



КАЗАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

**Казань, 7–8 декабря 2021 г.**

**Материалы докладов**

**В трех томах**

**Том 2**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

Казань, 7–8 декабря 2021 г.

Материалы конференции

В трех томах

ТОМ 2

*Под общей редакцией ректора КГЭУ  
Э. Ю. Абдуллазянова*

Казань 2022

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

Д22

Рецензенты:

заведующий кафедрой ИЭ ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,

доктор технических наук, профессор И. Г. Шайхиев;

проректор по РиИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, доцент И. Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор); И. Г. Ахметова (зам. гл. редактора),

Е. С. Дремичева

Д22 XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : материалы конференции : [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 2. –418 с.

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-589-0

В сборнике представлены материалы XXV Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетике, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

© КГЭУ, 2022

ISBN 978-5-89873-589-0

**Направление: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

**СЕКЦИЯ 1. Атомные и тепловые электрические станции**

УДК 621.311; 621,187

**ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ КАЧЕСТВА  
ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ОТ НОРМАТИВА ПО ЗАПАХУ**

Айгуль Тагировна Ахметзянова

Науч. рук. д-р хим. наук, зав. каф. Н.Д. Чичирова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
19aigul@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты анализа воды по выбранным точкам отбора в Автозаводском районе г. Нижний Новгород, в связи с возникновением ухудшения качества горячего водоснабжения.

**Ключевые слова:** анализ воды, горячее водоснабжение, химический состав, органические загрязнения, биозагрязнения.

**CAUSES OF DEVIATIONS IN THE QUALITY OF HOT WATER FROM  
THE STANDARD FOR SMELL**

Aigul T. Akhmetzyanova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
19aigul@gmail.com

**Abstract.** This article presents the results of water analysis at selected sampling points in the Avtozavodsky district of Nizhny Novgorod, due to the deterioration of the quality of hot water supply.

**Keywords:** water analysis, hot water supply, chemical composition, organic pollution, pollution.

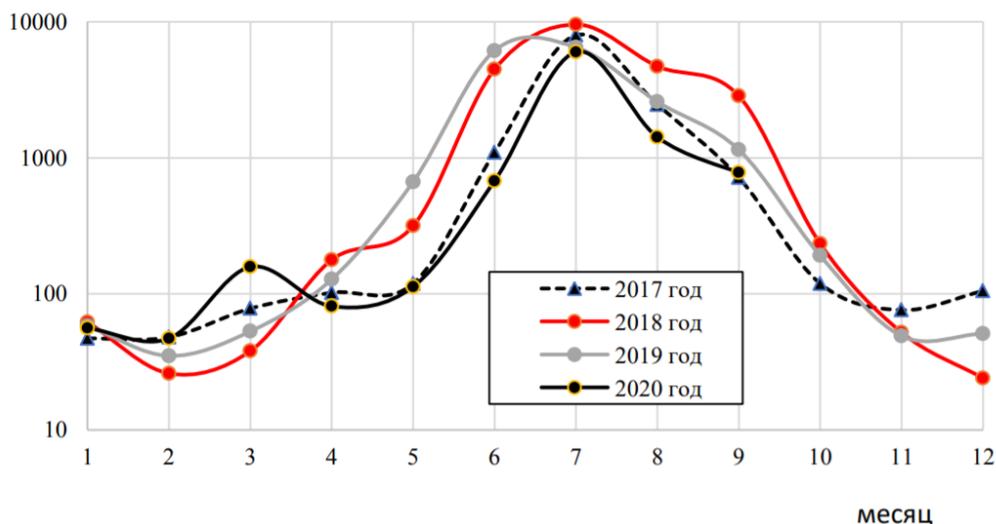
В Автозаводском районе г. Нижний Новгород с 2018 года обострилась проблема с качеством воды горячего водоснабжения (ГВС). В разных микрорайонах отмечено резкое ухудшение качества горячей воды, появилось много жалоб от потребителей.

Задача состоит в определении ситуации и истории ее развития. Необходимо сделать анализ проб воды на химический состав, загрязнения органическими веществами и биозагрязнениями и установить источник и причины появления неприятного запаха ГВС.

Водоисточник для питьевой воды, которая поступает в сети водоснабжения Автозаводского района, в том числе и на горячее водоснабжение это – река Ока. Вода реки Ока относится к классу гидрокарбонатных групп кальциевых, по составу и общему солесодержанию похожа на воду реки Волга в среднем течении. Отличается несколько большим содержанием загрязняющих веществ – микробиологических, взвешенных веществ (ВВ) (мутность), железа, соединений азота. Загрязненность меняется по сезонам года и увеличивается в периоды половодья, летом и в паводки. Особенно это касается микробиологического загрязнения [3].

На рисунке видно, что с апреля-мая ОМЧ в воде возрастает в сотни раз (логарифмическая шкала), достигая максимума в летние месяцы – с июля до сентября.

**ОМЧ, КОЕ/см<sup>3</sup>**



Общее микробное число (ОМЧ) в воде р. Ока в месте водозабора Автозаводской водоочистной станции в 2017-2020 гг. Данные химико-бактериологической лаборатории ООО «Заводские сети» Автозаводского района Нижнего Новгорода

Данные указывают на систематическое сезонное ухудшение качества исходной речной воды, особенно по микробиологическим показателям, начиная с весеннего половодья и на весь летний период. На станции водоочистки уровень всех видов загрязнений в подготовленной воде доводят до нормативных значений, но не нулевых. В очищенной воде ОМЧ 1-4 КОЕ/см<sup>3</sup>.

Пробы воды отбирались одновременно в заранее выбранных и согласованных точках [4]. Принцип выбора точек отбора проб – весь путь движения воды от водоисточника до потребителя. При этом основное внимание уделялось установлению причины различий по запаху и цвету воды в «проблемных» и «непроблемных» домах [1].

Анализ проб воды на химический и бактериальный составы проводился в аттестованной лаборатории КГЭУ сразу после доставки проб (см. таблицу).

Анализ проб воды на химический и бактериальный составы

| № | Адрес                                                                            | УЭП,<br>мкСм/с<br>м | ОСС,<br>г/л | pH   | Cl-,<br>мг/л | ПО,<br>мгО/л | А<br>(200) | Fe,<br>мг/л | NH <sub>3</sub> ,<br>мг/л |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|------|--------------|--------------|------------|-------------|---------------------------|
| 1 | Исходная вода,<br>р. Ока, насосная<br>первого подъема<br>ООО «Заводские<br>сети» | 0,63                | 0,33        | 8,25 | 33,7         | 14,2         | 1,54       | 0,260       | 0,025                     |
| 2 | ООО «Заводские<br>сети» насосная 2<br>подъема                                    | 0,47                | 0,23        | 7,04 | 23           | 4,2          | 1,05       | 0,203       | 1,09                      |
| 3 | Вход на ООО<br>«Автозаводская<br>ТЭЦ»                                            | 0,46                | 0,23        | 7,14 | 23           | 4,2          | 1,21       | 0,225       | 0,08                      |
| 4 | Выход с ООО<br>«Автозаводская<br>ТЭЦ»                                            | 0,45                | 0,23        | 7,41 | 23           | 4,2          | 1          | 0,233       | 0,14                      |
| 5 | ул. Строкина, д. 12<br>(ТНС 2)                                                   | 0,48                | 0,24        | 7,78 | 25,5         | 4,2          | 0,65       | 0,063       | 0,875                     |
| 6 | ул. Раевского, д. 17<br>(ТНС 25)                                                 | 0,5                 | 0,25        | 8,21 | 23           | 3,9          | 0,64       | 0,243       | 0,787                     |
| 7 | Молодежный пр.,<br>д. 31/2 (ТНС 26)                                              | 0,38                | 0,19        | 8,28 | 23           | 3,9          | 0,82       | 0,083       | 0,89                      |
| 8 | пр. Кирова, д. 31а<br>(ТНС 26)                                                   | 0,46                | 0,23        | 7,67 | 25,5         | 4,5          | 0,69       | 0,032       | 0,32                      |
| 9 | ул. Мончегорская,<br>д. 18/1 (ТНС 30)                                            | 0,46                | 0,23        | 8,31 | 25,5         | 4,64         | 0,565      | 0,043       | 0,333                     |

При вскрытии магистральных трубопроводов на внутренней поверхности наблюдали слизь толщиной 1 см при диаметре трубы 50 см [5]. Наличие слоя слизи на внутренней поверхности труб указывает на ее биогенный характер (бактерии и продукты их жизнедеятельности). В бескислородных условиях при повышенной температуре и наличии питания некоторые виды бактерий активно размножаются. Поэтому запах имеет именно горячая вода.

По результатам химического анализа воды можно сделать выводы, что все показатели воды в пределах ПДК (предельно-допустимая концентрация) [2]. Не постоянен показатель pH воды и концентрация аммиака возрастает многократно, этот уровень (около 1 мг/л) сохраняется в воде сети ГВС. Соединения аммония (аммиак) накапливаются в системе городского водопровода. Дозирование аммиака должно быть сокращено.

## Источники

1. ГОСТ Р 57164-2016 «Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности».
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».
3. Водоподготовка: Справочник / под ред. С.Е. Беликова. М.: Акватерм, 2007. 240 с.
4. Ротов П.В., Сивухин А.А., Ротова М.А., Гафуров Р.А., Горшков А.В. Об эффективности управления циркуляцией горячей воды // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №22(6). С. 117-129.
5. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Смирнов А.Ю., Гиниятуллин Б.А., Матвеев Д.Ю. Исследование состава и структуры отложений свнутренней поверхности трубопроводов теплосети города Набережные Челны // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. №3-4. С. 60-65.

УДК 628.161

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ «ТРАДИЦИОННОЙ» ИОНООБМЕННОЙ И БАРОМЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Анастасия Игоревна Банокина<sup>1</sup>, Алёна Юрьевна Власова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>anastasiya.banok@mail.ru, <sup>2</sup>vlasovaay@mail.ru

**Аннотация.** Представлена актуальная и проблематичная тема, которая затрагивает тему обработки воды на производстве. Проведен сравнительный анализ ионообменной и баромембранной технологий водоподготовительных установок? присутствуют описания сущностей методов, затронуты их достоинства и недостатки с применением простейших схем данных технологий. Рассмотрен вариант комбинированного применения ВПУ для улучшения качества воды.

**Ключевые слова:** водоподготовительная установка, ВПУ, ионообменная технология, баромембранная технология, анализ ВПУ, комбинированные ВПУ, очистка воды, водоподготовка.

# COMPARATIVE ANALYSIS OF «TRADITIONAL» ION EXCHANGE AND BAROMEMBRANE TECHNOLOGIE OF WATER TREATMENT PLANTS

Anastasia I. Banokina<sup>1</sup>, Alyona Y. Vlasova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>anastasiya.banok@mail.ru, <sup>2</sup>vlasovaay@mail.ru

**Abstract.** Presents an actual and problematic topic that touches on the topic of water treatment in production. A comparative analysis of ion exchange and baromembrane technologies of water treatment plants is carried out. There are also descriptions of the entities of the methods, their advantages and disadvantages are touched upon using the simplest schemes of these technologies. A variant of the combined use of water treatment plants to improve water quality is considered.

**Keywords:** water treatment plant, VPU, ion exchange technology, baromembrane technology, VPU analysis, combined VPU, water purification, water treatment.

Тепловые и электрические станции потребляют воду в большом количестве. Она используется для хозяйственно-питьевых нужд, в качестве генерации пара в котлах, охлаждения, пароснабжения, подпитки, для горячего водоснабжения, пожаротушений и тд [1, С. 53].

Учитывая, что природная вода содержит множество органических соединений и минеральных веществ, соответственно она требует тщательной очистки. Для этого на станциях устанавливается водоподготовительная установка (ВПУ) предназначена для восполнения потерь водного теплоносителя в основном контуре и для умягчения воды перед ее подачей в котел или другое оборудование [2, С. 151].

Водоподготовительные установки бывают двух типов, а именно, организация с применением ионообменных технологий и баромембранных технологий.

В настоящее время эффективным способом умягчения воды и её подготовки считается ионообменный метод. Жесткость воде придают растворенные в ней соли кальция и магния. Суть метода заключается в регулировании и нормализации состава природной воды для дальнейшего её использования как теплоносителя на электростанциях. А технологией является просачивание воды сквозь ионообменный материал – специальная смола, в результате чего большая часть ионов электролитов заменяется на иониты, изменяется химическая структура жидкости и реагента, таким образом, уходит жесткость. Ионообменная технология является больше химическим методом. Схемы ионообменных установок показаны на рис. 1.

Довольно значимым преимуществом ионообменной технологии является то, что они могут подготавливать как частичнообессоленную, так и глубокообессоленную воду, а также возможности получения воды очень высокого качества, в том числе для котлов любого давления и промывки печатных плат электронного оборудования, способность работать при резкоменяющихся параметрах питающей воды, небольшие капитальные и энергозатраты, небольшой объем воды на собственные нужды [3, С. 552].

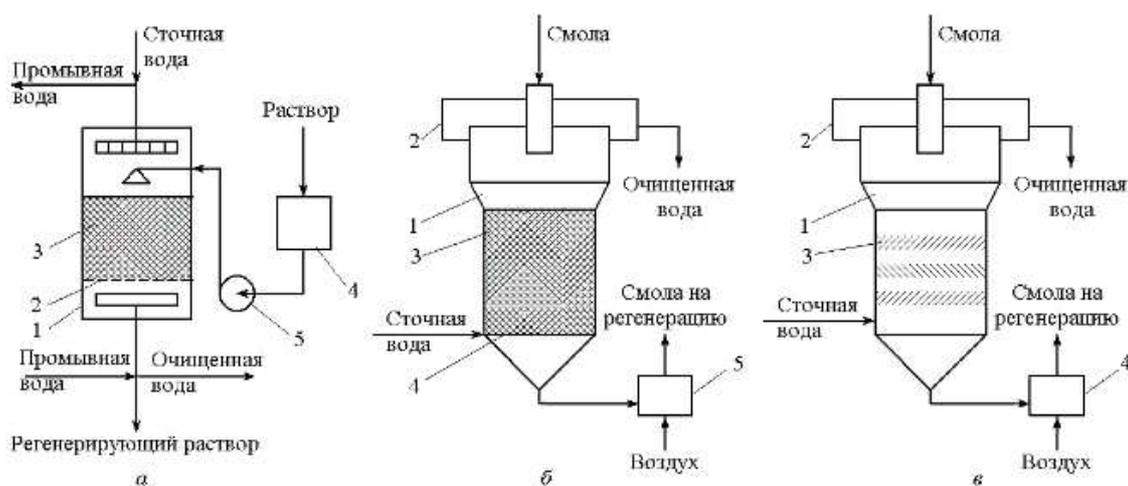


Рис. 1. Схемы ионообменных установок: а – периодического действия: 1 – корпус, 2 – решетка, 3 – слой ионита, 4 – бак с регенерирующим раствором, 5 – насос; б - с движущимся слоем ионита: 1 – корпус, 2 – разделительная зона, 3 – слой смолы, 4 - тарелка, 5 – эрлифт; в – с псевдооживленным слоем ионита: 1 – корпус, 2 – разделительная зона, 3 – тарелка, 4 – эрлифт

К недостаткам присваивается относительно большой расход реагентов, эксплуатационные расходы увеличиваются пропорционально солесодержанию исходной воды и при необходимости уменьшать предел обессоливания обработанной воды, в зависимости от качества исходной воды требуется подготовка – иногда весьма сложная, а также необходима обработка сточных вод и сложности с их сбросом.

Также эффективным способом является баромембранный метод водоподготовки. Баромембранный метод включает в себя обратный осмос, микрофильтрацию, ультрафильтрацию и нанофильтрацию. Сущность метода заключается в том, что растворитель и раствор разделены полупроницаемой перегородкой, пропускающей только молекулы растворителя, а растворитель переходит через перегородку в раствор до тех пор, пока концентрация растворов по обе стороны мембран не выравняются. Процесс самопроизвольного протекания веществ через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора различной концентрации, называется осмосом [4, С. 78].

