фирюза Ильсуровна**,  
Казанский государственный энергетический университет  
г. Казань, Российская Федерация

студент гр.421 **Зверев Леонид Олегович**,

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

науч. руководитель: д-р техн. наук, проф. **Зверева Эльвира Рафиковна**  
Казанский государственный энергетический университет  
г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация:** При сжигании топлива на тепловых электрических станциях в больших количествах образуются золошлаковые отходы, которые занимают большие площади, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. В данной статье рассматривается возможность повторного использования карбонатного шлама в качестве присадки к мазуту, получения ценных металлов, в том числе и ванадия. При комплексной утилизации золошлаковых отходов электростанций, возможно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, улучшить качество сжигаемого топлива (мазута), извлекать ценные металлы, отказаться от инвестиций в реконструкцию и строительство нового золошлакоотвала.

**Ключевые слова:** утилизация золы, золошлаковые отходы ТЭС, мазут, карбонатный шлам, ванадий, присадки.

## RATIONAL USE OF ASH AND SLAG WASTE OF HEAT ELECTRIC POWER STATIONS

**Burganova Firyuza Il'surovna,**  
**Zverev Leonid Olegovich,**  
**Zvereva El'vira Rafikovna**

**Abstract:** When burning fuel in thermal power plants in large quantities, ash and slag waste is generated, which occupy large areas, pose a threat to public health and a threat to the flora and fauna of the surrounding areas. This article discusses the possibility of reusing carbonate sludge as an additive to fuel oil, producing valuable metals, including vanadium. With the comprehensive utilization of ash and slag waste from power plants, it is possible to reduce the environmental burden on the

environment, improve the quality of combusted fuel (fuel oil), extract valuable metals, and abandon investments in the reconstruction and construction of a new ash and slag dump.

**Keywords:** ash utilization, ash and slag waste from thermal power plants, fuel oil, carbonate sludge, vanadium, additives.

Проблема накопления золошлаковых отходов (ЗШО) очень актуальна. Золошлаковые отходы, образующиеся после сжигания топлива на тепловых электростанциях (ТЭС), приумножаются в золоотвалах. Крайне негативно воздействуют на окружающую среду в зоне расположения золоотвала, так как отчуждают значительные земельные территории: представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. Обеспечение экологически безопасного обращения с отходами является одной из наиболее важных задач современности.

В данной работе рассматривается комплексное использование отходов ТЭС: карбонатного шлама и золошлаковых отходов тепловых электростанций.

Карбонатный шлам – это продукт умягчения природной воды путем известкования и коагуляции, который образуется в результате работы систем химводоочистки (ХВО) на ТЭС. Шлам ХВО обладает комплексом специфических физико-химических свойств: потенциалом ионизации, поверхностной активностью, высокой дисперсностью, разнообразным химическим составом (карбонат кальция (75-85%), гидроксиды магния и железа (по 4-8%), кремнекислые и органические соединения). Значительное количество карбонатного шлама складывается и накапливается в шламоотвалах, усиливая экологическую нагрузку на прилегающие территории. Разработка способов утилизации промышленных отходов с получением хозяйственно-полезной продукции позволяет снизить потребление природных ресурсов и создать реальную основу для рационального природопользования.

Одним из перспективных способов утилизации карбонатного шлама является его использование в качестве присадки к высокосернистым топочным мазутам.

Использование шлама ХВО возможно только после обезвоживания или сушки при постоянной температуре 120-130°C.

Обезвоженный карбонатный шлам водоподготовки Казанской ТЭЦ-1 был испытан в качестве присадки к высокосернистому топочному мазуту марки М100 Нижнекамского НПЗ. В табл. 1 представлены результаты лабораторных испытаний, а в табл. 2 – результаты элементного анализа.

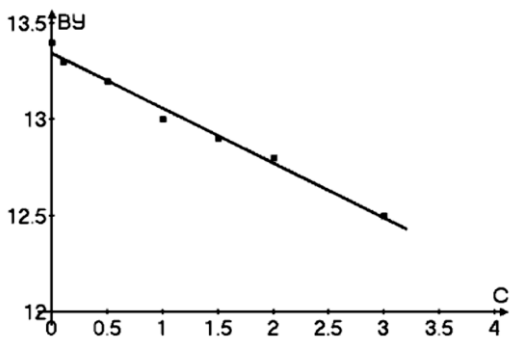
Таблица 1. Показатели качества топочного мазута марки М100 при использовании в качестве присадки карбонатного шлама

| Определяемый показатель                     | Концентрация присадки в мазуте, % (масс.) |       |       |       |       |       |              |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|   | 0   | 0,1   | 0,5   | 1     | 1,5   | 2     | 3            |
| Вязкость условная при 80°С, ВУ              | 13,4                                      | 13,3  | 13,2  | 13    | 12,9  | 12,8  | 12,5         |
| Температура застывания, °С                  | 7,3                                       | 4,8   | 3,6   | 3,8   | 3,5   | 1,7   | 0,7          |
| Содержание влаги, %                         | 1,7                                       | 2     | 2,1   | 2,2   | 2     | 1,8   | 2            |
| Содержание серы, %                          | 2,9                                       | 2,64  | 2,51  | 2,51  | 2,48  | 2,45  | 2,37         |
| Теплота сгорания рабочая низшая, кДж/кг     | 39375                                     | 39467 | 39259 | 38984 | 38876 | 38133 | 38644        |
| Зольность, %                                | 0,127                                     | 0,377 | 1,144 | 1,74  | 2,21  | 2,73  | 3,25         |
| Содержание механических примесей, %         | 0,217                                     | 0,395 | 0,56  | 0,67  | 0,87  | 1,203 | 1,44         |
| Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>       | 990                                       | 1014  | 1007  | 996   | 993   | 995   | 1000         |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей | отсутствие                                |       |       |       |       |       | слабо-кислая |
| Кислотное число, мг КОН/г                   | 0   |       |       |       |       |       |              |

Таблица 2. Элементный состав топочного мазута марки М100 при использовании присадки

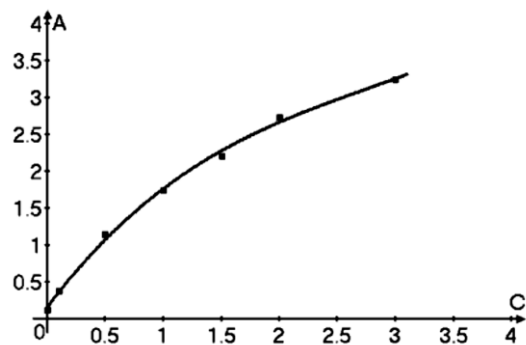
| Топливо                    | Содержание, % |           |          |          |
|----------------------------|---------------|-----------|----------|----------|
|                            | С             | Н         | S        | N        |
| Мазут М100                 | 77,950,13     | 12,070,15 | 6,580,13 | 0,710,11 |
| М100 + 0,1% масс. присадки | 77,910,03     | 12,040,14 | 6,360,2  | 0,870,15 |
| М100 + 0,5% масс. присадки | 78,330,05     | 11,990,08 | 7,030,21 | 0,880,12 |

Полученные уравнения и результаты экспериментальных исследований с учетом погрешности эксперимента в графическом виде представлены на рис. 1.



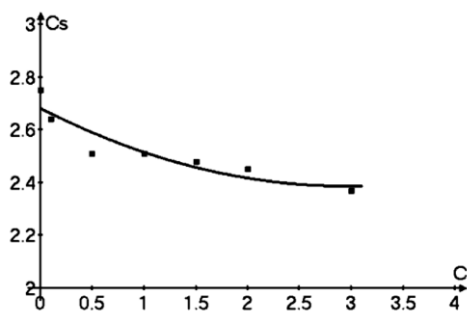
а)

■ экспериментальные значения  
 – расчетная кривая ( $Y(x) = -0,285x + 13,34$ )



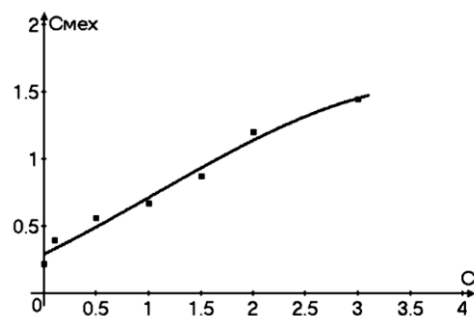
б)

■ экспериментальные значения  
 – расчетная кривая ( $Y(x) = 0,07x^3 - 0,55x^2 + 2,09x + 0,16$ )



в)

■ экспериментальные значения  
 – расчетная кривая ( $Y(x) = 0,03x^2 - 0,2x + 2,68$ )



г)

■ экспериментальные значения  
 – расчетная кривая ( $Y(x) = -0,02x^3 + 0,06x^2 + 0,38x + 0,29$ )

*Рисунок 1. Зависимость условной вязкости мазута при  $t=80$  С (а), зольности (б), содержания серы (в) и механических примесей (г) от концентрации присадки*

Из табл. 2 видно, что при добавлении присадки в мазут количественного изменения по компонентам не происходит. Однако соединения присадки сорбируются на поверхности парафинов и оказывают положительное действие на реологические свойства мазута. Парафины при понижении температуры легко кристаллизуются, образуя пространственную структуру, в результате чего топливо теряет подвижность. Присадка препятствует росту зарождающихся кристаллов и их ассоциации, в результате чего снижаются вязкость и температура застывания топочного мазута (табл. 1). В связи с этим уменьшаются энергозатраты на подогрев мазута и на его перекачку по трубопроводам.