Если над раствором создать противодействие, скорость перехода растворителя через мембрану уменьшится. При установлении равновесия отвечающее ему давление может служить количественной характеристикой явления обратного осмоса [5, С. 10].

Преимуществами баромембранной технологии заключаются также в получении воды очень высокого качества, которое обусловлено весьма «мягкими» с физико-химической точки зрения условиями проведения процесса, неограниченная производительность и небольшие габариты, относительно низкие эксплуатационные расходы, малый расход ингибиторов отложений и реагентов для отмывки отложений на мембранах, низкая энергоёмкость, возможность почти во всех случаях сброса концентрата в канализацию (окружающую среду) без обработки. Схема баромембранной установки показана на рис. 2.

Недостатками данной технологии являются необходимость тщательной переподготовки воды для обеспечения большой производительности мембран и длительного срока их службы, большой объем сбрасываемого концентрата, а, следовательно, значительный расход исходной воды, большие капитальные затраты, желательный непрерывный режим работы установок [6].

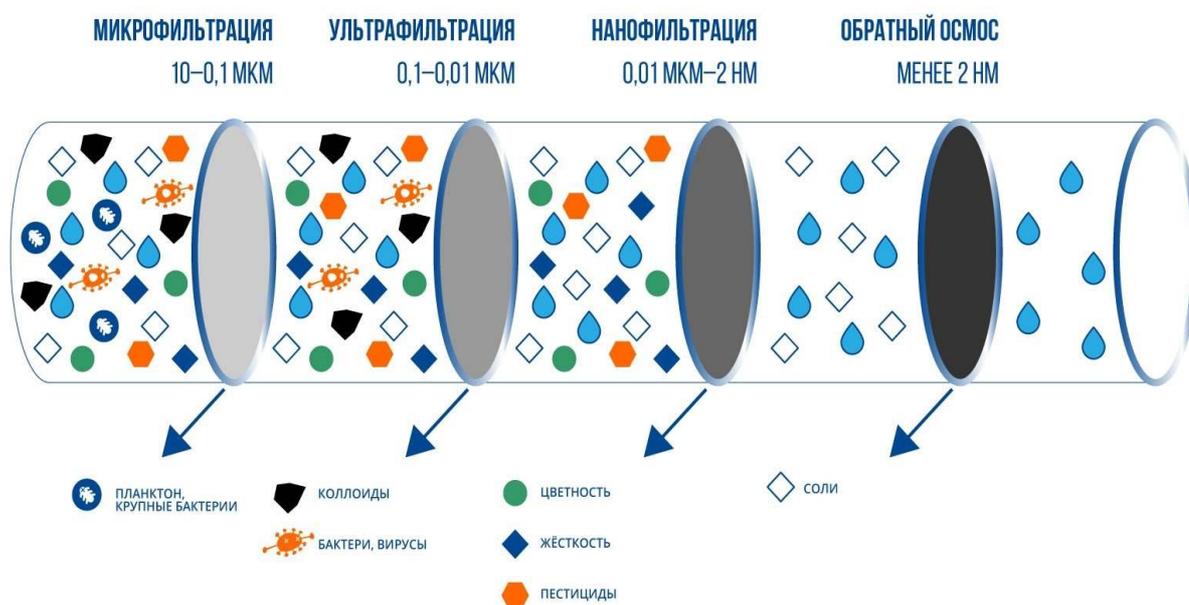


Рис. 2. Схема баромембранной установки

Учитывая, что баромембранный метод является новой технологией для ввода на электрические станции, а также требует большого капиталовложения для смены оборудования, то на данный момент распространенным решением является установка комбинированной водоподготовительной установки. Комбинирование заключается в установке мембранных технологий для предочистки отбираемой воды, а основная часть обессоливания воды выполнена с применением ионообменных технологий [7].

## Источники

1. Арсенов В.Г. Водозаборные сооружения систем водоснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Промышленная теплоэнергетика» и «Энергообеспечение предприятий». Иваново: ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2006. 111 с.
2. Гурвич С.М. Водоподготовка. Госэнергоиздат, 1961. 240 с.
3. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. М.: Издательство МГУ, 1996 г. 680 с.
4. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М.: ДеЛи принт, 2004. 328 с.
5. Николаев Г.И., Ханхунов Ю.М., Ухеев Ю.М. Баромембранные процессы и аппараты: учеб. пособие / под ред. Г.И. Николаева. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. 36 с.
6. Лаптева Е.А., Шагиева Г.К., Лаптев А.Г. Эффективность насадочных декарбонизаторов в водоподготовке ТЭС // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. №11-12. С. 20-25.
7. Сайтов С.Р., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки уфимской ТЭЦ-1 // Вестник КГЭУ. 2017. № 2. (34). С. 58-67.

УДК 631.039

## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Алексей Романович Борисов

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

leha.borisov122@gmail.com

**Аннотация.** Задачей этого проекта является проектирование, создание, эксплуатация, тестирование и оценка прототипа интегрированной системы мониторинга и диагностики для атомной электростанции. Ожидается, что эта технология будет широко применяться в других сложных системах (например, на электростанциях, работающих на ископаемом топливе, на заводах по химической переработке и, возможно, в системах управления воздушным движением).

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, атомная энергетика.

# INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS FOR NUCLEAR POWER PLANT SURVEILLANCE AND DIAGNOSTICS

Alexey R. Borisov

Scientific advisor Stanislav R. Saitov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

leha.borisov122@gmail.com

**Abstract.** The task of this project is to design, construct operate, test, and evaluate a prototype integrated monitoring and diagnostic system for a nuclear power plant. It is anticipated that this technology will have wide application to other complex systems (e.g., fossil power plants, chemical processing plants, and possibly air traffic control systems).

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, nuclear power.

Цель этого проекта – интегрировать в единую систему различные системы на основе искусственного интеллекта (ИИ) (экспертные системы, нейронные сети, нечеткие системы и генетические алгоритмы), которые могут предоставлять операторам АЭС конкретную информацию о состоянии АЭС интеллектуальным, простым, понятным и ненавязчивым образом. В некоторой степени была продемонстрирована обоснованность/осуществимость каждого из составляющих приложений ИИ.

Главный исследователь (Uhrig и Tsoukalas, 1997) недавно определил около сорока пяти применений технологий искусственного интеллекта (в первую очередь нейронных сетей и нечетких систем) на атомных электростанциях. Было продемонстрировано, что каждое из этих приложений обеспечивает определенные преимущества для атомной электростанции или ее операторов в виде повышения производительности (безопасности, эффективности, надежности и/или доступности) [1] (см. таблицу).

## Основные результаты применения искусственного интеллекта в атомной энергетике

| № | Задача                                                                                               | Результат                                                                                                             |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Безопасность реактора                                                                                | Определение местоположения дефектов                                                                                   |
| 2 | Проверка состояния атомной электростанции                                                            | Быстрый анализ потока данных, сравнение с эталонным, а затем обнаружение проблем                                      |
| 3 | Управление катастрофическими рисками                                                                 | Предотвращение чрезвычайных ситуаций, снижение опасности                                                              |
| 4 | Создание цифровых моделей атомных электростанций                                                     | Обеспечение безопасности атомных электростанций, сбор всей технической, технологической и эксплуатационной информации |
| 5 | Искусственный интеллект и Автоматизированное управление технологическими процессами Система (АСУ ТП) | Надлежащее распределение ресурсов, повышение эффективности производства                                               |
| 6 | Оптимизация процессов проектирования                                                                 | Сокращенный цикл разработки, снижение затрат. Решение сложных задач                                                   |
| 7 | Развитие науки                                                                                       | Быстрая обработка данных научных экспериментов и их дальнейшее применение                                             |
| 8 | Технологический процесс                                                                              | Ускорение темпов инноваций и роста производительности. Формирование новых отраслей и динамичное развитие существующих |
| 9 | Кибербезопасность                                                                                    | Поиск уязвимостей, написание кодов и машинных алгоритмов                                                              |

Данные для тестирования и оценки прототипа системы будут получены из системы отображения параметров безопасности, заводского компьютера действующей атомной электростанции и/или полномасштабного высокоточного симулятора персональных компьютеров на базе Pentium с 21- или 29-дюймовыми мониторами будут использоваться для имитации типичной системы отображения диспетчерской [2]. Для моделирования интегрированной системы будут использоваться MATLAB и SIMULINK (программное обеспечение, предоставляемое MathWorks Inc. из Натика, Массачусетс). После отладки и тестирования программы MATLAB и SIMULINK будут скомпилированы на язык C++ для работы, тестирования и оценки. Обслуживающий персонал, включая операторов реакторов, будет задействован в процессе проектирования, тестирования и оценки интегрированной системы [3].

### Источники

1. Бартал Ю., Лин Дж. и Ухриг Р.Э. Диагностика переходных процессов на атомной электростанции с использованием искусственной нейронной сети. 1995. Т. 110. № 3. С. 436-449.

2. Бартлетт и Ухриг Р.Э. Диагностика состояния Атомной Электростанции с использованием искусственной нейронной сети // Ядерные технологии. 1992. Т. 97. С. 272-281.

3. Ухриг Р.Э. Использование искусственных нейронных сетей для анализа производительности АЭС // Ядерные технологии. 1992. Т. 99. С. 36-42.

УДК 004.942

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА В ТОПКЕ КОТЛА ТП-14А ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ**

Елизавета Станиславовна Валиуллина

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор М.Г. Зиганшин  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
elizavetazheltukhina@ya.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы, связанные с выбросами в атмосферу загрязняющих веществ при оказании услуг по энергоснабжению и обращению с коммунальными отходами в населенных пунктах. Проанализированы пути загрязнения атмосферного воздуха токсичными соединениями и образования парниковых газов при существующих методах термической обработки мусора. Вопросы снижения содержания токсичных выбросов в продуктах сгорания изучаются на основе численного эксперимента средствами вычислительной гидродинамики (CFD). Рассматриваются процессы горения фрагментов целлюлозы в водородном пламени в топке котла ТП-14А. В пределах исследуемой геометрии определены температурные, скоростные и концентрационные поля продуктов горения.

**Ключевые слова:** атмосферные загрязнения, промышленность, сжигание, оксиды азота, диоксины и фураны, численное моделирование, вычислительная гидродинамика, угольная пыль, целлюлоза, водородное пламя.

# MODELING OF COMBUSTION OF LOW-GRADE FUEL IN THE FURNACE OF THE BOILER TP-14A TO REDUCE TOXIC EMISSIONS

Elizaveta S. Valiullina  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
elizavetazheltukhina@ya.ru

**Abstract.** The article deals with issues related to emissions of pollutants into the atmosphere during the provision of services for energy supply and handling municipal waste in settlements. The ways of atmospheric air pollution with toxic compounds and the formation of greenhouse gases with existing methods of thermal waste treatment are analyzed. The issues of reducing the content of toxic emissions in combustion products are studied on the basis of a numerical experiment using computational fluid dynamics (CFD). The processes of combustion of cellulose fragments in a hydrogen flame in the furnace of a TP-14A boiler are considered. The temperature, velocity, and concentration fields of combustion products were determined within the limits of the geometry under study.

**Keywords:** atmospheric pollution, industry, combustion, nitrogen oxides, dioxins and furans, numerical modeling, computational fluid dynamics, coal dust, cellulose, hydrogen flame.

Проблема переработки твердых отходов актуальна для любой из стран мира. Загрязнение воздуха городской зоны является одним из основных факторов риска для здоровья общества. Кризисная ситуация с твердыми коммунальными отходами (ТКО) вплотную подступила как к крупным городам, так и к небольшим поселениям. Загрязнения окружающей среды ТКО происходят в процессе жизнедеятельности человека и в ходе обновления предметов быта. Их образование происходит даже в устройствах защиты окружающей среды от вредных выбросов и сбросов. Так, в мире от угольных электростанций в атмосферу поступает за год в среднем около  $200 \cdot 10^6$  т золы и  $40 \cdot 10^6$  т диоксида серы [1, С. 144]. Очевидно, что в бункерах золоуловителей количество выбросов на порядок выше.

Подходя к проблеме здоровья населения с точки зрения токсического воздействия загрязнителей различных источников и определяя в соответствии с этим их числовые рейтинговые оценки, например, по методике [2, С. 33], можно обнаружить, что негативное влияние ТЭС и котельных на городской воздух, даже в совокупности не опережает предприятия, занимающиеся оборотом твердых и жидких бытовых отходов. Более того, замена крупных источников выбросов множеством мелких рассредоточенных, приводит к снижению роли централизованной генерации в загрязнении воздушной среды.

ТБО могут рассматриваться в качестве одного из доступных и экономически целесообразных возобновляемых источников энергии [3, С. 4]. Теплота сгорания ТБО в среднем сопоставима с теплотой сгорания низкосортного твердого топлива. При термической обработке 2–3 т/ч ТБО в топке парогенератора можно получить до 3–4 МВт электрической или до 8–9 МВт тепловой мощности.

Однако в процессе сжигания бытового мусора в качестве твердого топлива образуются различные серо-, азот- и фосфорсодержащие химические соединения. Мусоросжигательные установки являются основными источниками поставки ПХДД/Ф и парниковых газов в атмосферу.

Рассматриваются результаты численного моделирования топки парового котла Е-220/100 (ТП-14А) паропроизводительностью 220 т/ч.

Геометрическое моделирование топки ТП-14А для исследования сгорания мусора выполнено с помощью программного продукта Gambit.

Проведена верификация результатов моделирования, подобраны настройки численной модели в ANSYS Fluent на основе натуральных данных испытаний котлов [4, С. 89, 5, С. 20].

Упрощения геометрии топки парового котла ТП-14А, введенные в представленную численную модель, не оказали влияния на физическую адекватность результатов сжигания низкосортной угольной пыли. Разработанная модель может использоваться для численных исследований топочных устройств энергетических котлов с П-образной компоновкой, включая модернизированных конструктивными ноу-хау современных производителей.

### **Источники**

1. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г. Повышение энергетической и экологической эффективности систем газоочистки на ТЭС // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 9. С. 143–153.

2. Зиганшин М.Г. Методика оценки эффективности генерации на тепловых электрических станциях с учетом выброса загрязнителей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 6. С. 29-38

3. Тугов А.Н. Современные технологии термической переработки твердых коммунальных отходов и перспективы их реализации в России (обзор) // Теплоэнергетика. 2021. Т. 68. № 1. С. 3-20.

4. Тугов А. Н. Рябов Г. А., Штегман А. В., Майданик М. Н. Опыт освоения современных котельных установок российского производства // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 7-8. С. 87-98.

5. Каверин, А. А. Исследование факельного сжигания низкосортного твёрдого топлива угрубленного помола в системе прямоточных турбулентных струй. М.: НИУ «МЭИ», 2017. 212 с.

УДК 621.313.3

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Ангелина Михайловна Варганова<sup>1</sup>, Ильмира Асхатовна Закирова<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>linavrgnv@gmail.com, <sup>2</sup>ilmira-07@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается цифровизация, которая предполагает повышение эффективности теплоэнергетических систем за счёт оптимизации и автоматизации систем отопления.

**Ключевые слова:** цифровизация, автоматизация, система отопления, прямое цифровое управление.

## INCREASING EFFICIENCY HEATING SYSTEMS OPERATIONS

Angelina M. Varganova<sup>1</sup>, Ilmira A. Zakirova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>linavrgnv@gmail.com, <sup>2</sup>ilmira-07@mail.ru

**Abstract.** The article discusses digitalization, which involves increasing the efficiency of heat and power systems through the optimization and automation of heating systems.

**Keywords:** digitalization, automation, heating system, direct digital control.

В новых многоквартирных домах необходимо проектировать систему отопления, характеризующуюся высоким уровнем энергоэффективности, безопасности и комфорта. Данная система должна контролировать переменные параметры и их компоненты: давление и расход жидкости, температуру и влажность воздуха, а также скорость и состояние включения/выключения механического оборудования [1].