Золошлаковые отходы ТЭС представляют собой ценное минеральное сырье. Состоят в основном из таких элементов: железо, ванадий, сера, никель, кальций, цинк, молибден, марганец, а также редких и рассеянных элементов, благородных металлов. Особенно практическим интересом обладает ценный легирующий металл – ванадий.

Ванадий – металл, относящийся к рассеянным элементам. Содержание ванадия в природе составляет 0,02 мас. %. Ванадий – металл серебристого оттенка, характеризуется высокой твердостью, превосходя по данному параметру сталь. Имеет кубическую кристаллическую решетку. В нормальных условиях отличается пластичностью и ковкостью, легко поддается обработке давлением.

Основным ванадийсодержащим сырьем являются железные, урановые, титаномагнетитовые, медно-свинцово-цинковые руды.

Ванадий принадлежит к числу металлов, актуальных для множества сфер человеческой жизнедеятельности. До 80% этого количества используется для легирования чугунов и сталей. Около 8% вводится как легирующая добавка в состав конструкционных сплавов титана и алюминия для ядерной и аэрокосмической промышленности. Оксиды ванадия широко применяются как промышленные катализаторы в производстве кислот, органическом синтезе, стекольном производстве и др.

При сжигании мазута в котлоагрегатах происходит естественное обогащение – ванадий остаётся в золе. Ванадийсодержащие зольные отложения являются в мире одним из видов ванадийсодержащего сырья. Сюда же относятся отработанные ванадиевые катализаторы сернокислотного производства и продукты глубокой переработки нефти: нефтекокс, гудрон. Содержание ванадия в техногенном сырье значительно выше, чем в природном и при благоприятной конъюнктуре оно может явиться дополнительным источником получения ванадиевой продукции. Ванадийсодержащие отходы хранятся в ненадлежащих условиях и являются источником загрязнения окружающей среды.

Наибольшая степень извлечения ванадия из золошлаковых материалов, образующихся при сжигании сернистого мазута при одновременном уменьшении вредных газообразных выбросов, достигается выщелачиванием золы. Сущность метода заключается в том, что для извлечения ванадия из данной золы осуществляют термообработку смеси исходной золы с карбонатом натрия и последующее выщелачивание ванадия из полученного спека, при этом исходную золу смешивают с карбонатом натрия и водой, взятых в весовом соотношении 100:(10-60):(35-55), термообработку полученной смеси осуществляют при температуре 110-120°C в течение 2 часов, а выщелачивание ванадия проводят водой при температуре 95-100°C.

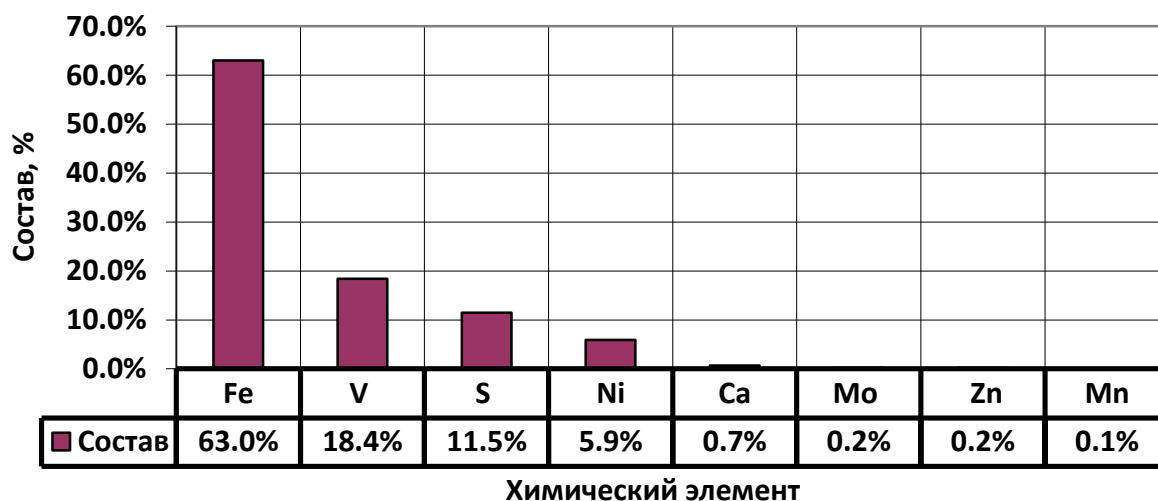
Образующаяся газовая фаза состоит, в основном, из легко конденсируемых водяных паров, таким образом для очистки газовых выбросов не требуется дополнительных ресурсо- и энергозатратных мероприятий.

Образующийся осадок выщелачивается водой. Получаемые растворы с рН 1,5-2 нагреваются до кипения. При этом из раствора выделяется осадок гидратированной пятиокиси ванадия. Разложение исходной золы содовым раствором позволяет получить достаточно чистую пятиокись ванадия. Извлечение ванадия из раствора составляет 65,2 - 74,5 % в зависимости от количества используемого карбоната натрия (10 - 60 % от массы золы).

Данный способ доступен и эффективен, и может реализоваться в условиях каждой ТЭЦ или ГРЭС.

Образующиеся при сжигании мазута оксиды металлов, выбрасываемые в окружающую среду через дымовую трубу, являются высокотоксичными веществами, наносящими вред окружающей среде. Поэтому улавливание оксидов металлов и их последующая утилизация важны как для предотвращения их вредного воздействия, так и с целью дальнейшего использования в промышленности.

На рис. 2 представлен химический состав зольных остатков, образующихся при сжигании мазута марки М100 с карбонатной присадкой, полученных при промышленных испытаниях на Набережночелнинской ТЭЦ [1, с. 18].



*Рисунок 2. Химический состав зольных остатков, образующихся при сжигании мазута марки М 100*

Технологическая схема комплексной переработки золошлаковых отходов, образующихся на тепловых электростанциях, позволит извлечь полезные металлы: железо, алюминий, ванадий (рис. 3).

На первоначальном технологическом этапе ЗШО разделяются на фракции, извлекаются недожог, оксиды железа, микросферы и микродисперсные компоненты. Золошлаковые отходы подвергают грохочению и разделению на фракции. Оставшиеся обесшлавленные золошлаковые отходы крупностью не

более 0,5 мм направляют на магнитную сепарацию 1-й стадии для отделения оксидов железа от золы (напряжение магнитного поля не более 100 кА/м). На 2-й стадии магнитной сепарации магнитное поле становится сильнее, не менее 600 кА/м [2, с. 10]. Для получения более качественного железосодержащего концентрата используют первую винтовую сепарацию. Хвосты обесшламливают и направляют на вторую винтовую сепарацию, где легкая фракция представляет собой алюмосиликатный концентрат, а тяжелая направляется на концентрационный стол для извлечения ценных металлов.

Следующая стадия технологического процесса – извлечение концентратов ценных металлов. Дальнейшая переработка шлаков с целью извлечения из них полезных металлов возможна при использовании процессов экстракционных, сорбционных, методов гравитационного и электролитического осаждения. Предлагается использовать доступный и экологически безопасный метод выщелачивания золошлаковых отходов путем их термической обработки карбонатом натрия и водой [3, с. 6].