Повышение эффективности работы систем отопления в современных условиях рассматривается с точки зрения внедрения новых цифровых технологий. Под цифровизацией в данном случае подразумевается автоматизация, с помощью которой индивидуальная система «умного дома» работает во взаимосвязи с другими системами в приемлемом для нее режиме, с минимальными финансовыми и временными затратами. Система «умного дома» рассматривается как автоматизация процессов, большинство из которых находятся в области систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК) [2].

Цифровые технологии представляют собой системы объединения данных и искусственный интеллект, который используется для отслеживания и диагностики проблем в системе теплоснабжения, а также для выполнения повседневных задач.

Внедрение цифровизации в систему теплоснабжения позволит:

- дистанционно собирать информацию;
- контролировать работу системы отопления;
- поддерживать комфортную температуру в помещении;
- снизить расходы потребителей на тепловую энергию [3].

Управление системой отопления подразумевает под собой использование набора оборудования: датчики температуры; сервоприводы на радиаторы; реле, через которые подключаются электрические теплые полы; интерфейс управления; подключение к сети Интернет; логическое устройство, задающее сценарий работы системы.

Датчики следят за температурой воздуха и передают информацию на климатический контроллер, который связан со всеми устройствами.

Системные контроллеры используют входные данные и данные от сенсорных устройств для принятия решений о системе, а затем управляют исполнительными устройствами на основе входной информации.

Операция может быть начата температурным датчиком, который при обнаружении отклонения температуры от заданного значения сигнализирует об этом контроллеру, после чего контроллер посылает сигнал исполнительному механизму на включение двигателя, который открывает или закрывает заслонку. Устройства могут взаимодействовать друг с другом или с контроллерами.

Аналоговые входные сигналы на контроллер могут представлять собой непрерывно изменяющийся сигнал от внешнего устройства или датчика, например, такого как датчик температуры.

Цифровые входные сигналы контроллера – это сигналы с двумя возможными состояниями (включен/выключен), поступающие от внешних устройств или датчиков, например, таких как выключатель [1].

Системы прямого цифрового управления (DDC – direct digital control) состоят из центральной компьютерной рабочей станции, которая контролирует систему ОВиК и другие системные функции с помощью серии датчиков. Эти датчики передают данные обратно на рабочую станцию, где сложное программное обеспечение контролирует производительность и при необходимости вносит коррективы в работу [4].

В настоящее время на смену обычным термостатам приходят «умные», основные функции которых – управлять климатическим оборудованием в помещении. Они дополняются элементами искусственного интеллекта: имеют встроенное расписание привычек обитателя, которое можно корректировать, связь с погодными датчиками и оповещение через мобильную сеть, позволяющее более гибко реагировать на изменяющиеся внешние факторы.

Цифровизация заключается в функционировании системы контроля и управления параметрами энергопотребления, в основе чего лежит интеллектуальная программа, причём её работа адаптируется под конкретные условия и пожелания владельца [5].

Основное направление работы: обеспечения максимально комфортных условий для человека, используя современные способы управления системой отопления, без его участия, поскольку умные инженерные системы в настоящее время взаимодействуют не только с пользователем, но и с окружающей средой.

### **Источники**

1. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции: Учебнометодическое пособие. Изд. 2-е, перераб. и дополн. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2019. 349 с.

2. Медведева Г.А. Бирюкова А.Э. Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9. №2.

3. Цифровизация в теплоснабжении поможет сэкономить и уменьшить число аварий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://1prime.ru/energy/20191216/830694932.html> (дата обращения: 12.11.2021).

4. DDC CONTROLS, Direct Digital Control [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sitelogiq.com/solutions/facility-support/ddc-controls> (дата обращения: 26.10.2021).

5. Карницкий В.Ю., Ершов С.В., Рюмов А.Ю. Особенности энергообеспечения системы «Умный дом» // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017.

## ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКИПИ

Алина Марселевна Гарифуллина  
Науч. рук. асс. Б.А. Гильфанов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
garifullina200121@gmail.com

**Аннотация.** Жесткость воды негативно влияет не только на здоровье человека, но и на работу оборудования в промышленности. Чтобы удалить образовавшуюся накипь на поверхностях оборудования существует несколько технологий умягчения воды.

**Ключевые слова:** жесткость воды, образование накипи, удаление, технологии.

## TECHNOLOGIES FOR WATER HARDNESS REMOVAL AND SCALING PREVENTION

Alina M. Garifullina  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
garifullina200121@gmail.com

**Abstract.** Water hardness has a negative effect not only on human health, but also on the operation of equipment in industry. To remove the scale formed on the surfaces of equipment there are several technologies of water softening.

**Keywords:** water hardness, scale formation, removal, technology.

Жесткость воды является глобальной экологической проблемой. Она вызывает серьезные проблемы со здоровьем и сложные проблемы для промышленности. Большое количество воды используется в различных отраслях промышленности, таких как пищевая, бумажная, кожевенная, тепловые электростанции и др. Когда вода проходит через или над минеральными отложениями, такими как известняк/доломит, уровни ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3$ , присутствующих в воде, значительно увеличиваются, что приводит к повышению жесткости воды [1].

В настоящее время существует несколько технологий и промышленных умягчителей для удаления накипи на бойлерах и кранах. В жилых помещениях обычно используются такие методы удаления накипи как ионный обмен, обратный осмос, и магнитная обработка воды [2].

Как развитые страны, так и развивающиеся страны страдают от жесткости воды, и они разработали различные промышленные умягчители и методики обработки [3].

Технологии, которые используются в разных странах:

- обратный осмос (США, Япония, Корея, Филиппины);
- ионный обмен (Великобритания, Европа, Индия, Корея, Филиппины);
- магнитная обработка воды (Китай);
- коагуляция (или химическое осаждение) (Сингапур).

В ионном обмене происходит замещение ионов кальция в воде на ионы натрия. Ионообменные мембраны обладают ионной селективностью и подразделяются на катионообменные мембраны и анионообменные мембраны. Ионообменная смола находится в гранулированной форме и осуществляет адсорбционный обмен ионов. Ионообменные, наиболее традиционные устройства умягчения воды, в которых ионы «жесткости» меняются местами с ионами натрия и хлорида, которые слабо связаны с анионообменной смолой или цеолитом (многие минералы цеолиты встречаются в природе, но специализированные минералы часто изготавливаются искусственно).

Трудно обеспечить объем и качество воды только за счет естественной очистки в связи с быстрым ростом численности населения [4]. Мембранные технологии очистки, которые позволяют контролировать высокоточное качество воды и высокую скорость очистки, являются необходимыми в 21 веке.

Обратный осмос – это технология очистки воды, которая использует полупроницаемую мембрану для удаления крупных частиц из питьевой воды.

Мембранные процессы особенно полезны там, где необходимо удалить широкий спектр возможных загрязнений от макрочастиц до ионных видов. Каждая технология имеет свои преимущества и некоторые недостатки.

Главное преимущество воды обратного осмоса по сравнению с водопроводной водой заключается в том, что система обратного осмоса удаляет вредные для здоровья загрязняющие вещества, такие как мышьяк, нитраты, натрий, медь и свинец, некоторые органические химикаты, а также фторид, добавляемый в городских системах. А также низкая стоимость установки, которая может минимально использовать химикаты.

Недостатками является то, что вода деминерализована, а питье деминерализованной воды связано с риском для здоровья, и то, что вода требует обширной предварительной обработки и не удаляет летучие органические химические вещества, хлор и хлорамины, фармацевтические вещества.

Жесткая вода состоит из ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), ионов магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) и ионов бикарбоната ( $\text{HCO}_3^-$ ). Она вредит здоровью человека и промышленности. Ионы кальция и ионы магния прикрепляются к трубам, поверхностям, оборудованию или элементам теплообменников, образуя накипь [5]. Это способствует снижению КПД и быстрому выходу из строя промышленного оборудования.

### Источники

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов. М.: Издательство МГУ, 1996. 680 с.

2. Воронов В.Н., Ларин Б.М., Сенина В.А. Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 390 с.

3. Гильфанов Б.А. Очистка сточных вод с применением электромембранных технологий в энергетике // Теплоэнергетика. 15-ая всерос. (7-я междунац.) науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: матер. конф. В 6-ти томах. 2020. С. 8.

4. Гильфанов Б.А. Водопотребление и водоотведение современных городов // Тинчуринские чтения: XIV междунац. мол. науч. конф. 2019. Т. 2. С. 29-33.

5. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: учеб. пособие для вузов. М: Издательский дом МЭИ, 2016.

УДК 697.34

## СРАВНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ ПУНКТАМИ

Алина Александровна Гусева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Ш. Низамова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
aalina.gu@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье были описаны достоинства и недостатки ЦТП и ИТП.

**Ключевые слова:** индивидуальный тепловой пункт; центральный тепловой пункт; энергопотребление; современные технологии; автоматизация.

# COMPARISON OF INDIVIDUAL HEATING POINTS WITH CENTRAL HEATING POINTS

Alina A. Guseva  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
aalina.gu@gmail.com

**Abstract.** This article describes the advantages and disadvantages of TSC and ITP.

**Keywords:** individual heating point, central heating point, energy consumption, modern technologies, automation.

В настоящее время, энергетика ЖКХ стремится к активному использованию индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), заменяя тем самым центральные тепловые пункты (ЦТП). Насколько эффективность ИТП превосходит ЦТП? Попробуем ответить на этот вопрос.

Несомненно, ИТП имеют кое-какие преимущества перед ЦТП, поскольку на ИТП более тонкий режим регулирования температуры горячей воды, сокращение потерь с утечкой воды в системе горячего водоснабжения, сокращение разводящих трубопроводов и более простой учет энергоресурсов. Но ведь практически такие же результаты, которые дают ИТП, можно получить и на ЦТП, если провести реконструкцию магистральных сетей и модернизировать основное технологическое оборудование [1].

К примеру, при реконструкции ЦТП можно использовать частотно-регулируемые приводы, позволяющие электродвигателю насоса, плавно регулировать напор и расход воды в трубной системе. Это позволит экономить, как расход энергоносителя, так и потребляемую насосами электроэнергию.

Еще одним из вариантов модернизации ЦТП является установка смесительных насосов и организация систем автоматического регулирования отпуска тепла на отопление, а также устройства защиты от повышенного давления в тепловой сети. Такая модернизация позволит уйти от, так называемого, «среднего температурного режима», что в свою очередь приведет к снижению расхода теплоносителя в магистрали.

Однако не стоит считать, что переход от ЦТП к ИТП является плохим вариантом. К примеру, при ИТП легче организовать узел учета, поскольку на каждом ИТП ставится узел учета, состоящий только из теплосчетчика для сетевой воды. В схеме с ЦТП нужно поставить узел учета в каждом доме, что в свою очередь, вызывает некоторые проблемы и ведет к удорожанию [2].

Как уже отмечалось ранее, ИТП позволяет более плавно регулировать количество необходимого энергоносителя в системе во время переходных периодов, нежели ЦТП. Так же отметим и тот факт, что при использовании ИТП жильцы могут сами решить вопрос включения или отключения системы отопления.

Несмотря на многие положительные моменты при использовании ИТП, есть немаловажный фактор, связанный с обслуживанием узла ИТП [3]. Поскольку при ЦТП, обслуживание сетей и самого пункта проводит теплосетевая компания, то в случае с ИТП ответственность за работоспособность узла берут на себя жильцы. Поясним, если ИТП выйдет из строя, то ремонт будут оплачивать жильцы многоквартирного дома, так же периодические осмотры и устранения мелких неисправностей тоже ложится на плечи жильцов. Поиск высококвалифицированного специалиста для обслуживания и ремонта ИТП, так же остается за жильцами [4].

Подведем итог, переход от центральных тепловых пунктов к индивидуальным тепловым пунктам, несомненно, влечет за собой положительный экономический эффект, однако, при полном переходе на ИТП перед жильцами многоквартирных домов возникнут новые проблемы, которые могут повлечь за собой финансовые тяготы. Поэтому, внедрение ИТП должно быть постепенным, чтобы избежать негативных последствий, начиная от перекладки всех разводящих сетей, заканчивая обслуживанием всей системы индивидуального теплового пункта.

### **Источники**

1. Аверьянов В.К. Первые результаты эксплуатации и предложения по совершенствованию систем. М.: Теплоэнергоэффективные технологии, 2017. 312 с.

2. Пырков В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. К.: И ДП 2018 252 с. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. 2013.01.01.

3. Фадеева Г.Д. Повышение энергоэффективности жилого фонда за счет малозатратных технологий. М.: АльфаПресс, 2017. 52 с.

4. Филимонов А.Г. Особенности перехода Казани на АИТП при реализации комплексной программы повышения эффективности системы теплоснабжения // Вестник КГЭУ. 2019. №2 (42). С. 127–137.

## СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛА В СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Екатерина Владиславовна Дмитриева  
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Е. Безруков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
99dmitrieva99@mail.ru

**Аннотация.** В статье описаны основные причины потерь тепла в схемах теплоснабжения, а также некоторые пути их решения для получения минимума потерь при транспортировке тепловой энергии по тепловым сетям.

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловая энергия, потери тепла, теплоснабжение, теплоизоляция.

## REDUCTION OF HEAT LOSS IN THE CIRCUIT HEAT SUPPLY

Ekaterina V. Dmitrieva  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
99dmitrieva99@mail.ru

**Abstract.** The article describes the main causes of heat losses in heat supply schemes, as well as some ways to solve them to obtain a minimum of losses during the transportation of thermal energy through heating networks.

**Keywords:** energy saving, thermal energy, heat loss, heat supply, thermal insulation.

Под энергосбережением в системах теплоснабжения понимается снижение энергоресурсов на источниках тепловой энергии (котельных) и при ее транспортировке и распределения потребителям. Основные энергоресурсы для выработки и транспорта тепловой энергии являются топливо (природный газ), сжигание которого необходимо для нагрева теплоносителя до требуемой температуры и электроэнергия для привода сетевых насосов, перекачивающих теплоноситель по тепловым сетям. Из этого следует, что энергосбережение в системах теплоснабжения обусловлено снижением расхода и экономией данных видов энергоресурсов [1].

Экономия тепловой энергии в сфере теплоснабжения можно достичь с помощью усовершенствования источников тепловой энергии, тепловых сетей, установок потребляющих тепло и с помощью улучшения характеристик отапливаемых объектов.

Основные потери при транспортировке тепла происходят за счет изношенности теплообменного оборудования, низкого качества используемой тепловой изоляции или же вовсе ее отсутствия [2], и высокой температуры теплоносителя.

Замена существующей изоляции является важной задачей для энергосбережения, так как тепловые потери очень велики. Благодаря снижению тепловых потерь и предотвращению выстываний теплоносителя с помощью инновационных технологий можно достичь таких характеристик, как технико-экономическая эффективность, долговечность, надежность в работе энергетических систем, сэкономив, при этом, топливные ресурсы [3].

В качестве решения проблемы с теплоизоляцией возможно использование предизолированные трубы с ППУ- и ППМ-теплоизоляцией, которая поможет снизить тепловые потери. Необходимо использовать тонкопленочные покрытия, которые способны уменьшить толщину теплоизоляционного слоя до нескольких миллиметров [4]. Материалы позволяют на 80% устранить возможность повреждения трубопроводов от наружной коррозии [5]. Альтернативой можно использовать пеностекло на заменяемых и вновь монтируемых участках тепловой сети [6].

Другой стороной, которая влияет на тепловые потери, является температура теплоносителя [7]. Температурный график зависит от принятых расчетных температур на выходе и входе в систему отопления потребителей, а также от схемы теплоснабжения (с центральными тепловыми пунктами, элеваторные, с узлами погодного регулирования и т.д.). Принято, что самый популярный температурный график для составляет 150/70 °С со срезкой 135/65, что вызывает большие тепловые потери, чем график на который переходят некоторые регионы 115/65.