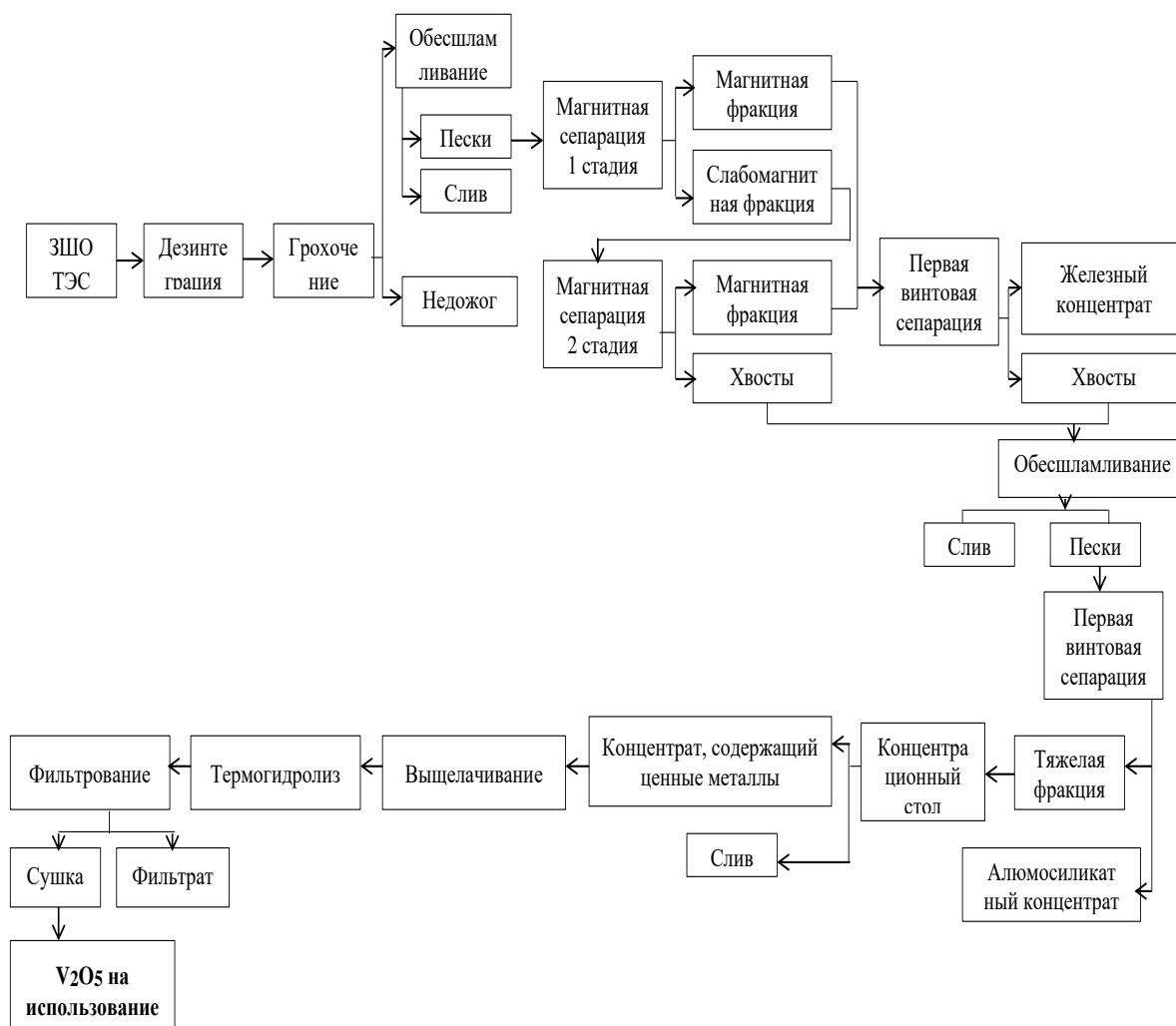


Рисунок 3. Технологическая схема переработки золошлаковых отходов ТЭС

Таким образом, при рациональной утилизации золошлаковых отходов электростанций возможно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, улучшить качество сжигаемого топлива, извлекать ценные металлы, получать новые продукты и материалы, востребованные на предприятиях электротехнического машиностроения, металлургии, отказаться от инвестиций в реконструкцию и строительство новых золошлакоотвалов.

#### **Список использованной литературы**

1. Зверева Э.Р., Плотникова В.П., Бурганова Ф.И. и др. Комплексный метод утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. №2. С. 15-27.
2. Пат. №2588521 РФ. Способ комплексной переработки золошлаковых отходов (варианты). [Текст] / Прокопьев С.А., Болотин М.Л.; Заявл.2 7.06.2016. Бюл.№18.
3. Жарский И.М., Орехова С.Е., Курило И.И. и др. Перспективность утилизации ванадийсодержащих отходов предприятий, использующих в качестве топлива мазут // Химия и технология неорганических материалов и веществ: труды БГТУ. – СПб.: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2012. №3. С. 3-7.

© Ф.И. Бурганова, Л.О. Зверев, Э.Р. Зверева, 2020

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ  
В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ  
(НА ПРИМЕРЕ ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП)**

студент группы 542 **Мостовой Артем Дмитриевич**,  
ассистент **Труханова Ирина Александровна**,  
канд. техн. наук, доцент, зав. каф. **Ковалев Дмитрий Александрович**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** Импортозамещение представляет собой тип промышленно-экономической политики и стратегии государства, которые должны быть ориентированы на защиту собственного производителя за счет грануляции ввозимых технологий продуктам национального производства. Веское основание импортозамещения в России – это определенно рост курса зарубежных валют по отношению к рублю, из этого следуют соответственно и высокие цены на закупку заграничного оборудования и, возможно, также новая нормативная документация.

**Ключевые слова:** импортозамещение, оборудование, современные АСУТП, программно-технический комплекс.

**IMPORT SUBSTITUTION OF WORKING EQUIPMENT  
IN THE HEAT AND POWER INDUSTRY  
(ON THE EXAMPLE OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM)**

**Mostovoy Artem Dmitrievich,  
Trukhanova Irina Alexandrovna,  
Kovalev Dmitry Alexandrovich**

**Annotation:** Import substitution is a type of industrial and economic policy and strategy of the state, which should be focused on protecting its own producer by granulating imported technologies to products of national production. A strong reason for import substitution in Russia is definitely an increase in the exchange rate of foreign currencies against the ruble, which is followed by correspondingly high prices for the purchase of foreign equipment and, possibly, also new regulatory documentation.

**Keywords:** import substitution, equipment, modern automated control systems, software and technical complex.

Задача импортозамещения многогранна и не проста, имеет достаточно отличительных качеств, которые связаны с требованиями и условиями конкретного производства, наличием научных и технических новшеств и адекватными отношениями с зарубежными производителями и поставщиками. Проблемой импортозамещения серьезно заняты научные организации, предприятия, проектные бюро, а также органы лицензирования и надзора, инвестиционные, компании и др.

По одной из весомых причин – введения антироссийских санкций импортозамещение и развитие отечественного производства является актуальной задачей [2], которую можно рассматривать как:

- предваряющую – производство осуществляется так чтобы, чтобы не впустить конкурирующих поставщиков на рынок;
- рефлексивную, ответную – происходит окклюзия иностранных поставщиков.

В то же время в связи с некоторыми положениями в современной российской экономике политика импортозамещения, которая реализуется на конкретных промышленных предприятиях, не подходит ни под один из видов, описанных выше.

На сегодняшний день импортозамещение представляет собой тип промышленно-экономической политики и стратегии государства, которые должны быть ориентированы на защиту собственного производителя за счет грануляции ввозимых технологий продуктам национального производства. Веским основанием импортозамещения в России является сложно прогнозируемое колебание курса зарубежных валют по отношению к рублю, а следовательно, и повышение цены на закупку заграничного оборудования и несоответствие зарубежной и отечественной нормативной документации. Большое количество импортной продукции в России, предлагаемой иностранными поставщиками, усложняет выход на рынок собственных производителей [3], в частности это касается теплоэнергетической отрасли, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) которой традиционно использовали продукцию зарубежных производителей (программируемые логические контроллеры (ПЛК), приводы, частотные преобразователи и т.д.). К примеру [2], закупка, установка и эксплуатация российского оборудования АСУТП в теплоэнергетике в г. Санкт-Петербург устойчиво занимает первое место – это датчики давления и температуры, ПЛК, программное обеспечение, пусковое и щитовое оборудование.

Рассматривая оборудование в современных АСУТП, можно сказать о том, что большая часть предприятий теплоэнергетической отрасли стараются переходить на закупку отечественного оборудования, либо оборудования, произведенного в странах СНГ.

В качестве примера рассмотрим импортозамещение иностранной регулирующей арматуры газовых клапанов Honeywell в контуре газа котла типа КВГМ, на газовые клапаны, произведенные компанией «ТермоБрест». В результате сравнения основных технических характеристик и стоимости, можно утверждать, что арматура отечественного производителя на 20% дешевле зарубежного аналога, при схожих технических характеристиках. Отличительной особенностью клапанов электромагнитные двухпозиционные серии ВН, ВФ производства компании «ТермоБрест» является способность работать в широком диапазоне климатических исполнений, что позволяет эксплуатировать оборудование практически во всех климатических зонах, при температуре от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Данные клапаны позволяют регулировать степень открытия и подачи газа в систему котла, открываясь на нужный процент, который не позволит произойти недожогу или пережогу газа в топке котла.