Основные направления данной работы заключаются в оценке достоинств и недостатков пути снижения тепловых потерь в сетях за счет снижения прямой температуры теплоносителя от источника.

### **Источники**

1. Соломин И.Н., Даминов А.З., Садыков Р.А. Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения // Известия КГАСУ. 2018. №2 (44). С. 184-192.

2. Рыженков В.А. Разработка технологических основ элементов системы теплоснабжения нового поколения, обеспечивающих снижение энергетических потерь. Отчет о НИР № 02.516.11.6027 от 26.04.2007 (Министерство образования и науки РФ).

3. Бакай С.М., Казакова С.О. Инновационные резервы снижения потерь в тепловых сетях предприятий // В сб.: Управление экономикой: методы, модели, технологии. Матер. XVIII Междун. науч. конф. 2018. С. 158-161.

4. Киямов И.К., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В. Применение наноматериалов в теплоизоляции трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве. 2019. Т. 11. № 2. С. 194–202.

5. Меры снижения тепловых потерь [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studwood.ru/647481/matematika\\_himiya\\_fizika/mery\\_snizheniya\\_teplovyh\\_poter](https://studwood.ru/647481/matematika_himiya_fizika/mery_snizheniya_teplovyh_poter) (дата обращения 5.11.21).

6. Снижение потерь теплоснабжающей организации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ef-tech.ru/blog/45/> (дата обращения 2.11.2021).

7. Чичерин С.В. Резервы снижения тепловых потерь сетей и повышения надежности теплоснабжения: анализ проектной и исполнительной документации // Вестник ВолГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2020. №1 (78). С.204-215.

УДК 621.313.3

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОНЯТИЯ РАДИУСА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Светлана Салаватовна Зиганшина<sup>1</sup>, Тимур Рашитович Ахметов<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>svetlana.z.070799@gmail.com, <sup>2</sup>timurnaladka@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается изменение понятия методики расчета радиуса эффективного теплоснабжения с течением времени в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** радиус эффективного теплоснабжения, системы централизованного теплоснабжения, эффективность теплоснабжения.

## TRANSFORMATION OF THE CONCEPT OF EFFECTIVE HEAT SUPPLY RADIUS IN THE RUSSIAN

Svetlana S. Ziganshina<sup>1</sup>, Timur R. Akhmetov<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>svetlana.z.070799@gmail.com, <sup>2</sup>timurnaladka@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the change in the concept of the methodology for calculating the radius of effective heat supply over time in the Russian Federation.

**Keywords:** radius of effective heat supply, district heating systems, heat supply efficiency.

История понятия радиуса эффективного теплоснабжения (РЭТ) началась еще в 30-х гг. 20 века.

В 1938 г. математические выражения оптимального и предельного экономического радиуса теплопередачи были разработаны Е.Я. Соколовым. Согласно его методике оптимальный и предельный радиус тепловой сети должны выражаться формулами [1]:

$$R_{\text{опт}} = (140 / s^{0,4}) \cdot \varphi^{0,4} (1 / B^{0,1}) (\Delta\tau / \Pi)^{0,15};$$

$$R_{\text{пред}} = [(p - C) / 1,2K]^{2,5},$$

$s$  – удельная стоимость материала тепловой сети, руб./м<sup>2</sup>;  
 $\varphi$  – поправочный коэффициент, который зависит от постоянной части затрат на строительство ТЭЦ;  $B$  – среднее количество абонентов на 1 км<sup>2</sup>;  
 $\Delta\tau$  – расчетная температура падения теплоносителя в теплосети, °С;  
 $\Pi$  – плотность теплового района Гкал/ч·м<sup>2</sup>,  $p$  – разница в себестоимости тепла, которую производит ТЭЦ и отдельные котельные, руб./Гкал;  
 $C$  – переменная часть удельных эксплуатационных затрат на теплоtransport, руб./Гкал;  $K$  – постоянная часть удельных эксплуатационных затрат на теплопередачу в радиусе 1 км от тепловой сети, руб/Гкал·км.

27 июля 2010 года был принят Федеральный закон «О теплоснабжении» от 27 июля 2010 года №190-ФЗ [2]. Этот закон регулирует определение: «РЭТ – это максимальное расстояние от теплопотребляющей установки до ближайшего источника тепловой энергии в системе теплоснабжения, за пределами которого подключение (технологическое присоединение) теплопотребляющей установки к данной системе теплоснабжения нецелесообразно по причине увеличения совокупных расходов в системе теплоснабжения».

Выполнение условий данного Закона определяет нулевое значение радиуса эффективного теплоснабжения, так как присоединение любого дополнительного абонента к действующей СТЦ всегда увеличивает совместные расходы, требует добавочных инвестиций, расхода топлива и т.д.

В сентябре 2010 г. В. Папушкин представил научную работу «Определение РЭТ для развития теплоснабжения муниципальных образований» [3]. В большинстве разработанных схем теплоснабжения РЭТ определяется в соответствии с эмпирической методологией, изложенной в его статье. В работе рассматриваются новые подходы к определению зон ЦТ, а также эмпирические зависимости.

Согласно методике, РЭТ необходимо определять заданные значения издержек тепловой энергии посредством изоляции тепловых сетей. Тем не менее, данный метод является наилучшим в имеющейся структуре затрат на тепловую энергию в системах теплоснабжения, а также в связи с отсутствием привязки расчетов к сумме капитальных затрат на подключение тепловой энергии потенциальные потребители.

5 марта 2019 Министерством Энергетики РФ был выпущен закон № 212 об утверждении методических указаний по разработке схем теплоснабжения, который устанавливает, что в случае присутствия тепловой нагрузки заявителя  $Q_{\text{сумм}}^{\text{м.ч.}} < 0,1 \text{ Гкал/ч}$ , дисконтированный период окупаемости капитальных вложений в строительство тепловой сети, нужной для присоединения объекта капитального строительства заявителя к существующим тепловым сетям системы теплоснабжения исполнителя, превышает полезный срок службы тепловой сети, определенный в соответствии с Общероссийским классификатором основных фондов (ОК 013-94), то подключение объекта считается нецелесообразным и предмет заявителя располагается за пределами радиуса эффективного теплоснабжения [4].

### **Источники**

1. Соколов Е.Я. Техничко-экономический расчет тепловых сетей «Нормы по проектированию тепловых сетей». 1938.
2. Федеральный закон от 27.07.2010 N 190-ФЗ "О теплоснабжении". Собрание законодательства. 2010. Ст. 2.
3. Папушкин В.Н. Радиус теплоснабжения. Хорошо забытое старое // Новости теплоснабжения. 2010. №9 (сентябрь).
4. Об утверждении методических указаний по разработке схем теплоснабжения [Электронный ресурс]: приказ Министерства Энергетики Российской Федерации от 5 марта 2019 г. N 212. Собрание законодательства Российской Федерации. 2018. N 16 (ч. II), ст. 2364.

## СХЕМА СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Самат Азатович Ибрагимов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.И. Ляпин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

samat17ibr@mail.ru

**Аннотация.** В рамках работы рассмотрены особенности схемы стехиометрической парогазовой установки. Показаны основные элементы и приведены основные различия между ПГУ со стандартной камерой сгорания и ПГУ со стехиометрической. Использование данной схемы в будущем будет способствовать повышению к.п.д. станции и уменьшению удельного расхода топлива на выработку электрической мощности.

**Ключевые слова:** ПГУ, повышение эффективности, камера сгорания, стехиометрическое соотношение.

## DIAGRAM OF STOICHIOMETRIC STEAM AND GAS PLANT

Samat A. Ibragimov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

samat17ibr@mail.ru

**Abstract.** Within the framework of the work, the features of the scheme of a stoichiometric steam-gas plant are considered. The main elements are shown and the main differences between the CCGT unit with a standard combustion chamber and the CCGT unit with a stoichiometric one are shown. The use of this scheme in the future will help to increase the efficiency. Stations and a decrease in specific fuel consumption for the generation of electrical power.

**Keywords:** CCGT, efficiency increase, combustion chamber, stoichiometric ratio.

На действующих парогазовых установках (ПГУ), в камерах сгорания газотурбинных установок (ГТУ), используются нестехиометрические отношения топлива с окислителем (воздухом) – окислителя подается больше, чем топлива и, смесь обедняется. Это происходит для того, чтобы понизить температуру выхлопных газов идущих на газовую турбину, так как при стехиометрических отношениях лопатки газовой турбины начинают перегреваться.

В предложенной схеме ПГУ в камере сгорания газотурбинной установки топливо с окислителем сжигаются в стехиометрическом соотношении, это сделано для повышения подвода теплоты к циклу, а для понижения температуры выхлопных газов в камере смешения перед газовой турбиной подается водяной пара [2]. Данный пар производится выхлопными газами в теплообменнике, установленный после газовой турбины.

Паротурбинная часть (ступень) ПГУ работает по замкнутому циклу, рабочим телом является фреон R22 [1]. Тепло при конденсации фреона отводится водой, которая в дальнейшем идет на теплообменник, где вода испаряется и после смешивается с выхлопными газами перед газовой турбиной. Также в рассматриваемой схеме ПГУ используется несколько теплообменных поверхностей [3], что позволяет уменьшить количество тепла отводимого от цикла.

Использование стехиометрических отношений в камере сгорания повышает количество тепла подводимого к циклу, что в купе с уменьшением отвода теплота от цикла, повышает его к.п.д. до 63–65 %.

В настоящее время Россия взяла направление на сокращение выбросов парниковых газов, поскольку использование схем со стехиометрической камерой сгорания является весьма перспективной, ведь использование данной схемы будет способствовать не только выполнению одного из основных приоритетных направлений развития энергетики, но и приведет к снижению затрат на производство электрической энергии. Однако у подобных схем есть один недостаток – это использование фреона R22 в паротурбинной части схемы. Данный фреон запрещен во многих странах, в том числе и в России, так он является губительным для озонового слоя нашей планеты. Фреон R22 можно заменить на другое рабочее тело, например фреон R407C, поскольку он не наносит вреда окружающей среде и не воспламеняется. Данное изменение может приблизить эту перспективную схему к реализации.

### **Источники**

1. Письменный В.Л. Стехиометрическая парогазовая установка / Св-во о гос. регистрации ПрЭВМ, рег. №2017143318А от 11.12.2017. М.: Роспатент, 2017.
2. Письменный В.Л. Электростанция / Св-во о гос. регистрации ПрЭВМ, рег. №2005107887 от 21.03.2005. М.: Роспатент, 2005.

З. Беденьгов И.В., Мингалеева Г.Р. Разработка теплообменника-регенератора для газотурбинных установок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. №421(2). С. 39-46.

УДК 332.85

## ПЕРСПЕКТИВЫ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОГО И ВЕТХОГО ЖИЛЬЯ В РОССИИ

Альбина Рамилевна Ибрагимова<sup>1</sup>, Гузель Илгамовна Ахметьянова<sup>2</sup>

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>alba191101@mail.ru, <sup>2</sup>ahmetyanova.guzel01@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы, связанные с сокращением фонда аварийного жилья Российской Федерации. Определяются критерии и технические условия отнесения жилых помещений к категории ветхого и аварийного жилья. Предлагаются возможные пути решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** ветхое и аварийное жилье, жилищный фонд, реновация, уровень износа, модель управления.

## PROSPECTS IN SOLVING THE PROBLEM OF EMERGENCY AND DILAPIDATED HOUSING IN RUSSIA

Albina R. Ibragimova<sup>1</sup>, Guzel I. Akhmetyanova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>alba191101@mail.ru, <sup>2</sup>ahmetyanova.guzel01@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the problems associated with the reduction of the emergency housing stock in the Russian Federation. Criteria and technical conditions for classifying residential premises as dilapidated and emergency housing are determined. Possible ways of solving this problem are suggested.

**Keywords:** emergency and dilapidated housing, housing stock, renovation, level of wear, management model.

В России весьма остро стоит проблема ветхого и аварийного жилья, которая требует финансовой поддержки, совершенствования законодательной базы и принятия безотлагательных мер.

Существует программа, направленная на обновление и комплексную реконструкцию жилищного фонда, которая носит название – реновация [1]. В положение программы входит признание статуса домов, имеющих аварийность и ветхость, их ликвидация и предоставление жилья.

К статусу аварийного относят такие дома, состояние которых угрожает безопасности его жильцов. Ветхими считаются дома с высоким уровнем износа, не соответствующие допустимым стандартам [2]. Оценивая динамику аварийности и ветхости жилья можно заметить, что за последние годы отмечается неуклонный рост данной категории.

В связи с наличием большого объема аварийного фонда, данная проблема разрешается достаточно сложно, даже с помощью предпринимаемых действий в этой области со стороны государства. Необходимо создание эффективной модели управления данной сферой, включая субъектов регулирования, начиная от власти до граждан, вопросов финансирования, льгот, и самое главное четкого нормативно-правового регулирования [3]. Решение жилищной проблемы стоит рассматривать комплексно, учитывая при этом множество факторов [4].

Только с помощью единого и систематического подхода, который будет заключаться и в совершенствовании нормативно-правовой базы, и в росте объемов и темпов строительства жилья для малоимущей категории граждан, и в снижении ставки ипотечного кредитования, и в предоставлении льгот, а также создании системы управления данной сферой, можно будет решить существующие проблемы [5].

### **Источники**

1. Особенности и продвижение реновации в Казани [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://renovatsija.ru/renovatsiya-v-kazani/> (дата обращения: 12.11.21).

2. Аварийное и ветхое жилье [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hse.ru/search/index.html?text/>(дата обращения: 03.10.21).

3. The Calvert journal /Attack the block: what will the upcoming khrushchevki demolitions mean for Moscow? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.calvertjournal.com/articles/show/8046/khrushchevka-demolition-moscow> (дата обращения: 24.10.21).

4. Хайбуллина А.И., Ильин В.К. Повышение эффективности теплообмена в системах смазки насосно-силовых агрегатов // Вестник КГЭУ. 2016. №3 (31). С. 104-114.

5. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов// Известия вузов. Проблема энергетики. 2017. Т. 19, №1-2. С. 31-40.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Алина Ринатовна Измайлова<sup>1</sup>, Алия Рунаровна Миниханова<sup>2</sup>

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор Н.Д. Чичирова

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>zmailik10@yandex.ru, <sup>2</sup>minihanova@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается энергетика 21 века, проблемы ее влияние на окружающую среду и методы решения их.

**Ключевые слова:** станции, теплоэнергетика, топливо, загрязнения, экология, безопасность, ТЭС, АЭС, атмосфера, окружающая среда.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR ENERGY

Alina R. Izmailova<sup>1</sup>, Aliya R. Minikhanova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>zmailik10@yandex.ru, <sup>2</sup>minihanova@gmail.com

**Abstract.** The article examines the energy sector of the 21st century, the problems of its impact on the environment and methods of solving them.

**Keywords:** stations, heat power engineering, fuel, pollution, ecology, safety, thermal power plants, nuclear power plants, atmosphere, environment.

На сегодняшний день мир невозможен без существования энергетики. Одним из главных потребностей человека являются электричество. Следовательно, с каждым годом масштабы энергопотребления постоянно возрастают.

Станции классифицируются на несколько видов, а именно первую очередь по источникам используемой энергии. Существуют тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС), гидроаккумулирующие (ГАЭС), атомные (АЭС), дизельные (ДЭС), а также электростанции, работающие на альтернативных источниках электроэнергии [1].

Одним из распространенных типов станций на Земле являются тепловые электростанции. Популярность ТЭС, прежде всего, объясняется доступностью органического топлива. Нефть, газ и уголь имеются во многих уголках планеты. В частности на ТЭЦ выполняется функция пароснабжения или горячего водоснабжения, а на КЭС или на ГРЭС производится исключительно электрическая энергия [2]. Тепловые станции имеют массу плюсов, однако существуют и минусы. Один из главных – это нарушение экологического равновесия окружающей нас среды и загрязнение атмосферы.

При сгорании топлива в атмосферу попадает огромное количество вредных выбросов. К ним относятся твёрдые частицы золы, летучие органические соединения, окислы азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ) и серы ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ), окислы углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), углеводороды ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ ). Кроме того, ТЭС сильно загрязняют воду и портят рельеф местности, так как нуждаются в потребности создания мест для хранения шлаков, топлива или золы (только для пылеугольных ТЭЦ или ГРЭС). Основным химическим элементом твёрдого органического топлива, который участвует в процессе горения, является углерод или углеводороды. Поэтому в результате сжигания ископаемых видов топлива, например уголь, образуется углекислый газ, который выбрасывается с тепловых электростанций и способствует возникновению «парникового эффекта» [3].

Вдобавок один из существенных минусов тепловых станций – это ограниченность ресурсов. В ходе эксплуатации ТЭС используются те природные ископаемые, естественное возобновление которых невозможно, поэтому количество этих ресурсов постепенно уменьшается. По имеющимся оценкам, например, нефти и газа может хватить всего на 40-60 лет.

В разных странах решением данных проблем является внедрение атомной энергетики, которая в свою очередь оказывает минимальное воздействие на экологическую среду. Она не загрязняет атмосферу и не производит парниковых газов, из-за которых стремительно ухудшается климат на нашей планете, загрязняется почва и повышается кислотность океанов. Данный вид станций использует уран в качестве топлива. Как бы это удивительно не звучало, а радиационное влияние от АЭС при обычных условиях в 20 раз ниже, чем у ТЭС [4]. Также расщепляющийся материал выгорает в ядерном топливе не полностью и может быть использован снова после регенерации, в отличие от золы и шлаков органического топлива.

Конечно, будет сейчас глупым действием останавливать работу всех ТЭС резким переходом на ядерную энергетику. Всемирная экономика потерпит крупный ущерб.

На ближайшие года нужно внедрение и развитие инноваций, способных усовершенствовать тепловые станции в сторону их экологической безопасности. Необходимо строительство различных очистных сооружений, ввод в эксплуатацию безотходных технологических процессов и устройств замкнутых циклов водопользования. Обязательным элементом любой котельной на сегодняшний день должен быть золоуловитель, благодаря которому очистится дым от установки приблизительно на 90 %. Несомненно, загрязнение атмосферы в решающей степени зависит от того, какое топливо используется. С точки зрения экологии лучшим вариантом топлива является природный газ, почти полностью состоящий из метана. При сгорании газа выделяется меньше углекислого газа по сравнению с другими традиционными источниками, например углем. В результате замена угольного топлива на газовое ТЭЦ дает снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 50–70 %. Положительное влияние окажет и высадка лесных зон вокруг городов и промышленных центров [5].

Как бы мы не рассматривали положительные стороны атомных станций, у них есть угроза возникновения потенциально опасной ситуации в плане радиационного воздействия на людей и всю экосистему. К трагедии может привести человеческий фактор, невнимательность, отказ оборудования, стихийные бедствия или роковое стечение обстоятельств.

Таким образом, для обеспечения комфортного и экологичного проживания будущих поколений на нашей планете необходимо, во-первых, внедрение технологий, в частности развития теплоэнергетики, во-вторых, повышенное соблюдение мер безопасности эксплуатации станций, и, в-третьих, использование вторичного или возобновляемого сырья.

### **Источники**

1. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1995. 416 с.
2. Рыжкин В.Л. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / под ред. ВЛ. Гиршфельда. М: Энергоатомиздат, 1987. 328 с.
3. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов. М.: Энергоиздат, 1982. 264 с.

4. Василенко А.Б., Тетельмин В.В. Современная энергетика и энергетика будущего. Технология производства. Нетрадиционные источники. Экологическая безопасность. М.: ЛЕОНАНД, 2018. 240 с.

5. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Интеллект, 2011. 167 с.

УДК 628.162.5

## УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАЗУТА С ПОМОЩЬЮ ПРИСАДОК

Илья Игоревич Киселёв

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.М. Грибков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ikiselev59@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье предложено решение для уменьшения выбросов оксидов серы для котлов, сжигающих мазут, и не имеющих золоуловителей.

**Ключевые слова:** тепловая электростанция, мазут, присадка, окислы серы.

## IMPROVING THE QUALITY OF FUEL OIL WITH ADDITIVES

Ilya I. Kiselev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ikiselev59@mail.ru

**Abstract.** This article proposes a solution to reduce emissions of sulfur oxides for boilers that burn fuel oil and do not have ash collectors.

**Keywords:** thermal power plant, fuel oil, additive, sulfur oxides.

В последние годы появилась тенденция повышения глубины переработки нефти, вместе с ним ухудшаются качества топочного мазута. Качество мазута сказывается на его хранении, транспортировке и сжигании, возникают проблемы у основного и вспомогательного оборудования при его использовании. Для улучшения потребительских свойств применяются присадки. Присадки классифицируются следующим образом.

Присадки, которые улучшают процесс горения, называют катализаторами горения. Они способствуют более равномерному распределению легко и трудносгораемых частей в капле мазута, что приводит к снижению неполноты сгорания топлива. В России для предотвращения механического недожога в 60-е годы была изобретена присадка ВНИИП-101. Сейчас же авторами [1] предложено в качестве присадки использовать суспензию из наноструктурированного гидроксида магния, смеси дизельного топлива с минеральным, маслом. Опыт проводился на котлах г. Кандалакша. В ходе опыта было установлено, работа котлов на мазуте с присадкой способствовало более полному сгоранию топлива.

Под ингибиторами коррозии понимаются такие присадки, которые способствуют защите поверхностей нагрева энергетических котлов. Кроме того, могут использовать присадки, которые имеют пассивирующий эффект на металл, то есть они создают защитную пленку на металле тем самым защищая его. Например, в качестве такой присадки может выступать терамин, он как раз обладает полярными молекулами, которые абсорбируются на металле [2]. Обычно антикоррозионная присадка состоит из металлосодержащей добавки. Она уменьшает высокотемпературную коррозию, а также уменьшает зольный остаток, который может откладываться на поверхностях нагрева и в регенеративном воздухоподогревателе. Также способствует разрыхлению таких отложений, что способствует легкому удалению его. Стоит отметить, что по давлению в пароперегревателе и температуре поверхностей нагрева, можно определить образовались ли отложения, которые необходимо удалить [3].

Ввод модификаторов коллоидно-химических свойств в качестве присадки в мазуты, преследует только одну цель – уменьшение донных отложений при длительном хранении в резервуарах. Она имеет поверхностно-активные и растворяющие свойства. Нерастворимые продукты, содержащиеся в мазуте, могут падать в осадок, а такая присадка удерживает их, чтобы они не осаждались в резервуарах. ВНИИП-102, ВНИИП-106, ВНИИП-106М получили применение в России [4].

Улучшение реологических свойств мазутов, например, уменьшение температуры застывания или снижение вязкости, относят к типу присадок модификаторам структуры потока. Сюда относят и депрессорные присадки, которые направлены на снижение температуры застывания. Отечественными аналогами такой присадки являются ВЭС-408, ВЭС-503М, ВЭС-241М они представляют собой растворы сополимеров.

Снижая температуру застывания мазута, можно уменьшить затраты тепла на подогрев мазута в резервуарах, а также на перекачку его по трубопроводам [4]. Можно использовать присадку, состоящую на основе деэмульгатора дипроксамина-157 и проксамина-385. Исследования проводились при различных концентрациях присадки (0,1–5 % мас.) в широком диапазоне температур (55–90 °С). В результате было получено, что такая присадка снижает вязкость и температуру застывания мазута [5].

На тепловых электрических станциях при сжигании мазута образуются окислы серы, которые пагубно воздействуют на биосферу. В настоящее время мазут в РФ сжигается относительно в небольших количествах. Всего на трех станциях мазут является основным видом топлива, но на многих станциях мазут является резервным или растопочным топливом.

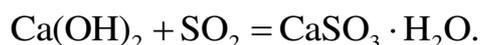
В качестве присадки к высокосернистому мазуту для уменьшения выбросов оксидов серы предлагается использовать карбонатный шлам с водоподготовки [7]. Опыты проводились на Казанской ТЭЦ-1, в которых отмечено существенное (более 30 %) уменьшение концентрации  $SO_x$  в продуктах сгорания.

На газомазутных котлах отсутствуют золоуловители, что является препятствием для ввода твердых веществ в топку котла. Однако, учитывая тот факт, что оксиды серы и твердые частицы не обладают свойством суммации вредного воздействия, можно рассчитать допустимый выброс твердых частиц при отсутствии золоуловителя [6].

Рассмотрим это предложение на примере. Пусть на дымовую трубу высотой 190 м с диаметром устья 6 м подключен котел ТГМП-344, паропроизводительностью  $D = 1050$  т/ч сжигающий  $B = 75$  т/ч мазута сернистостью  $S^P = 2,55$  %. Принимая температуру уходящих газов  $t_{yx} = 130$  °С и коэффициент избытка воздуха в дымовой трубе  $\alpha = 1,1$ , и учитывая, что  $V_r^0 = 11,22$  нм<sup>3</sup>/кг, а теоретически необходимый объем воздуха для сгорания одного килограмма мазута  $V_B^0 = 10,44$  нм<sup>3</sup>/кг, найдем расход дымовых газов от одного котла в устье дымовой трубы  $V_1 = 479$  м<sup>3</sup>/с. При такой сернистости мазута котел выбрасывает  $M_{SO_2} = 1118$  г/с сернистого ангидрида. Далее находится выброс твердых веществ  $M$  по методике [6] и получаем  $M = 1716$  г/с, при этом не будет превышения ПДК по твердым частицам и без электрофильтров.

Эффективным способом ввода твердой щелочной присадки является ввод в составе водомазутной эмульсии [6]. В качестве щелочной присадки может выступить известь пушонка, а готовить водомазутную эмульсию можно с помощью недорогого кавитатора. Ожидается, что размеры и масса частиц будут иметь примерно такие же размеры, как и частицы мазутной золы, а это означает, что они не будут оседать в топке и газоходах [6].

Реакция извести с оксидами серы может быть записана в виде:



Полуводный гипс в топке переходит в безводный гипс  $\text{CaSO}_4$ . На основании реакции видим, что при расходе  $\text{CaSO}_4 = 1716$  г/с может быть поглощаться 738 г/с  $\text{SO}_2$ , что составляет  $738/1118 = 0,66$  или 66 % от всех образовавшихся оксидов серы. Это является еще не полным решением для соблюдения норматива по выбросу оксидов серы, для этого примера необходимо 78%, но уже приближенно к нему.

Такой способ весьма востребован для газомазутных котлов ТЭЦ при краткосрочных режимах сжигания мазута, когда нет необходимости сооружать дорогостоящую сероочистку.

### Источники

1. Акатнов А.П., Лосев В.П., Циркунов О.Ю., Шкарпет В.Э. Патент на изобретение RU 2634730 С, 03.11.2017. Заявка № 2015138365 от 08.09.2015 Рос. Федерация, положительное решение от 11.03.2017.

2. Абрамов А.И, Елизаров Д.П., Ремизов А.Н. Повышение экологической безопасности ТЭС. М.: Издательство МЭИ. 2002. 301 с.

3. Морозов И.П., Белосельский Б.С., Смирнов В.М., Тумановский В.А., Замерград В.Э. Применение присадок при сжигании мазутов на электростанциях и промышленных котельных // Энерго-пресс. №18/232.

4. Зверева Э.Р. Присадки к топочным мазутам // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. №1–2. 7–17.

5. Мутугуллина И.А., Зверева Э.Р., Зиннатуллина Р.В., Фатхиева З.Ф. Изучения влияния присадок на эксплуатационные свойства топочных мазутов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. №18. 229-232 с.

6. Грибков А.М. Обеспечение технологического норматива по оксидам серы для котлов ТЭС // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №22(6). С. 164-175.

7. Зверева Э.Р., Ганина Л.В. Присадка к мазуту: патент на изобретение, заявка № 2007136395/04 от 01.10.2007 Рос. Федерация, положительное решение от 06.03.2009.

УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА С ГАЗИФИКАТОРОМ УГЛЯ

Роман Викторович Киселев, Альфия Шарифовна Низамова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
kiseleow.roman2013@yandex.ru

**Аннотация.** На сегодняшний день вопрос о газификации угля имеет серьезное значение для России, так как она обладает большим мировым запасом твердого топлива, а доля его потребления значительно ниже газа.

**Ключевые слова:** газификация, уголь, тепловые электрические станции, парогазовая установка, окружающая среда, выбросы, сжигание, газы

## INVESTIGATION OF THE OPERATION OF A POWER UNIT WITH A COAL GASIFIER

Roman V. Kiselyov, Alfiya S. Nizamova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
kiseleow.roman2013@yandex.ru

**Abstract.** To date, the issue of coal gasification is of serious importance for Russia, since it has a large global reserve, and the share of its consumption is much lower than gas.

**Keywords:** gasification, coal, thermal power plants, combined-cycle gas installation, environment, emissions, combustion, gases

По разным прогнозам запасов газа в России хватит приблизительно на 50 лет, а запас угля – от 300 до 350 лет. При этом доля потребления первичных энергоресурсов в РФ на 2019 год составляет: уголь – 15 %, газ – 55 %. Эти цифры показывают потенциал развития угольной энергетики [1].

Тепловые электрические станции, работающие на угле, выбрасывают в атмосферу большое количество углекислого, сернистого газа, оксидов азота. Они оказывают негативное влияние на здоровье людей и природу, а также вызывают коррозию различных материалов и конструкций.

Снизить выбросы в окружающую среду можно путем повышения эффективности технологического процесса, либо снижением температуры сжигания угля [2].

В зависимости от качества угля используются различные методы газификации. Один из методов – это газификация в кипящем слое, он используется при сжигании высокозольных пород. Исходное твердое топливо требует специальной подготовки (измельчения, фракционирования, сушки) перед подачей в шахту газогенератора.

Процесс газификации протекает при меньшем значении температуры плавления золы, что позволяет снизить выбросы оксидов азота. Для уменьшения выбросов оксидов серы добавляют связывающий сорбент (известняк или доломит). Технология сжигания в кипящем слое позволяет сильно повысить экологичность, не создавая большую денежную нагрузку, за счет того, что не требуется строительство дорогостоящих газоочистных систем. Такие газификаторы могут работать как на воздушном дутье (образуется газ с низкой теплотой сгорания, который не подлежит транспортировке и его следует использовать на месте выработки), так и на парокислородном дутье, все зависит от подготовки и способа подачи топлива. При парокислородном дутье выделяется газ с высокой теплотой сгорания, который можно транспортировать [3].

Процесс сжигания и газификации имеют одинаковые стадии изменения: нагрев, сушка, выделение летучих веществ, выгорание полученного кокса. Их разница состоит в том, что сжигание происходит при избытке кислорода и обеспечивает полное окисление угля, а при газификации процесс горения сопровождается меньшим количеством кислорода и вместо воздуха используется чистый кислород. Основная теплота сгорания сохраняется в полученном синтез-газе, которая используется в схеме ПГУ [4].

В России на многих станциях стоят турбины, которые требуют модернизации и их используют в схемах ПГУ, что увеличивает их энергетические показатели. Применение газификации твердого топлива в схемах ПГУ так же позволит увеличить термодинамический КПД цикла, за счет увеличения параметров газа в газовой турбине, а также отказаться от природного газа и снизить выбросы вредных веществ при сжигании угля. Но капитальные затраты на строительство таких блоков иногда превышают затраты пылеугольных блоков такой же мощности. Это сильно влияет на интерес Российских станций по внедрению этих блоков, ведь один из главных критериев по внедрению – прибыльность, а не экологичность. Это отчасти вызвано не такими сильными ограничениями по выбросам газов в окружающую среду со стороны законодательства.