Для выполнения приказа №156 от 18 апреля 2019 года Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ [4] предлагается применение ПТК (программно-технический комплекс) российского производства АМАКС, который является одним из немногих конкурентов иностранным аналогам, например таким, как SCADA-система. Этот ПТК позволяет автоматизировать управление водогрейными котлами типа КВГМ, а также паровыми и водогрейными многорелочными котлами с аналогичными структурами газораспределения и регулирования. Применение данной системы дает возможность внедрить безопасную технологию розжига котла на газе, привести систему газоснабжения котла в полное соответствие техническому регламенту безопасности сетей газораспределения и газопотребления, обеспечить безопасность эксплуатации котла при работе на газе в любом режиме управления, повысить надежность управления котлом, повысить экономию топлива при эксплуатации котла на газе, обеспечить работу котла на резервном топливе (мазуте), а самое главное снизить затраты на установку, эксплуатацию, обновление и другие виды работ в сравнении с импортными аналогами на 15 %.

Подводя итоги вышесказанному, можно отметить что, несмотря на позитивные результаты, которых добились отечественные компании по импортозамещению в сфере автоматизации, на данный момент предприятия теплоэнергетической отрасли практически не готовы отказаться от использования импортного оборудования и комплектующих. Сегодня приоритетной задачей отечественных производителей является производство более 75 % оборудования и комплектующих в группе контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

В то же время практически 92 % оборудования АСУТП и противоаварийной технологической защиты - это оборудование иностранного производства, установленное до введения санкций и импортозамещения. По мнению аналитиков, актуальные, безопасные, надежные, много- и

полнофункциональные АСУТП в России производятся в недостаточном количестве, их темп и объемы необходимо наращивать.

Этап с 2017 г. по 2019 гг. в России в целом охарактеризован как реализация программы импортозамещения. Но в производстве компонентов автоматизированных систем управления (АСУ) практически никаких конкретных результатов не было достигнуто, впрочем, спад объемов импорта, вызванный, к примеру, ростом курса валюты, частично был восполнен приростом предложения российского оборудования.

Итоги опросов говорят о том, что в 2017 году процент Российского производства составил 20-30 %, в 2017–2018 гг. темпы роста немного упали, но динамика осталась положительной. Тем не менее, несмотря на это, большинство участников рынка полагают, что АСУТП все равно конструируются практически из импортных комплектующих. Основными причинами данной ситуации аналитики АСУ называют нехватку кадров и зависимость от импортных комплектующих, однако, несмотря на сложившуюся ситуацию, эксперты сходятся во мнении о том, что рынок АСУТП в предстоящие 3 года будет расти.

#### **Список использованной литературы**

1. Доля импорта в стратегических отраслях превысила 80 процентов [Электронный ресурс] // Российское новостное интернет-издание Lenta.ru. - Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2014/07/10/import/>.
2. Керимов Д.А. Импортозамещение в энергетике. Вестник Югорского государственного университета 2016. Выпуск 4 (43). С. 52-55. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-energetike>.
3. Медведев Д. А. Совещание об обеспечении реализации отраслевых программ импортозамещения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://government.ru/news/17521/>
4. Приказ от 18 апреля 2019 года №156. О внесении изменений в приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 20.09.2018 N 486 "Об утверждении методических рекомендаций по переходу государственных компаний на преимущественное использование отечественного программного обеспечения, в том числе отечественного офисного программного обеспечения" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/554480065>.

©А.Д. Мостовой, И.А. Труханова, Д.А. Ковалев, 2020



## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НОВЫЕ СПОСОБЫ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В КОТЛАХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

магистрант гр. 49т Горош Виктор Александрович,  
науч. руководитель: д-р. техн. наук, проф. Ведрученко Виктор Родионович  
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)  
г. Омск, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье освещаются современные тенденции развития котельной техники малой и средней мощности. Описываются принцип действия и конструкция конденсационных и низкотемпературных котлов, котлов с пульсирующим горением, котлов для сжигания топлива в кипящем слое, их достоинства и недостатки. Приведена конструкция горелок с низким выбросом оксидов азота. Сделаны выводы о перспективах внедрения указанных технологий.

**Ключевые слова:** котел, горелка, конденсационные котлы, пульсирующее горение, кипящий слой, вредные выбросы.

## CURRENT TRENDS AND NEW WAYS OF BURNING FUEL IN SMALL AND MEDIUM CAPACITY BOILERS

Gorosh Viktor Alexandrovich,  
Vedruchenko Viktor Rodionovich

**Abstract:** The article highlights the current trends in the development of small and medium-capacity boiler equipment. The article describes the principle of operation and design of condensing and low-temperature boilers, boilers with pulsating burning, boilers for burning fuel in the fluidized bed, their advantages and disadvantages. The design of burners with a low emission of nitrogen oxides is shown. Conclusions are made about the prospects for the implementation of these technologies.

**Keywords:** boiler, burner, condensing boilers, pulsating burning, fluidized bed, harmful emissions.

На фоне постоянного роста потребления энергоресурсов в мире весьма актуальным видится вопрос повышения эффективности сжигания топлива в котлах малой и средней мощности, наиболее активно применяемых в промышленности. Это позволит не только снизить энергоемкость производства, но и благоприятно скажется на уменьшении выбросов вредных веществ в атмосферу, таких как углекислый газ, оксиды серы и азота.

Конструкция современных котлов малой и средней мощности модернизируется с целью решения следующих задач:

- снижение тепловых потерь для максимально полного использования внутренней энергии топлива;
- снижение вредных выбросов ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , канцерогенный бензопирен, соединения тяжелых металлов);
- уменьшение геометрических размеров котельных установок;
- повышение надежности работы котельного оборудования;
- реконструкция промышленно-отопительных котельных (ПОК) в ТЭЦ малой мощности путем внедрения стационарных газотурбинных надстроек;
- внедрение блочных автоматизированных котельных;

Для решения проблемы снижения тепловых потерь немецкая фирма Vissman и итальянская Ecoflame предложили конструкции низкотемпературных и конденсационных котлов. В низкотемпературных котлах температура уходящих газов на выходе из котла снижается до температуры, чуть превышающей значение температуры точки росы, а в конденсационных – еще ниже, до 50–60 °С. В результате в конденсационных котлах влага конденсируется, и выделяется количество теплоты, равное скрытой теплоте парообразования. Потери теплоты с уходящими газами  $q_{у.г.}$  уменьшаются, а суммарный КПД котельного агрегата растет. Этот рост составляет до 11 % для котлов, работающих на газовом топливе, и до 7 % – для работающих на жидком.

Однако у данного решения есть один очень серьезный недостаток. В традиционных котельных агрегатах температура уходящих газов не опускается ниже 120 °С из-за опасности возникновения низкотемпературной сернокислотной и углекислотной коррозии хвостовых поверхностей нагрева [1, с. 107; 2, с. 99]. В конденсационных котлах эта проблема решается применением коррозионно-стойких сталей, легированных молибденом, никелем и хромом, цена которых достаточно высока. Это приводит к увеличению итоговой стоимости котла.

Горелочные устройства также оказывают существенное влияние на экономичность и экологичность работы котельного агрегата. Современные тенденции в области защиты экологии способствовали популяризации газовых горелок с низким выбросом оксидов азота (горелки “LowNO<sub>x</sub>”). Схема такой горелки приведена на рисунке 1.

Принцип действия горелки следующий. Через канал 2 подается газообразное топливо либо смесь угольной пыли и воздуха (в зависимости от используемого топлива). Через каналы 1 и 3 подается в воздух, суммарное количество которого несколько ниже стехиометрического (коэффициент избытка воздуха 85 – 95 %).

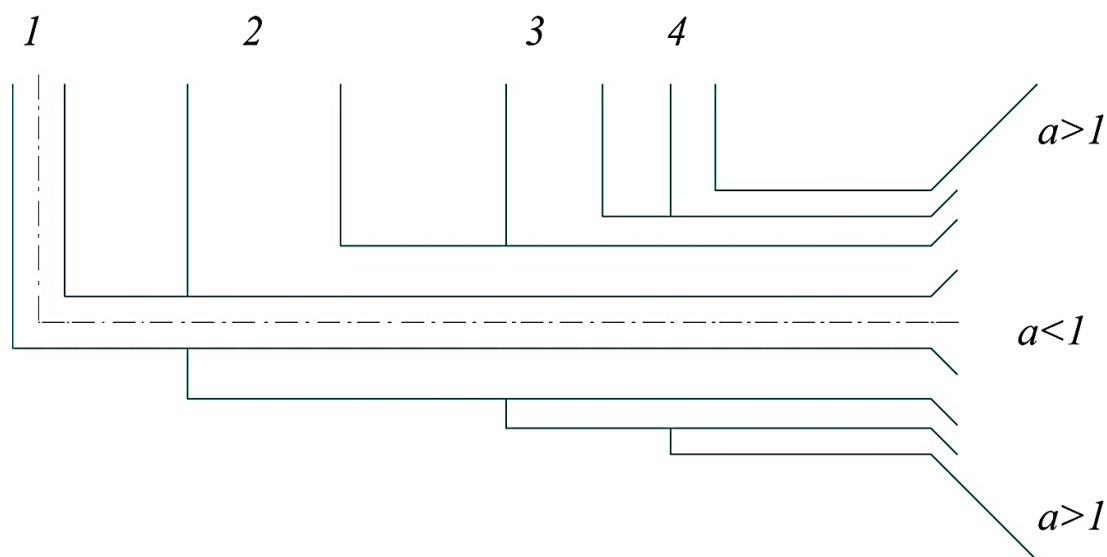


Рисунок 1. Конструкция горелки с “низким” выбросом  $NO_x$ :

1 – первичный воздух; 2 – топливо; 3 – вторичный воздух; 4 – третичный воздух.