ПГУ с газификацией угля является в настоящее время самым термодинамически эффективным и его коэффициент полезного действия по выработке электроэнергии может достигать 45%, кроме того, ТЭС с комбинированным парогазовым циклом потребляет значительно меньше воды, так как две трети электрической мощности может развивать газовая турбина.

Жизнеспособность и эффективность ТЭС с комбинированным циклом, работающих на генераторных газах, доказана опытом эксплуатации электростанции «Cool Water» мощностью 120 МВт. ТЭС «Cool Water» построена в мае 1984 года в США и за время эксплуатации показала устойчивую работу с максимальным КПД около 42 %. За время эксплуатации ТЭС работала на четырех видах углей с зольностью 6,4–13,6 % и содержанием серы 0,4–3,1 %, теплотой сгорания 28–33 МДж/кг. При работе ТЭС «Cool Water» выбросы в окружающую среду оказались минимальными и находились на уровне 10–20 % от регламентированных норм [5].

### **Источники**

1. Пегуро Н.С., Канкин В.Д., Песин А.Ю. Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа. М.: Химия, 1986. 350 с.

2. Гинзбург Д.М. Газификация топлива и генераторные установки. М., 1938. 386 с.

3. Ноздренко Г.В., Овчинников Ю.В., Щинников П.А., Бородихин И.В., Кузьмин А.Г. Эффективность комбинированного производства водорода на ТЭС // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сб. науч. трудов / под. ред. акад. РАН В.Е. Накорякова. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. Вып. 10. С.138-146.

4. Трещёв Д.А., Трещёва М.А., Колбанцева Д.А., Калютик А.А. Исследование двухконтурной теплофикационной ПГУ при её работе по тепловому графику // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №4. С. 27-42.

5. Савина М.В., Тимофеева С.С. Разработка схемы использования генераторного газа из низкосортного угля в ПГУ // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. №2 (50). С. 66-77.

## **ВЫБОР СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ**

Антон Владиславович Климин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.В. Абасев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
lix.max@yandex.ru

**Аннотация.** В статье описаны основные виды и типы подогревателей, их особенности, возможность их применения в системе теплофикации, оптимальный выбор для теплофикационной турбины.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, тепловая энергия, подогрев, подогреватель, пар.

## **SELECTION OF A HEATING HEATER FOR A TURBINE**

Anton V. Klimin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
lix.max@yandex.ru

**Abstract.** The article describes the main types and types of heaters, their features, the possibility of their use in the heating system, the optimal choice for a heating turbine.

**Keywords:** heat supply, thermal energy, heating, heater, steam

Целью любого проектирования является выбор основного и вспомогательного оборудования. Сравнительная характеристика оборудования позволяет понять основные моменты в работе агрегата, его особенности. Выделение особенностей всех подогревателей позволит нам понять особенности работы систем подогрева сетевой воды с различными подогревателями, определить возможность их использования как на ТЭЦ, котельных, так и в тепловых пунктах различной мощности. Опираясь на характеристики, представленные в сравнении, определим оптимальный тип подогревателей для теплофикационной турбины.

В зависимости от схемы теплофикации на станции используются различные комбинации систем подогрева, одноступенчатые или двухступенчатые, с добавлением ПВК (пиковый водогрейный котел) или без [2].

Разнообразие различных систем подогревателей позволяет нам максимально эффективно использовать теплоту отдаваемую паром в зависимости от нужд и целей [3]. Классифицировать подогреватели можно по многим параметрам, как основные можно выделить:

1. По типу теплообмена:

- поверхностные;
- смешивающие.

2. По конструктивному исполнению:

- кожухотрубчатые;
- пластинчатые.

3. По расположению:

- вертикального расположения;
- горизонтального расположения.

Процесс подбора сетевого подогревателя полностью зависит от конечной цели, преследуемой при проектировке станции или отдельно системы теплоснабжения [3]. При расчетах принимают во внимание несколько факторов:

- требуемая производительность, обычно зависящая от количества пропускаемого теплоносителя и степени нагрева;
- параметры в отборе турбины;
- качество сетевой воды.

Самыми практичными считаются поверхностные кожухотрубчатые подогреватели. Они достаточно прочны, просты в обслуживании и чистке. Они способны выдерживать высокое давление пара из отбора. Так же, некоторые модели могут быть рассчитаны на очень большой расход теплоносителя. Дренажи подогревателей сливаются каскадно, а затем в питательный тракт ПНД [4].

Подогреватели смешивающего типа конструктивно и принципиально отличаются от всех остальных, в них происходит смешение греющего агента и теплоносителя, в результате чего теплоноситель получает дополнительный объем и температуру. Чаще всего, в системе теплоснабжения, данные подогреватели используются как первая ступень подогрева для деаэрации теплоносителя. Плюсом можно назвать отсутствие недогрева, так как вода напрямую контактирует с греющим агентом. Минусом – наличие дополнительного оборудования в виде обратных клапанов. Часто можно встретить в системе ПНД [1].

Пластинчатые теплообменники – следующий шаг в мировой энергетике. Они все чаще применяются на производстве как замена классическим теплообменникам [1]. Имеют компактные габариты и высокую эффективность при своих параметрах. Но, как и любой подогреватель поверхностного типа, имеет некоторую степень недогрева, хоть и меньшую чем у кожухотрубчатых. Пока что имеет ряд недостатков:

- невозможна работа при высоких параметрах пара из-за особенностей конструкции;

- из-за использования пластин стандартных размеров, подогреватели с высокой пропускной способностью просто не могут существовать в своих нормальных габаритах, приходится делить поток на несколько параллельных линий;

- расстояние между пластинами порядка 1–2 мм, что усложняет обслуживание и очистку оборудования.

Пластинчатые теплообменники уместно использовать в ИТП или производствах с малой производительностью теплофикации [1].

После окончательного выбора типа теплообменника целью проекта становится грамотный подбор и расчет установки. Принципиально расчет очень похож на расчет регенеративного подогревателя низкого давления. Отталкиваясь от температурной характеристики системы теплоснабжения, требуемого подогрева и пропускной способности и, как следствие, производительности, среди стандартных теплообменников мы можем подобрать близкий по характеристикам в большую сторону [6].

Энергетическая и экономическая эффективность станции или цеха напрямую зависит от качества подбора и расчета агрегатов, тем более в таком важном направлении как отдача тепловой энергии потребителю на отопление или ГВС. Технологии не стоят на месте, развивая каждое направление энергетики, повышение эффективности агрегатов в приоритете. Из описания агрегатов становится понятно, что для турбины типа Т и ПТ, которые обычно имеют высокую теплофикационную нагрузку с большим расходом теплоносителя, больше подходят подогреватели смешивающего типа или кожухотрубчатые [5]. Большее предпочтение отдается именно последнему варианту из-за простоты конструкции, легкости в обслуживании. В настоящее время, благодаря достижениям в направлении энергетики, инженерам удалось довести рабочие характеристики поверхностных подогревателей до приемлемых показателей. Величина недогрева становится все меньше из-за использования правильных материалов (металлов) в конструкции [4].

## Источники

1. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Издательство МЭИ, Москва, 2002.
2. Выбор сетевых подогревателей [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studbooks.net/1936719/matematika\\_himiya\\_fizika/vybor\\_setevyh\\_podogrevateley](https://studbooks.net/1936719/matematika_himiya_fizika/vybor_setevyh_podogrevateley) (Дата обращения: 08.11.2021)
3. Соломин И.Н., Даминов А.З., Садыков Р.А. Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения // Известия КГАСУ. 2018. №2 (44). С. 184-192.
4. Теплообменник и трубка теплообменника: пат. 122051 Рос. Федерация № 2010105461/08; заявл. 15.02.10; опубл. 12.10.2011, Бюл. № 23.
5. Ротов П. В., Сивухин А. А., Ротова М. А., Гафуров Р. А., Горшков А.В. Об эффективности управления циркуляцией горячей воды // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №6. С. 117-129.
6. Слаква Е. С., Седелников Г.Д. Выбор рациональной конструкции сетевого подогревателя. Комсомольск-на-Амуре: КНАГУ, 2014.

УДК 621.039

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕАКТОРОВ ДВУХКОНТОРНОЙ АЭС

Марсель Эдуардович Крылов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Ш. Низамова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
marselkrilov@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрено внедрение новых технологий повышения коэффициента полезного действия и мощности атомной электрической станции путем модернизации, основанного на проекте «Супер-ВВЭР». Представлены цели и их общие направления усовершенствования реакторной установки, топливного цикла и активной зоны.

**Ключевые слова:** модернизация, атомная электрическая станция, эффективность, повышение мощности.

# PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF REACTORS OF THE DUAL CONNECTOR NPP

Marsel E. Krylov

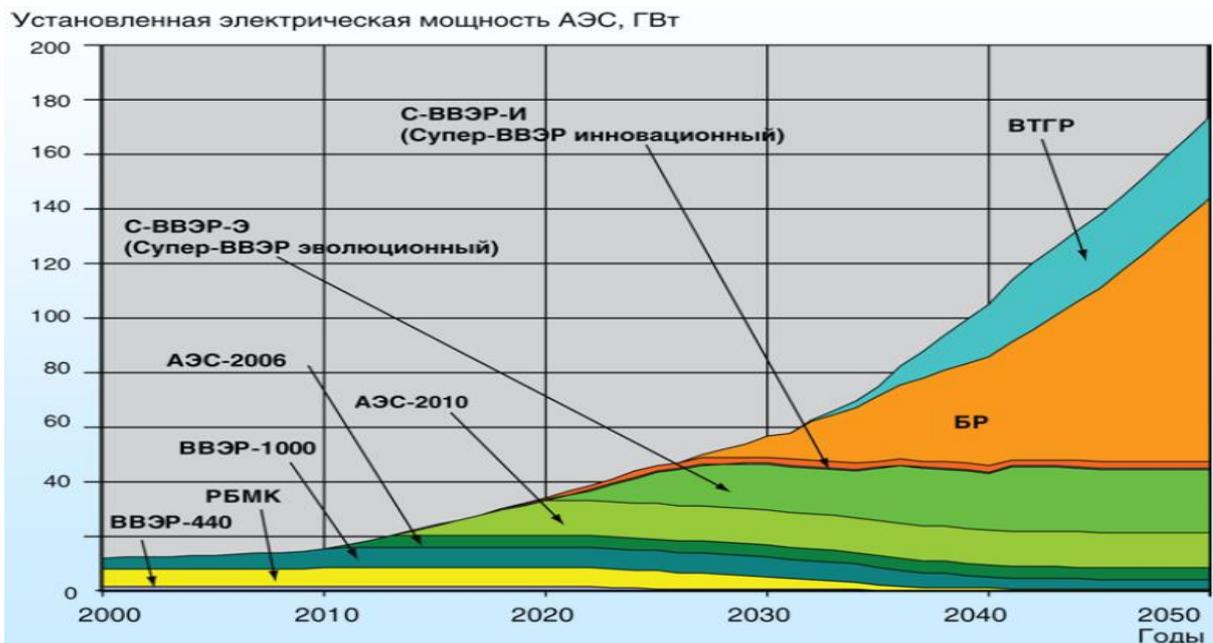
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

marselkrilov@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the introduction of new technologies for increasing the efficiency and capacity of a nuclear power plant through modernization, based on the Super-VVER project. The goals and their general directions of improvement of the reactor facility, fuel cycle and core are presented.

**Keywords:** modernization, nuclear power plant, efficiency, power increase.

Современной реализацией эволюционного развития производства ВВЭР [1] для «большой» атомной энергетики [2] России стал проект, получивший обозначение АЭС-2006 (см. рисунок) [3].



Ожидаемая диаграмма развития АЭС в России.

В укрупненном виде для Супер ВВЭР были обозначены три основные цели:

- более действенное применение урана и плутония;
- уменьшение инвестиционных рисков;
- увеличение термодинамической эффективности [4].

Представленные цели достигаются за счет:

- показателей реакторной установки;
- максимального использования результатов НИОКР;
- эволюционного развития и совершенствования оборудования;
- минимального и реалистичного вложения для модернизации;
- совершенствования системы защит барьеров;
- удовлетворения требований современной НТД РФ [5].

Для реакторов ВВЭР-1200;1300;1500 были изменены: внутрикорпусные устройства; принцип закрепления активной зоны в системе внутрикорпусных устройств, что обеспечивает жесткую геометрическую фиксацию ТВС; изменена конструкция концевых узлов ТВС [6].

#### **Источники**

1. Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Оценка эффективности комбинирования АЭС с водородным комплексом в условиях безопасного использования водорода в паротурбинном цикле // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 56-69.

2. Атомные электростанции: учеб. пособие / А.М. Антонова, А.В. Воробьев. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. 230 с.

3. Ермолин В.С., Окунев В.С. О размещении твэлового топлива в центральном отверстии твэлов водо-водяных реакторов // Физика технические проблемы ядерной энергетики. Научная сессия МИФИ. С. 101

4. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. М.: Логос, 2010. 604 с.

5. Семченков Ю.М., Сидоренко В.А. Перспективы развития АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. 2011. № 5. С. 2–9.

6. Кручатов И.В., Александров А.П. О стратегии ядерного энергетического развития. М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2013. 144с.

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРУКТУРЕ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Диляра Искандаровна Минугалиева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.Р. Ахметов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

diminugalieva@mail.ru

**Аннотация.** Затрагивается проблема защиты оборудования в структуре жилищно-коммунального хозяйства, которая представляет собой огромную значимость, потому что оборудование, через которое проходит вода, постоянно корродирует, соответственно, это большие финансовые затраты для структуры жилищно-коммунального хозяйства. Применение ингибиторов коррозии очень эффективно. Поэтому решили рассмотреть компонентный состав двух известных ингибиторов коррозии NALCO CL-50 и MF-RWR-54.

**Ключевые слова:** ингибитор коррозии NALCO CL-50, ингибитор коррозии MF-RWR-54, спектрофотометр SHIMADZU UV-1800.

## **SPECTRAL ANALYSIS OF CORROSION INHIBITORS APPLIED IN THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES**

Dilyara I. Minugalieva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

diminugalieva@mail.ru

**Abstract.** The problem of equipment protection in the structure of housing and communal services is touched upon, which is of great importance, because the equipment through which water passes constantly corrodes, respectively, this is a large financial cost for the structure of housing and communal services. The use of corrosion inhibitors is very effective. Therefore, we decided to consider the component composition of two well-known corrosion inhibitors NALCO CL-50 and MF-RWR-54.

**Keywords:** NALCO CL-50 corrosion inhibitor, MF-RWR-54 corrosion inhibitor, SHIMADZU UV-1800 spectrophotometer.

Ингибиторы коррозии позволяют значительно замедлить или даже полностью остановить коррозионное разрушение металлах [1].

Ингибиторы коррозии представлены большим разнообразием классов органических и неорганических соединений, большая часть которых синтетические и не встречается в природе. По характеру действующего вещества ингибиторы коррозии можно разделить на следующие группы: адсорбционные, пассивирующие, смешанные [2].

Адсорбционные ингибиторы коррозии адсорбируются на поверхности защищаемого продукта, при этом образуют пленку и подавляют электрохимические реакции.

Пассивирующие ингибиторы коррозии имеют важное значение в формировании защитной пленки на поверхности металла, которая его пассивирует.

Смешанные ингибиторы коррозии замедляют катодную и анодную реакции. При этом с поверхности удаляются различные загрязнения, ржавчина, окалина, а основной металл не растворяется [3].

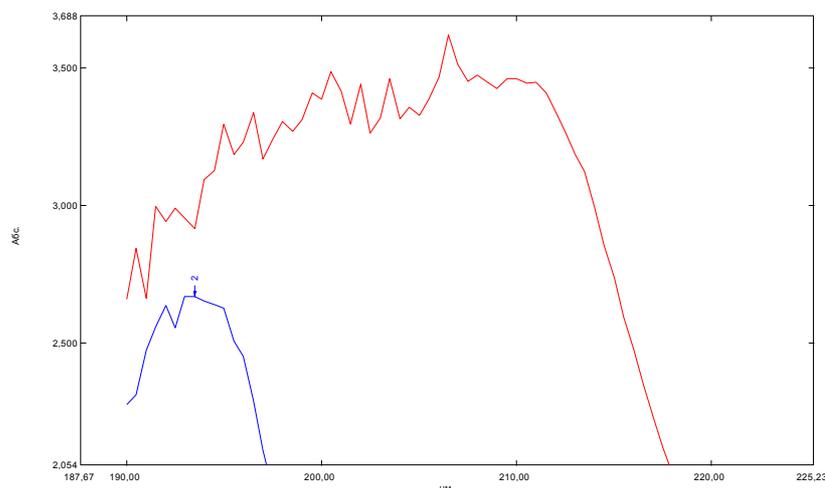
Для анализа использовали два комплексных реагента, которые наиболее часто используются: NALCO CL-50 и реагент MF-RWR-54.

Ингибиторы коррозии NALCO CL-50 применяется в централизованных и нецентрализованных системах хозяйственно-питьевого водоснабжения, в системах промышленного водоснабжения, а также в системах водяного охлаждения.

Главные достоинства NALCO CL-50 – это снижение процессов коррозии и образования отложений в системах водоснабжения жилых домов и в промышленных системах, устранение образования «красной воды». Наиболее эффективен реагент в системах, где вода имеет высокую и среднюю жесткость.

Ингибитор коррозии MF-RWR-54 применяется для предотвращения коррозии и солеотложения на поверхности теплообменного оборудования и трубопроводов систем водоснабжения и теплоснабжения, также в паровых котлах низкого и среднего давления. Считается самым экологически чистым ингибитором, защищает от коррозии нержавеющую сталь, а также медные и алюминиевые сплавы, удобен при использовании.

Для определения компонентного состава данных реагентов, провели спектральный анализ, то есть определили, какое активное вещество находится в основе данных реагентов. Для этого использовали спектрофотометр SHIMADZU UV-1800, на нем сняли спектры поглощения данных веществ. Красным цветом обозначен спектр поглощения реагента MF-RWR-54, а синим – спектр поглощения реагента NALCO CL-50 (см. рисунок).



Спектры поглощения реагентов MF-RWR-54 и NALCO CL-50

По полученным спектрам можно сделать вывод о том, что активными веществами водорастворимого реагента NALCO CL-50 являются полифосфаты, а для реагента MF-RWR-54 активными веществами являются фосфорные кислоты [4].

В реагенте NALCO CL-50 активная основа составляет 40 %, а в реагенте MF-RWR-54 – 56 %, анализ проводили с учетом методики определения сухого остатка [5].

### Источники

1. Кузнецов Ю.И. Физико-химические аспекты ингибирования коррозии металлов в водных растворах // Успехи химии. 2004. 73 (1). С. 79-93.
2. Дрикер Б.Н., Тарасова С.А., Обожин А.Н., Тарантаев А.Г. Выбор ингибиторов коррозии для систем водоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 5. С. 2-5.
3. Бондарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 3. С. 8-10.
4. Вязьмин С.Ю., Рябузин Д.С., Васильев А.В. Электронная спектроскопия органических соединений. СПб.: СПбГЛТА, 2011. С. 15-18.
5. ГОСТ 18164-72. «Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка».

## ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД В РАЗВИТИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Г.С. Мурадян<sup>1</sup>, А.Р. Шакирзянова

Науч. рук. д-р экон. наук, профессор В. Ю. Кулькова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>muradyan.gorik@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования — рассмотреть атомную электростанцию «РУППУР», как проект, способствующий ускоренному развитию атомного энергопромышленного комплекса для обеспечения геополитических интересов страны и энергетической безопасности Республики Бангладеш за счет ввода в эксплуатацию новых типовых серийных энергоблоков атомных электростанций.

**Ключевые слова:** атомная станция, выработка электроэнергии, проект, источник энергии.

## PROJECT APPROACH IN THE DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

G.S. Muradyan<sup>1</sup>, A.R. Shakirzyanova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>muradyan.gorik@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to consider the RUPPUR Nuclear Power Plant as a project contributing to the accelerated development of the nuclear power industry to ensure the geopolitical interests of the country and the energy security of the Republic of Bangladesh through the commissioning of new standard serial power units of nuclear power plants.

**Keywords:** nuclear power plant, power generation, project, energy source.

В Республике Бангладеш основной объем потребления электроэнергии приходится на горнодобывающую и обрабатывающую промышленность. Важную роль играет горнодобывающая промышленность. Более чем три четверти доходов страны приходится на текстильную промышленность. Работают также текстильные, джутовые предприятия. Главные промышленные центры — Дакка и Читтагонг [2]. Это предприятия с непрерывным циклом, которым электроэнергия нужна круглые сутки в течение всего года и примерно на одном и том же уровне. Для таких случаев атомная генерация подходит идеально, а учитывая энергоемкость этих производств, электроэнергия для них должна быть не очень дорогой, чтобы можно было конкурировать на рынке [3].

Для этого был запущен проект АЭС «РУППУР», с учетом развития современной парадигмы устойчивого развития, корпоративной социальной ответственности предпринимательских структур [7] и активное их вовлечение в отрасль энергетики [4]. Планируется уложиться в бюджет – 12,6 млрд долл. США и запустить проект к концу 2024 г.

Первая в Бангладеш АЭС будет снабжать электроэнергией в течение 100 лет. Для этого необходимо:

- 1) разработать проект (запустить этап инициации проекта);
- 2) начать основной этап запуска проекта, произвести выбор наиболее благополучной площадки для размещения, строительства и ввода в эксплуатацию новых энергоблоков;
- 3) развить потенциал потребления производственных мощностей ядерного топливного цикла;
- 4) осуществить комплексный переход к развитым технологиям и завершение строительства АЭС, также учитывать соответствие нормативным параметрам, что говорит о возможности выполнения всех функций станции [8].

Правовое, экономическое, организационное обоснование проекта:

Распоряжение Правительства РФ от 11.01.2013 N 4-р "О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Народной Республики Бангладеш о предоставлении Правительству Народной Республики Бангладеш государственного экспортного кредита для финансирования подготовительного этапа сооружения атомной электростанции на территории Народной Республики Бангладеш" [1].

Приказ генерального директора ГК «Росатом» №788-П «О строительстве учебного центра НОУ ДПО «УЦПР» на площадке сооружения АЭС «Руппур»» [5].

Площадка– Промышленная площадка АЭС «Руппур» и территория за пределами охраняемого периметра АЭС, на которой размещаются Объекты, включая временные здания, необходимые для строительства АЭС [6].

Генеральный проектировщик – Акционерное общество «Инжиниринговая компания «АСЭ»» [6].

Заказчик – АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ» [6].

Куратор процесса – Дерий А.А.

Сотрудник, осуществляющий контроль и анализ функций по управлению проектом [6].

Руководитель проекта – Власов П.В.

Лицо, назначенное приказом АО АСЭ, осуществляющее управление закреплённым за ним проектом и несущее полную и единоличную ответственность за результаты проекта [6].

Руководитель строительства – Д-р М. Шаукат.

Лицо, назначенное приказом АО АСЭ, осуществляющее управление строительством соответствующей АЭС [6].

Руководитель портфеля проектов – АО АСЭ в НРБ, Кошелев Ю.М.

Старший вице-президент по зарубежным проектам [6].

Подрядчик – АО «Атомстройэкспорт» в лице Филиала АО АСЭ в НРБ [6].

Субподрядная организация – «Трест РосСЭМ», ООО «Роин Ворлд».

Любое лицо или организация, привлекаемое(ая) Подрядчиком по субподрядному договору для выполнения части обязательств Подрядчика, предусмотренных Контрактом [6].

Таким образом, постройка АЭС «РУППУР» необходима для Республики Бангладеш, проект приведет к увеличению объемов экспорта высокотехнологичной российской продукции, создание новых рабочих мест, 10 % общего производства электроэнергии в стране будет приходиться на ядерную энергетику, собственная атомная станция обеспечит стране сохранение набранных темпов роста, поспособствует развитию науки и технологий.

### **Источники**

1. Нормативно-техническая документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=662089#KDxTJnSXqUVTL0OJ/> (дата обращения: 30.10.2021).

2. Быков И.М. Текстильная промышленность Бангладеш. Привлекательность для российских предпринимателей // Молодой ученый. 2019. №7 (245). С. 19-21.

3. Использование атомной энергии для предприятий с непрерывным циклом работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://regnum.ru/news/economy/1809400.html/> (дата обращения: 30.10.2021).

4. Kulachinskaya A., Akhmetova I.G., Kulkova V.Y., Piyashenko S.B. The challenge of the energy sector of Russia during the 2020 covid-19 pandemic through the example of the republic of Tatarstan: discussion on the change of open innovation in the energy sector// Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2020. Т. 6. № 3. С. 60.

5. Учебный центр НОУ ДПО «УЦПР» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://atomsro.ru/?p=5124/> (дата обращения: 30.10.2021).

6. Процедура управления по проекту [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://www.ase-ec.ru/for-suppliers/documents/%D0%9F%D0%9F%20%D0%90%D0%A1%D0%AD.%D0%A0%D0%A3%D0%9F%D0%9F%D0%A3%D0%A0.017-2019.pdf/> (дата обращения: 30.10.2021).

7. Кулькова В.Ю. Корпоративная социальная ответственность предпринимательских структур как форма кооперации стейкхолдеров и бизнеса //Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2019. № 4. С. 55-65.

8. Ившин И.В., Гибадуллин А.Р., Петров Т.И., Цветков А.Н., Низамиев М.Ф., Конюхова Е.В. Расчет надежности блоков станции штанговых скважинных насосных установок // Вестник КГЭУ. 2019. №4(44). С. 10.

УДК 621.5.02

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАДИРЕН ТЭС ПРИ ИНТЕНСИВНОМ БОКОВОМ ВЕТРЕ**

Адель Айратович Муртазин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.В. Абасев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

[murtazin289@mail.ru](mailto:murtazin289@mail.ru)

**Аннотация.** Для градирен с естественной тягой наличие бокового ветра может привести к существенному снижению её эффективности. Многие исследователи пытаются повысить эффективность в таких условиях за счет различных конструктивных или механических средств. В данной статье рассматриваются различные конструктивные решения, позволяющие не только нейтрализовать отрицательное воздействие бокового ветра, но и воспользоваться его потенциалом для повышения эффективности системы технического водоснабжения ТЭС.

**Ключевые слова:** градирни, поперечный ветер, техническое водоснабжение.

# INCREASING THE EFFICIENCY OF COOLING TOWER TPP WITH INTENSIVE CROSSWIND

Adel A. Murtazin  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
murtazin289@mail.ru

**Abstract.** For natural draft cooling towers, the presence of a crosswind can lead to a significant reduction in its efficiency. Many researchers are trying to improve efficiency in such conditions through various constructional or mechanical means. This article discusses various design solutions that allow not only to neutralize the negative impact of the crosswind, but also to use its potential to increase the efficiency of the technical water supply system of TPPs.

**Keywords:** cooling towers, crosswind, technical water supply.

Градирни с естественной тягой обычно используются на тепловых электрических станциях (ТЭС) для охлаждения технической воды, выходящей из конденсатора. Это огромные конструкции, обеспечивающие охлаждение воды за счёт естественной циркуляции воздуха в них.

Градирню обычно проектируют под безветренную погоду, поэтому её эффективность значительно меняется в зависимости от скорости бокового ветра [1]. Существует множество публикаций, свидетельствующих об ухудшении теплопередачи в градирнях с естественной тягой при боковом ветре [1–5].

Большинство исследователей сосредотачивают своё внимание на ускорении воздушного потока вблизи оросителя, предлагая для этих целей ветрогасители – конструкции, вытянутые перпендикулярно направлению ветра для локального замедления скорости воздушного потока (рис. 1). Эта идея была впервые предложена Дю Призом и Крогером и численно исследована Аль-Вакедом и Масудом Бехнией [2]. Согласно их исследованию, ветрогасители улучшают эффективность охлаждения башенных градирен до 16 % при исследуемой скорости ветра 10 м/с.

Учёный Гударзи из университета Буали Сина (Иран) изобрёл новую геометрию башни, которая снизила дросселирующий эффект сдуваемого воздушного факела [3]. Он предложил наклонную выходную плоскость вместо обычной горизонтальной (рис. 2). Численное моделирование показало, что его решение улучшает эффективность охлаждения до 9 % при скорости ветра 10 м/с. Гударзи также предложил вместо обычных плоских ветрогасителей использовать ветрогасители радиального типа, которые за счет перенаправления потока воздуха в сторону оросителя интенсифицируют процесс теплообмена внутри градирни.

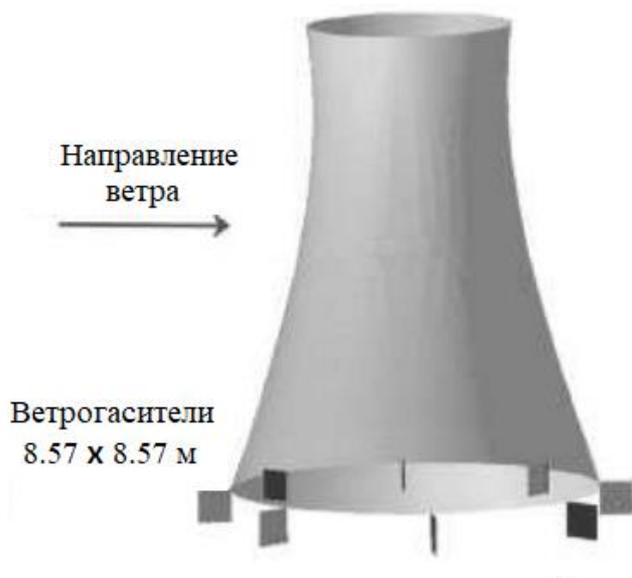


Рис. 1. Внешний вид градирни с ветрогасителями [3]



Рис. 2. Градирня с наклонной выходной плоскостью [4]

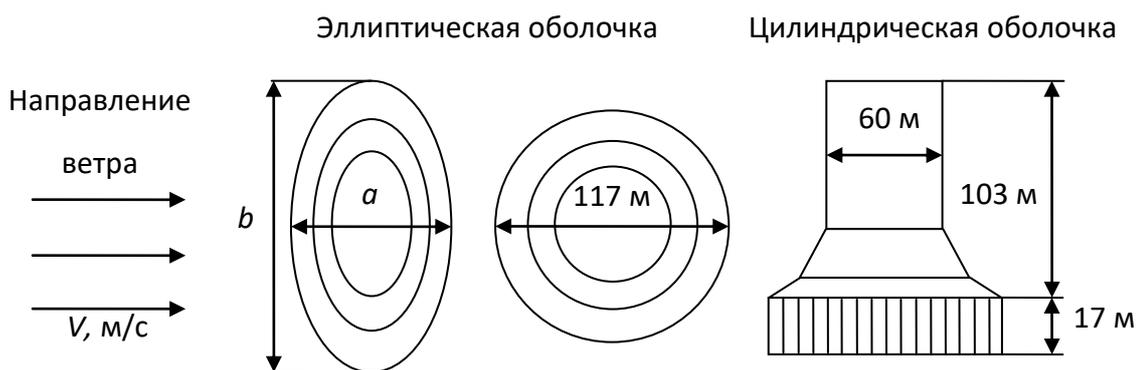


Рис. 3. Эскиз конструкций традиционной и эллиптической градирен [1]

Исследователь Рамезанпур из Исламского университета Азад в Такестане (Иран) предпринял попытку использования потенциала ветра для повышения эффективности охлаждения башенной градирни за счёт изменения обычного круглого сечения градирни на эллиптический (рис. 3) таким образом, чтобы большее количество оросителей подвергались прямому воздействию ветра. Численное моделирование этого решения показало, что для двух геометрий,  $a/b = 0,75$  и  $0,5$  эффективность охлаждения повышается на 10,1 и 17,0 %, соответственно, по сравнению с традиционной компоновкой.