Это приводит к образованию зоны первичного горения при недостатке окислителя, что уменьшает эмиссию топливных  $NO_x$ . Воздух также подается через канал 4, в результате чего общее его количество становится достаточным для полного сгорания топлива ( $\alpha > 1$ ), и образуется зона догорания газообразного топлива (или продуктов газификации твердого топлива). Догорание происходит при пониженной температуре, в результате чего уменьшаются выбросы температурных  $NO_x$  [3, с 444].

Среди фирм-производителей данных горелок стоит отметить отечественные фирмы: ООО «Сормово», ОАО «Старорусприбор», ООО «Каменский завод газоиспользующего оборудования», а также зарубежных производителей, таких как Weisshaupt (Германия), Benton (Швеция), De Ditrich (Франция), Ecoflame (Италия).

На фоне развития малой энергетики получила развитие идея реализации пульсирующего горения в котлах малой и средней мощности. Схема такого котла приведена на рисунке 2.

Особенностью котла с пульсирующим горением является отсутствие в камере горения 4 горелки. Вместо традиционного факельного сжигания газообразного топлива оно подается вместе с воздухом через газопульсирующие 1 и воздушно-пульсирующие клапаны 12 с частотой 50 раз в секунду. Это обеспечивает сжигание топлива во всем объеме топки. Повышается давление в топочной камере, скорость продуктов сгорания растет, из-за чего интенсифицируется процесс теплообмена, что позволяет уменьшить габаритные размеры котлов и их массу при той же мощности.

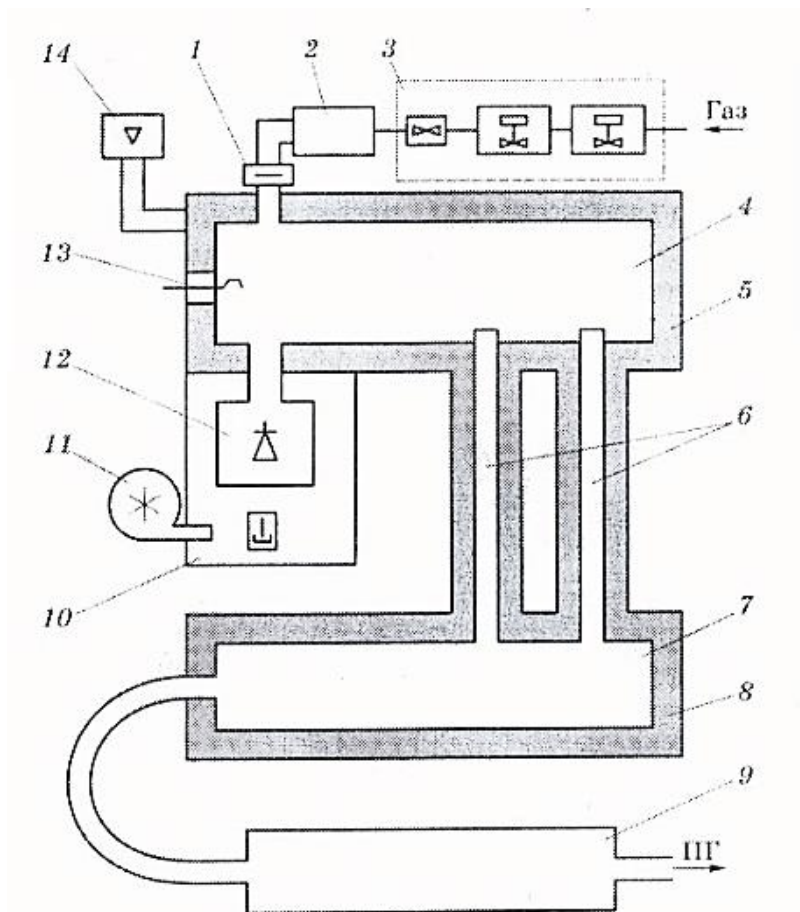


Рисунок 2. Схема котла пульсирующего горения:

- 1 – газопульсирующий клапан; 2 – ресивер газовый; 3 – газовая линейка;  
 4 – камера горения; 5 – водяная рубашка камеры горения;  
 6 – резонансно-выхлопные трубы в водяной рубашке; 7 – коллектор выхлопной;  
 8 – водяная рубашка выхлопного коллектора; 9 – глушитель выхлопа;  
 10 – ресивер воздушный; 11 – вентилятор; 12 – воздушно-пульсирующий клапан;  
 13 – запальная свеча; 14 – клапан предохранительный; ПГ – продукты горения.

Котлы с пульсирующим горением вне зависимости от мощности потребляют на собственные нужды не более 100 Вт электроэнергии, еще одним плюсом является возможность сжигания газового топлива при достаточно низком давлении – менее 0,7 кПа. Выбросы CO составляют 95 мг/м<sup>3</sup> [4, с. 101].

Поскольку запасы твердого топлива в нашей стране очень велики, при этом цена его достаточно низкая, перспективной задачей является поиск экономичного и экологически чистого способа его сжигания. Одним из таких способов является сжигание твердого топлива в кипящем слое. Схема сжигания в стационарном кипящем слое приведена на рисунке 3.

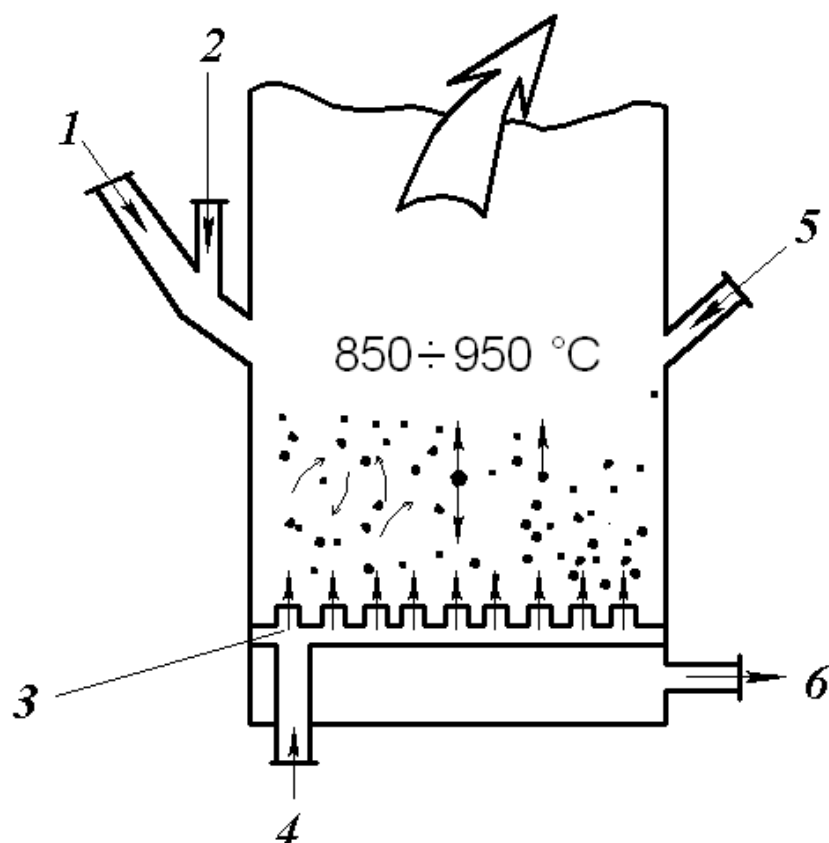


Рисунок 3. Схема сжигания в кипящем слое:

1 – дробленое топливо; 2 – инертный материал; 3 – колпачковая (сопловая) решетка; 4 – первичный воздух; 5 – вторичный воздух; 6 – зола.

Принцип действия такой топки следующий. В нижней части топки расположена сопловая решетка 3, на которой лежит слой инертного материала (известняк, доломит, песок, шлак). Воздух 4 под давлением подается через сопла внутрь и вызывает движение раскаленных частиц инертного материала (возникает “псевдооживленный слой”). Частицы топлива, попадая в топку, перемешиваются с материалом и воздухом в кипящем слое, что интенсифицирует процесс горения. Ускоряются процессы испарения влаги и выхода летучих, а также их сгорания.

Основными преимуществами топок с кипящим слоем являются их экологическая чистота и возможность эффективного сжигания не только традиционного топлива различных марок, но и бытовых и промышленных отходов [5, с. 55]. Экологическая чистота объясняется тем, что температура в топке не превышает 950°C, что исключает возможность образования термических оксидов азота. Известняк, который чаще всего используется в качестве инертного материала, связывает оксиды серы. Все это позволяет считать сжигание в кипящем слое одним из наиболее чистых способов сжигания твердого топлива [6, с. 69].

Недостатками котлов с кипящим слоем являются, в первую очередь, сложность конструкции и высокие удельные капитальные затраты на системы подготовки топлива, золоудаления, автоматику. Из-за своей сложности такие установки требуют высокого уровня эксплуатации, который персонал котельных средней мощности не всегда может обеспечить. Требования к фракционному составу топлива также достаточно жесткие [7, с. 71].

#### *Выводы:*

- 1) Основными тенденциями развития современной котельной техники являются уменьшение тепловых потерь и снижение вредных выбросов.
- 2) Для их реализации серьезной переработке подвергаются конструкции топок и горелочных устройств, происходит постепенный переход от традиционного слоевого и камерного сжигания топлива к более технологичным способам.
- 3) Такие технологии, как сжигание в кипящем слое, в низкотемпературных и конденсационных котлах, в котлах пульсирующего горения хоть и решают указанные выше задачи, но требуют больших капитальных затрат для реализации. Дополнительными сдерживающими факторами для их распространения являются слабая изученность процесса горения, а также низкий уровень персонала.

#### **Список использованной литературы**

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) – СПб.: НПО «Центральный котлотурбинный институт». – 1998. – 256 с.
2. Лебедев В. М. Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности: учебное пособие / В. М. Лебедев, С. В. Приходько; Омский гос. ун-т путей сообщения – Омск, – 2009. – 136 с.
3. Сидельковский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов/ Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев (стереотипно с 1988 г). – М.: Изд-во ООО «БАСТЕТ», – 2009. – 528 с.
4. Ведрученко В. Р. Современные технологии подготовки и сжигания топлива: учебное пособие/ В. Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Н.В. Жданов. Омский гос. ун-т путей сообщения – Омск, – 2013. – 190 с.
5. Исьемкин Р. Л., Кузьмин С. Н., Михалев А. В. и др. Котел для бесплакового сжигания сельскохозяйственных отходов // Промышленная энергетика. – 2011. – № 11. – С. 55 – 58.
6. Бурдуков А. П., Матусов С. В. Сжигание отходов углепереработки в котле кипящего слоя // Уголь. – 2011. – № 12. – С. 69 – 72.
7. Лейкин В. З. Создание оборудования и отработка технологии подготовки топлива для сжигания и газификации в циркулирующем и кипящем стационарном кипящем слое // Теплоэнергетика. – 2008. – № 1. – С. 71 – 80.

© В.А. Горош, В.Р. Ведрученко, 2020

## СТРУКТУРА СВЕРХПРОВОДНИКОВОГО КАБЕЛЯ

студент гр. 513 **Сабзалыев Самир Асиф оглы**,  
науч. руководитель: ассистент **Кулапина Алёна Владимировна**  
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В данной статье рассмотрена структура одного из типов современного сверхпроводникового кабеля. Показаны основные элементы этого кабеля: формер, слои сверхпроводникового материала, слои изоляции, медный нулевой проводник, общая поясная изоляция, криостатная система охлаждения. С учетом анализа сделаны выводы о возможных вариантах применения рассматриваемого оборудования.

**Ключевые слова:** сверхпроводниковый кабель, сверхпроводниковая кабельная линия, сверхпроводимость, энергосбережение, энергоэффективность.

## SUPERCONDUCTING CABLE STRUCTURE

**Sabzalyev Samir Asif ogly,**  
**Kulapina Alyona Vladimirovna**

**Abstract:** This article examines the structure of one of the types of modern superconductor cable. The main elements of this cable are shown: a former, layers of superconductor material, layers of insulation, copper zero conductor, general belt insulation, cryo-clear cooling system. Based on the analysis, conclusions have been drawn on the possible use of the equipment in question.

**Keywords:** superconductor cable, superconductor cable line, superconductivity, energy saving, energy efficiency.

Технологии XXI века не стоят на месте, особенно это проявляется в развитии цифрового оборудования, что непосредственно связано с проблемой дефицита энергии. Для решения данной проблемы требуются новые источники электроэнергии, желательно из возобновляемых источников и эффективное энергосбережение, на что в последние годы правительство делает особый акцент [1]. Несмотря на улучшение состояния энергетического комплекса за последние 8 лет, анализ, проведенный инженерами Ростехнадзора, дает наглядное представление о том, что аварийные ситуации на объектах энергетической промышленности составляют 93 % от числа всех аварий на объектах тепло- и электроэнергетики [2].

Существует множество способов для решения данных проблем, такие как: средства управления электрическими режимами, новые технологии для решения проблем токов короткого замыкания, компенсации реактивной мощности кабельных линий электропередачи, перенапряжений различного рода на изоляции электрооборудования и линий [3].

Сверхпроводимость - одно из направлений, которое может решить сразу несколько проблем: улучшить качество передачи энергии и минимизировать ее потери.

Сверхпроводимость - это определенное свойство некоторых материалов обладать исключительно нулевым электрическим сопротивлением при достижении критической температуры. Известны несколько десятков «чистых» элементов и сплавов, переходящих в состояние сверхпроводимости [4].

Развитие электроэнергетики, важным звеном которой являются электрические системы и сети, в настоящее время невозможно без применения новых видов электрооборудования. В основном это относится к сетям таких видов напряжения, как:

- среднего - в пределах от 3 до 35 кВ.
- высокого - в пределах от 110 до 220 кВ.
- сверхвысокого - в пределах от 330 до 750 кВ.

Открытие высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), представленное в 1986 г. и появление коммерческих ВТСП проводников к середине 1990-х годов, позволило приступить к разработке и применению сверхпроводниковых кабелей, характеристики которых благоприятно сказывались при передаче электроэнергии потребителям. Прежде всего, внедрение ВТСП кабеля должно было помочь решить проблему глубоких вводов мощности в густонаселенные города, а также выдачу высокой мощности от крупных станций, которые могут быть расположены в труднодоступных географических местностях. ВТСП кабельные линии электропередачи (КЛЭП) обладают рядом преимуществ над традиционными кабельными линиями, а именно:

- высокая токовая нагрузка;
- малые потери в сверхпроводнике;
- экологическая чистота (отсутствие масел);
- минимальное электромагнитное и тепловое воздействие на окружающую среду;
- уровень пожарной безопасности стал намного выше;
- для них не требуется постройка промежуточных подстанций, что благоприятно скажется на экономии капитальных затрат и использовании городских земельных ресурсов.



Производство сверхпроводниковых кабелей достаточно затратное, однако, по словам экспертов, данные потери окупаются в течение 5 лет. Один километр сверхпроводникового кабеля оценивается в 30 млн. рублей. На первый взгляд, это очень дорого, но если рассмотреть все плюсы этого агрегата, то сразу становится очевидным его внедрение. Эта разработка достаточно компактна по сравнению с кабелями из меди. Также одним из преимуществ является достаточно долгий срок службы - по мнению специалистов обычные кабели служат около 25 лет (так как работают при повышенной температуре), а сверхпроводниковые - около 100 лет (из-за низкой температуры изоляция не стареет) [4].

Чтобы понять насколько сложен устроен сверхпроводниковый кабель рассмотрим пример современной конструкции такого кабеля по проекту «Amra City Project». Разработка была представлена членами одной из крупнейших организаций по производству ВТСПКЛ (высокотемпературной сверхпроводниковой кабельной линии, то есть линии, которая имеет свои сверхпроводящие свойства при «высокой» для данного явления температуре – порядка 70-80 К) (рис.1).

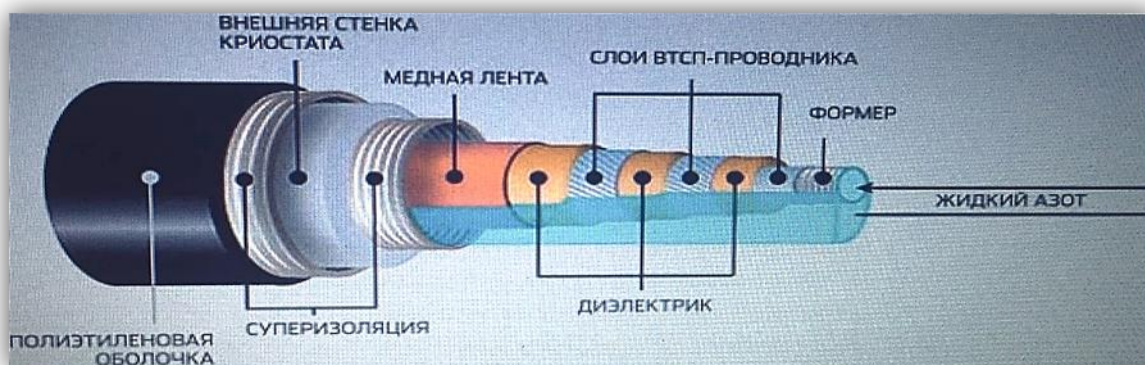


Рисунок 1. Структура сверхпроводникового кабеля.

#### Описание:

- В основе конструкции сверхпроводникового кабеля (СП КЛ) лежит формер (центральный несущий элемент из пучка медных проволок), который придает ему необходимую форму и нужный диаметр.
- Поверх формера накладывается слой сверхпроводящего проводника.
- Следующий шаг – диэлектрическая изоляция, которую получают из полипропиленовой бумаги. Точно также собираются три коаксиальные фазы.
- После этого накладывается слой медного нейтрального проводника.
- Наружный слой – система криообеспечения. Система криообеспечения представлена двумя потоками жидкого азота, которые движутся в разные стороны (один поток – внутри формера, другой – по внутренней стенке криостата).
- Наружная защита – экструдированный полиэтилен [5].

На сегодняшний день во многих странах мира в промышленную эксплуатацию запущено некоторое количество коротких ВТСП кабелей, но существуют также довольно амбициозные проекты, такие как «PirelliCables», «Southwire», «NKT Cables», «Nexans», реализация которых позволит предстать перед более массовым применением кабелей нового поколения.

Исходя из всего вышесказанного, можно с уверенностью говорить о том, что новая технология набирает обороты и совсем скоро она займет лидирующие позиции на мировом рынке. Производство технологий, которые способны минимизировать расход энергии и привести нас к ее передаче практически без потерь расширяется, становится более конкурентоспособным. Специалисты работают над тем, чтобы к выполнению этих проектов подключалось все больше разработчиков и потребителей. Ученые, имеющие разрешение на данный вид деятельности, прогнозируют, что ничто не мешает реализовать планы по внедрению ВТСП линий в энергетику.

#### **Список использованной литературы**

1. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/)
2. Анализ причин аварий на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора за 2019 год [Электронный ресурс]. [http://volok.gosnadzor.ru/info/2019/analiz\\_avariy\\_12\\_2019.pdf](http://volok.gosnadzor.ru/info/2019/analiz_avariy_12_2019.pdf)
3. Инновационные методы решения проблем надежного энергоснабжения мегаполисов/ В.Г. Гольдштейн, А.В. Гундаев, Н.С. Васильева, С.Е. Кокин. [Электронный ресурс]. <https://ru.booksc.xyz/book/33425290/d50443>
4. Сверхпроводниковые кабели помогут избавить Москву от потерь энергии/ Змановская А., Григорян А., Аветисян Р. [Электронный ресурс]. <https://iz.ru/news/578865>
5. Сергеев А.Е. Структура сверхпроводникового кабеля [Электронный ресурс]. <https://s.siteapi.org/015aba4a47a50b3.ru/docs/pzaomm7jyogc00gc0sc8g80ossg4ow>

© С.А. Сабзалыев, А.В. Кулапина, 2020

## АНАЛИЗ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

магистрант гр. 1-МГ-6 Загидуллин Равиль Маратович,  
Институт информационных технологий и автоматизации СПбГУПТД  
студент гр. 2-ТДА-5 Даровских Сергей Петрович  
Институт текстиля и моды СПбГУПТД  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье изложен материал исследования системы автоматического регулирования уровня жидкости. Приведен обзор датчиков, которые могут быть использованы в соответствующих системах автоматического регулирования (САР).

**Ключевые слова:** система регулирования, уровень жидкости, датчики уровня.

## ANALYSIS OF THE LIQUID LEVEL CONTROL SYSTEM

**Zagidullin Ravil Maratovich,  
Darovskikh Sergey Petrovich**

**Abstract:** The article describes the research material of the system for automatic regulation of the liquid level. A review of sensors that can be used in the respective automatic control systems (ATS) is given.

**Keywords:** regulatory system, level of liquid, level sensors.

Поддержание уровня жидкости – одна из самых распространенных технологических задач в различных производствах. Уровень — это положение поверхности жидкости, находящейся выше или ниже нулевой точки, относительно которой проводятся измерения.

Решение данной задачи требует осуществления автоматического регулирования уровня, а значит выполнения синтеза и анализа соответствующей системы автоматического регулирования (САР). Синтез предполагает определение структуры системы и выбор необходимых элементов, а анализ позволяет оценить влияние параметров элементов системы, в том числе объекта регулирования, на показатели качества процесса регулирования.

Во многих отраслях промышленности, например, в текстильной, металлургической, пищевой и др., управление технологическими процессами тесно связано с необходимостью контролировать и стабилизировать определенный уровень жидкости. Так, например, в красильных плюсовках необходимо поддерживать постоянный уровень раствора, поскольку от этого

непосредственно зависит качество окраски ткани на выходе машины. В процессе непрерывного крашения ткани особенно важно поддержание определенного уровня красильного раствора. Для этого необходимо использовать систему автоматического регулирования.

В качестве датчика уровня в подобных системах широко применяются ультразвуковой передатчик в паре с приемником, который работает за счет эффекта отражения волны от поверхности жидкости. Датчик формирует импульс определенной длины, пересчитывая импульс в расстояние, можно говорить о текущем уровне. Такой принцип работы позволяет использовать всего один датчик для непрерывного контроля уровня в определенном диапазоне, который задается техническими возможностями датчика.

Химические и физические свойства среды не влияют на результат измерения, полученный ультразвуковым методом, поэтому без проблем может измеряться уровень агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ. Однако нужно учесть, что на скорость распространения ультразвука влияет температура воздуха в среде его распространения. Следовательно, будучи сильно зависимой от температуры, скорость ультразвука зависит от давления воздуха: она увеличивается с ростом давления.

Более простыми и дешевыми вариантами являются поплавковый и электродный датчики, но они обеспечивают лишь позиционный сигнал.

Синтез системы автоматического регулирования уровня жидкости начинается с выбора необходимого датчика уровня, от которого будет зависеть дальнейшая структура системы.

В результате технического прогресса датчик уровня из простейшего поплавкового датчика уровня или кондуктивного сигнализатора уровня жидкости эволюционировал в самодостаточный прибор, оснащенный встроенным микропроцессором, способным выполнять целый ряд функций:

- измерение фактического уровня жидкостей и сыпучих веществ;
- сигнализацию минимального/максимального уровня;
- сигнализацию достижения заданного уровня;
- измерение объема жидкости или сыпучих веществ в местах хранения сложной геометрической формы;
- измерение объема насыпных сыпучих материалов на открытых площадках хранения;
- измерение скорости расхода;
- хранение и обработка накопленных данных результатов измерения.

Датчики уровня применяются во всех отраслях промышленного производства, работающих с жидкими, сыпучими, пастообразными, вязкими, липкими и т.д. материалами.

Различные виды датчиков рассчитаны на работу в разных условиях внешней среды и применяются в зависимости от характеристик и особенностей измеряемого продукта.

Датчики уровня применяются для работы с:

- нефтью, нефтепродуктами, маслами, смазочными материалами, смазочно-охлаждающими эмульсиями,
- водой и водными растворами, сточными водами,
- кислотами и щелочами, чистящими жидкостями,
- пищевыми продуктами, в том числе напитками,
- пластиковыми гранулами,
- строительными материалами, сухими строительными смесями,
- различными вязкими средами.

Значительно расширился спектр используемых физических принципов, поэтому сегодня существует множество видов датчиков уровня общего назначения, но различных по физике действия. Это позволяет подобрать датчик уровня практически под любой материал и под решение конкретной задачи.

Систему автоматического регулирования уровня жидкости можно рассмотреть, изучив работу лабораторного стенда (рисунок 1).

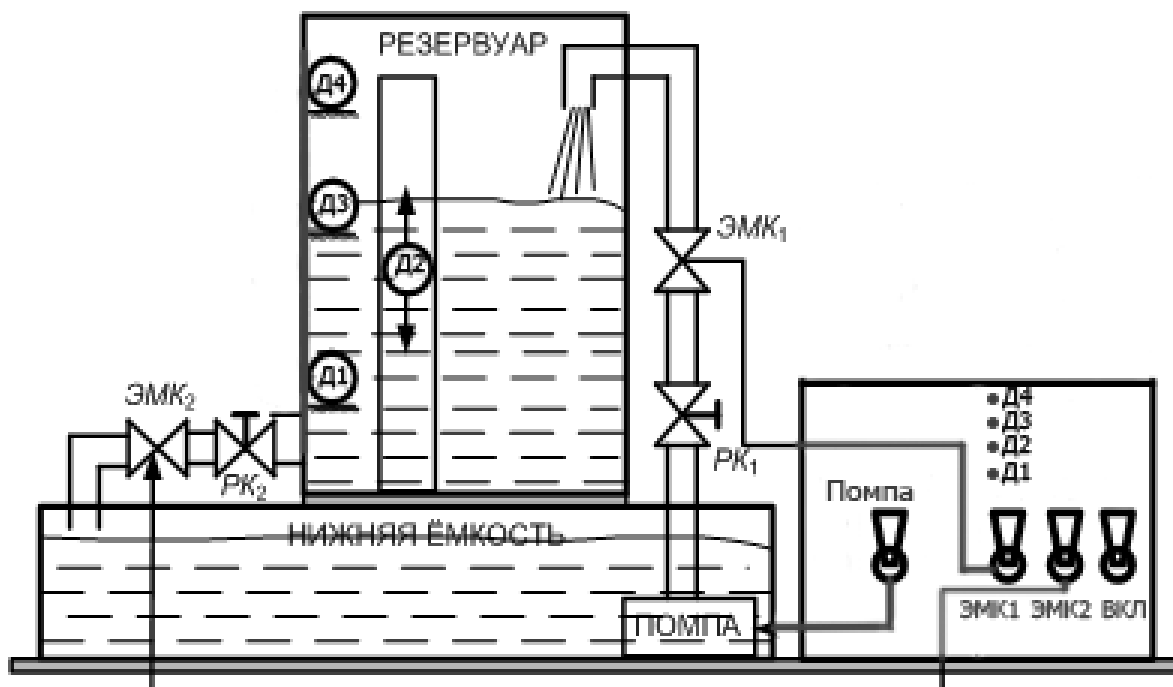


Рисунок 1. Лабораторный стенд

Лабораторный стенд включает в себя два резервуара, источник электропитания, микроконтроллер, панель управления, электромагнитные и ручные клапаны изменения интенсивности подачи и потребления жидкости.

В верхнем резервуаре (объекте управления) находятся четыре датчика уровня – Д1, Д2, Д3 и Д4, на панели управления располагаются индикаторы их срабатывания. Вода из верхнего резервуара при открытых ручном и электромагнитном клапанах свободно перетекает в нижний резервуар, реализуя потребление жидкости. В нижнем резервуаре располагается помпа, которая

подает воду в верхний резервуар, реализуя подачу жидкости в объект при открытых ручном и электромагнитном клапанах.

На пульте управления установлены тумблеры:

ЭМК1 – включение/выключение сливного электромагнитного клапана

ЭМК2 – включение/выключение подающего электромагнитного клапана

ВКЛ – включение/выключение питания контроллера

ПОМПА – включение/выключение помпы

В стенде также используются следующие органы управления:

РК1 – регулируемый ручной клапан изменения интенсивности подачи

РК2 – регулируемый ручной клапан изменения интенсивности потребления

Рассмотрим структуру стенда подробнее:

- объектом регулирования является верхний резервуар, в нем реализуется регулирование уровня воды;
- на объекте установлены четыре поплавковых датчиков уровня Д1, Д2, Д3 и Д4;
- поплавок датчик Д4 защищает объект от переполнения;
- поплавок датчик Д3 контролирует заданный верхний уровень воды, а Д2 - заданный нижний уровень, датчики Д3 и Д2 обеспечивают необходимое значение зоны неоднозначности двухпозиционной характеристики регулятора, положение датчика Д2 может изменяться винтовой передачей;
- поплавок датчик Д1 защищает объект от сухого состояния;
- измерительная схема преобразует выходные сигналы поплавковых датчиков уровня Д1, Д2, Д3 и Д4 в нормированные дискретные электрические сигналы ТТЛ уровня; которые поступают в порт микроконтроллера;
- микроконтроллер формирует сигналы, поступающие на усилитель мощности, помпу, которая подает воду в верхний резервуар, и на электромагнитный клапан ЭМК1, который управляет притоком воды в верхний резервуар.

Но не стоит забывать, что на параметры автоколебательного режима в процессе регулирования уровня жидкости влияют геометрические характеристики объекта, а также интенсивность подачи жидкости в объект и ее потребления.

### Список использованной литературы

1. Поплавок датчик уровня ПДУ-Н631-40. Справочник АРК Энергосервис, 2014. — 269 с.
2. Крашение текстильных материалов: [Электронный ресурс].  
URL: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1896-lekcii-po-htm/36988-krashenie-tekstilnyh-materialov.html>
3. Поплавок датчик уровня ПДУ-Н631-40. Справочник АРК Энергосервис, 2014. — 269 с.
4. Ультразвуковые датчики уровня: [Электронный ресурс].  
URL: [https://rusautomation.ru/datchiki\\_urovnya/ultrazvukovie-datchiki-urovnya](https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/ultrazvukovie-datchiki-urovnya)

© Р.М. Загидуллин, С.П. Даровских, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>Лукашенокс Д., руководитель Рудакова И.В. (г. Санкт-Петербург)</b><br>СИСТЕМА НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ<br>РЕЖИМОМ ПРИ СИНТЕЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  | 3  |
| <b>Лакетка Н.В., руководитель Антониук П.Е. (г. Санкт-Петербург)</b><br>СОЗДАНИЕ WEB-СТРАНИЦ ПРИ ПОМОЩИ КОНСТРУКТОРОВ<br>САЙТОВ .....                                     | 11 |
| <b>Бабинцева В.И., руководитель Резанов Е.М. (г. Омск)</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО<br>ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ. ....                    | 14 |
| <b>Ермоленко Е.В., Игумнов М.А., руководитель Верхованцев А.А.</b><br><i>(г. Санкт-Петербург)</i><br>УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ДВИГАТЕЛЯ. ....                    | 19 |
| <b>Бессонов И.А., Бреусова А.А., руководитель Ташлыков О.Л.</b><br><i>(г. Екатеринбург)</i><br>АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ<br>ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ ..... | 22 |
| <b>Рожков Н.Н., Липатов М.С. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В КОТТЕДЖНЫХ<br>ПОСЕЛКАХ. ....  | 30 |
| <b>Киселев П.С., руководитель Стародубцева О.А. (г. Новосибирск)</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ:<br>ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕКТОР .....                   | 35 |
| <b>Трейман М.Г. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСЕРВИСНЫХ КОНТРАКТОВ<br>В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ СЕКТОРЕ РОССИИ. ....  | 39 |
| <b>Шарифьянов Е.В., руководитель Ташлыков О.Л. (г. Екатеринбург)</b><br>ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ<br>ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И МИРЕ. ....                    | 43 |
| <b>Жигалов Н.А. руководитель Колупайло М.С. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ<br>МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ IOS И ANDROID. ....                  | 51 |
| <b>Казимиров С.Ю., руководитель Ремизова И.В. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ<br>РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ. ....                   | 54 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Сыпко В.В., руководитель Тимофеева Ю.Н. (г. Новосибирск)</b><br>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА И<br>ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА<br>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....      | 58 |
| <b>Сергей Л.П., руководитель Гладышев Н.Н. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....                               | 66 |
| <b>Никачадзе Д.М., Асатуров Л.М. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ<br>ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ .....  | 71 |
| <b>Бурганова Ф.И., Зверев Л.О., руководитель Зверева Э.Р. (г. Казань)</b><br>РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ<br>ОТХОДОВ ТЭС.....  | 76 |
| <b>Мостовой А.Д., Труханова И.А., Ковалев Д.А. (г. Санкт-Петербург)</b><br>ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ<br>В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ<br>ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП) ..... | 84 |
| <b>Горош В.А., руководитель Ведрученко В.Р. (г. Омск)</b><br>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НОВЫЕ СПОСОБЫ СЖИГАНИЯ<br>ТОПЛИВА В КОТЛАХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ                          | 88 |
| <b>Сабзалыев С.А., руководитель Кулапина А.В. (г. Санкт-Петербург)</b><br>СТРУКТУРА СВЕРХПРОВОДНИКОВОГО КАБЕЛЯ.....   | 94 |
| <b>Загидуллин Р.М., Даровских С.П. (г. Санкт-Петербург)</b><br>АНАЛИЗ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ.....  | 98 |