## Источники

1. Goodarzi M., Ramezanpour R. Alternative geometry for cylindrical natural draft cooling tower with higher cooling efficiency under crosswind condition // Energy conversion and Management. 2014. Т. 77. С. 243–249.
2. Al-Waked R., Behnia M. The performance of natural draft dry cooling towers under crosswind: CFD study // International journal of energy research. 2004. Т. 28. С. 147-161.
3. Goodarzi M. A proposed stack configuration for dry cooling tower to improve cooling efficiency under crosswind // J. Wind Eng. Ind. Aerodynam. 2010. Т. 98. С. 858-863.
4. Бадриев А.И., Власов С.М. Оценка распределения потоков воды и воздуха на лабораторной градирне // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 5. С. 71–78.
5. Дмитриев А.В., Мадышев И.Н., Круглов Л.В., Чичирова Н.Д. Оценка эффективности процессов тепло- и массообмена в трехпоточной испарительной градирне с наклонно-гофрированными контактными элементами // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 12. № 4. С. 126-135.

УДК 621-313.3

## АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЭС

Анастасия Васильевна Низамаева<sup>1</sup>, Сергей Михайлович Власов,  
Олег Евгеньевич Бабиков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>nizamaevan@mail.ru

**Аннотация.** Одной из актуальных проблем эксплуатации тепловых электрических станций является предотвращение образования микробиологических отложений на установках системы технического водоснабжения. Количество, а также виды бактерий могут сильно варьироваться в зависимости от источника водоснабжения и системы водоподготовки, применяемой на станции. Несмотря на многообразие методов очистки, невозможно полностью избавиться от биологических загрязнений, хотя их количество можно поддерживать на приемлемом уровне. В данной работе описаны методы, используемые для предотвращения биологических загрязнений, на примере Казанской ТЭЦ-1, Казанской ТЭЦ-2, Казанской ТЭЦ-3 и Набережночелнинской ТЭЦ.

**Ключевые слова:** система технического водоснабжения, тепловые электрические станции, биологические отложения, бактерии, осадкообразование.

# ANALYSIS OF BIOLOGICAL SEDIMENTS IN THE TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEM AT TPP

Anastasia V. Nizamaeva<sup>1</sup>, Sergey M. Vlasov, Oleg E. Babikov  
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Republic of Tatarstan

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

**Abstract.** One of the problems at thermal power plants is the prevention of the biological deposits formation in the technical water supply system units. The number as well as the types of bacteria can vary greatly depending on the source of water supply and the TPP's water treatment system. There are many cleaning methods, but biological contamination cannot be completely removed, although the number of bacteria can be controlled. The article deals with the problem of biocontamination in the technical water supply system and the experience of their prevention at Kazan CHPP-1, Kazan CHPP-2, Kazan CHPP-3 and NaberezhnyeChelny CHPP.

**Keywords:** technical water supply system, thermal power plants, biological deposits, bacteria, sediment formation.

Образование бактерий в гидротехнических сооружениях является актуальной проблемой в различных отраслях промышленности, в том числе в энергетике. Установки водоподготовки и энергетическое оборудование на тепловой электрической станции (ТЭС) подвержены постоянному размножению и накоплению биологических микроорганизмов [2].

Из-за образующихся отложений в системе технического водоснабжения ухудшается качество воды и санитарно-техническое состояние трубопроводов. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности образуют отложения на внутренних поверхностях энергетического оборудования, что требует увеличения дозирования реагентов при химических промывках и уменьшения межпромывочного интервала. Данные действия в конечном итоге приводят к увеличению эксплуатационных расходов. Из-за низкой теплопроводности отложений ухудшается эффективность процесса теплопередачи. Биологические загрязнения способствуют ухудшению вакуума в конденсаторах и заметному снижению КПД ТЭС по выработке тепловой и электрической энергии, а также к перерасходу топлива. Поэтому биологическому контролю в системе технического водоснабжения должно уделяться особое внимание [1].

В данной работе описаны методы, используемые для предотвращения биологических загрязнений, на примере Казанской ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и Набережночелнинской ТЭЦ.

На Казанской ТЭЦ-1 используется техническая вода с реки Волга, а также частично обессоленная вода в соотношении 1:3. Сейчас на Казанской ТЭЦ-1 используют такие реагенты, как гипохлорид (против биологического обрастания) и оксиэтилэтилендифосфоновую кислоту (против образования накипи). Станция имеет одну башенную испарительную градирню (БИГ) БГ-1600 [4].

Казанская ТЭЦ-2 имеет в своём составе две БИГ БГ-1600. В системе технического водоснабжения к применению была рекомендована такая технология, как aqua-LIK. Принцип действия ее основан на выработке поверхностно-активного вещества (ПАВ) биологического происхождения из микроорганизмов, присутствующих на обрабатываемой поверхности. Выработка ПАВ происходит при окислении микроорганизмов [3].

На Казанской ТЭЦ-3 используют периодическое хлорирование охлаждающей воды и систему шариковой очистки. Также допускается периодическая промывка трактов технического водоснабжения химическими методами. Применяются биоцидные препараты на основе перекиси водорода, иммобилизированной на высокомолекулярных соединениях. Для усиления биоцидного действия в препаратах использовались комплексоны: нитрилотриуксусная кислота и динатриевая соль. На станции установлены три башенные градирни БГ-1600 [5].

Система технического водоснабжения на Набережночелнинской ТЭЦ также сталкивается с проблемой биологического загрязнения. Для нормализации водно-химического режима системы оборотного водоснабжения производится комплексное дозирование химических реагентов в виде: стабилизаторов жесткости и диспергатора взвешенных веществ, диспергатора органических веществ и микроорганизмов, реагента против развития микроорганизмов – «Турбанион М101», «Акварезалт 1010». На Набережночелнинской ТЭЦ установлены две очереди: в первой – пять башенных испарительных градирен БГ-1600, во второй – одна башенная испарительная градирня БГ-2400.

Наибольшее влияние на осадкообразование в системе технического водоснабжения оказывает высокая минерализация воды и превышение допустимой степени упаривания. Проблема биологического загрязнения установок ТЭС требует проведения дополнительных режимных мероприятий. Следствием этого является необходимость использования эффективных технологий по предотвращению образования биологических отложений в системе технического водоснабжения ТЭС.

Работа выполнена при финансовой государственной поддержке молодых российских ученых – докторов наук при Президенте РФ (Конкурс – МК-2020). Заявка № МК-424.2020.5. Соглашение № 075-15-2020-170.

## Источники

1. Алиев А.Ф. Предотвращение накипеобразования в оборотных системах технического водоснабжения // Теплоэнергетика. 2006. №8. С. 55-58.
2. Бадриев А.И., Власов С.М., Чичирова Н.Д. Анализ нормальности распределения потоков в БИГ // Вестник КГЭУ. 2021. №1. С. 232-241
3. Муртазин А.И., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Власов С.М. Определение причин осадкообразования в системе технического водоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. №1-2. С. 41-45.
4. Фардиев И.Ш., Закиров И.А., Силов И.Ю. Опыт создания комплексной малоотходной системы на Казанской ТЭЦ-3 // Новое в российской электроэнергетике. 2009. №3. С. 30-37.
5. Калайда М.Л., Муганцева Т.П. Повышение эффективности работы систем технического водоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. № 7-8. С. 124-127.

УДК 621.1(075.8)

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Семён Андреевич Пахомов

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, зав. каф. Р.Р. Хуснутдинов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

pakhomov.sema@list.ru

**Аннотация.** В статье описаны схема работы и характеристика парогазовых установок (ПГУ), а так же указаны преимущества выработки электроэнергии на ПГУ.

**Ключевые слова:** ПГУ, газотурбинная установка (ГТУ), паросиловая установка (ПСУ), природный газ, коэффициент полезного действия (КПД), турбогенератор.

## ENERGY EFFICIENCY OF STEAM AND GAS PLANTS

Semen A. Pakhomov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

pakhomov.sema@list.ru

**Abstract.** The article describes the operation scheme and characteristics of combined cycle plants (CCP), as well as the advantages of generating electricity at CCP.

**Keywords:** CCP, gas turbine unit (GTU), steam power plant (SPS), natural gas, efficiency factor (EF), turbine generator.

ПГУ преобразует механическую энергию в электрическую. В качестве топлива на установках используется природный газ. Первоначальным этапом работы системы является образование топливной смеси, состоящей из природного газа высокого давления и очищенного воздуха. Данная смесь подается в камеру сгорания ГТУ и воспламеняется. Поток горящего газа вращает лопасти турбины, которые в свою очередь передают механическую энергию через вал на турбогенератор. На нем происходит преобразование механической энергии в электрическую [1]. Однако, горячий поток сгоревшего газа при выходе из турбины еще обладает кинетической и тепловой энергиями, поэтому он направляется по переходному диффузору на котел-утилизатор. В котле-утилизаторе происходит дополнительное сжигание природного газа, вследствие чего вырабатывается пар сверхкритических параметров, который проходя через ПСУ передает свою энергию на другой турбогенератор [2].

ГТУ и ПСУ взаимно независимы и могут работать по отдельности. Единичная мощность отдельных ПСУ может достигать 1200 МВт, а КПД – 40 %. КПД же ГТУ примерно равен 45 %, мощность составляет порядка 200 МВт. Однако наибольший КПД достигается при совместной работе двух видов лучших современных установок, доходит до 55–60 %. Такие значения достигаются за счет дополнительного преобразования энергии в КУ [3].

Помимо высокого показателя КПД достоинством ПГУ является меньшая стоимость постройки по сравнению с ПСУ такой же мощности (1,5–2 раза). Вторым преимуществом является пониженный расход топлива. К примеру, расход топлива ПГУ при одинаковых характеристиках и мощностях по сравнению с ПСУ ниже примерно на 10 %. Также установки данного типа расходуют существенно меньше водных ресурсов и выбрасывают газы в атмосферу без сажи [4].

Для наглядности преимущества ПГУ некоторые из ее перечисленных показателей сравнены в таблице с показателями ПСУ и АЭС.

Сравнение показателей ПСУ и АЭС

| Показатели                   | ПСУ       | ПГУ     | АЭС       |
|------------------------------|-----------|---------|-----------|
| Срок строительства, лет      | 6-8       | 1-3     | 7-10      |
| Удельная стоимость, долл/кВт | 1200-1400 | 600-900 | 1500-2500 |
| КПД, %                       | 35-39     | 40-58   | 30-33     |

В России на основе парогазового цикла работают порядка 20 энергоблоков. Идет строительство новой ПГУ и в Татарстане на Заинской ГСЭС [5].

Многие электростанции приблизились к своему пределу энергоэффективности. Опыт РФ, других государств показывает, что ПГУ сильно повышает потенциал энергоэффективности. Следование данной технологии снизит отрицательное влияние на окружающую среду и позволит существенно экономить топливо.

### **Источники**

1. Лебедев В. А, Пискунов В.М. Основы энергетики: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2019. 140 с.
2. Новиков И.И. Термодинамика: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2009. 529 с.
3. Принцип работы ПГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://principraboty.ru/princip-raboty-pgu/>
4. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Парогазовые установки тепловых электрических станций: учеб. пособие. Самара: Са-мар. гос. техн. ун-т, 2019. 220 с.
5. В Татарстане начали строительство парогазовой установки на Заинской ГСЭС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20200908/tatarstan-1576940626.html>.

УДК 621.311

## **ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ГТУ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА**

Вадим Леонидович Селиванов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Б.А. Гиниятуллин  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[selvad99@mail.ru](mailto:selvad99@mail.ru)

**Аннотация.** Показатели работы ГТУ зависят от температуры окружающей среды, при изменении которой меняется плотность воздуха, а значит и расход рабочей среды через компрессор газовой турбины. В статье рассматриваются способы повышения мощности газовой турбины при высоких температурах наружного воздуха за счет охлаждения воздуха на всасе компрессора газовой турбины. Показаны преимущества и недостатки каждого из способов, рассмотрены их принципы действия. Рассмотрены зависимости мощности ГТУ от температуры окружающей среды.

**Ключевые слова:** газотурбинные установки, повышение мощности, абсорбционные холодильные машины, охлаждение.

# INCREASING THE POWER OF GTP AT HIGH OUTDOOR TEMPERATURES

Vadim L. Selivanov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
selvad99@mail.ru

**Abstract.** The performance of the GTP depends on the ambient temperature, with which the air density changes, and hence the flow rate of the working medium through the gas turbine compressor. The article discusses ways to increase the power of a gas turbine at high outdoor temperatures by cooling the air at the intake of a gas turbine compressor. The advantages and disadvantages of each of the methods are shown, their principles of operation are considered. The dependences of the ambient temperature on the power of the gas turbine installation are considered.

**Keywords:** gas turbine plants, power increase, absorption refrigerating machines, cooling.

Высокая температура наружного воздуха негативно сказывается на мощности газовой турбины [1]. Для повышения эффективности установки используют системы охлаждения подающегося на всас компрессора воздуха, которые располагаются до или после комплексного воздухоочистительного устройства (КВОУ) [2]. Преимущественно применяются одна из трех систем охлаждения:

- абсорбционные холодильные машины (АБХМ);
- системы с естественным испарением воды (СОЕИ);
- системы с принудительным испарением воды (СОПИ).

АБХМ представляет собой холодильную установку, работающую за счет тепла, а не электрической энергии [3]. За счет испарения хладагента температура охлаждаемой среды снижается до необходимой.

В СОПИ и СОЕИ охлаждение осуществляется за счет физического явления охлаждения воздуха за счет скрытой теплоты парообразования при испарении капель воды [4]. Вследствие процесса испарения температура поступающего воздуха уменьшается. Пределом охлаждения для таких систем является температура влажного термометра, при которой воздух становится насыщенным и процесс массообмена прекращается.

В результате применения охлаждающих систем уменьшается удельная мощность, необходимая на привод компрессора, и, как следствие, повышается электрическая мощность ГТУ [5].

## **Источники**

1. Мубараков И.И., Шигапов А.Б. Влияние отборов охлаждающего воздуха на эффективность газотурбинной установки // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №22(4). С. 16-23.
2. Шигапов А.Б. Стационарные газотурбинные установки тепловых электрических станций. Казань: КГЭУ, 2006. 316 с.
3. Хасанов Н.Г., Шигапов А.Б. Оптимальная степень сжатия воздуха в газотурбинной установке с промежуточным воздухоохладителем // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. №1-2. С. 108-118.
4. Валиев Р.Н., Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Гарипов Р.Р. Повышение эффективности парогазовой установки с котлом-утилизатором за счет включения в схему абсорбционного преобразователя теплоты // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. №19(11-12). С. 101-111.
5. Трухницкий А.Д. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов по направлению подготовки «Энергетическое машиностроение» и «Теплоэнергетика и теплотехника». М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 646 с.

УДК 004:620.9

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Антон Максимович Соколов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.А. Закирова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
hai\_ksta@bk.ru

**Аннотация.** Рассмотрены основные тенденции развития современной энергетики: цифровизация производства, передачи энергии и создание инфраструктуры распределенной генерации. Приведены исследования при переходе отрасли энергетики к сценарию цифровизации и распределённой энергетики.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровая энергетика, распределённая энергетика, децентрализация.

# DIGITALIZATION OF DISTRIBUTED POWER OBJECTS

Anton M. Sokolov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
hai\_ksta@bk.ru

**Abstract.** The main trends in the development of modern energy are considered: digitalization of production, energy transmission and the creation of a distributed generation infrastructure. The research on the transition of the energy industry to the scenario of digitalization and distributed energy is presented.

**Keywords:** digitalization, digital energy, distributed energy, decentralization.

Устройства и технологии с каждым годом потребляют все больше электроэнергии. Развитие энергетических систем заставляет перейти многие развитые страны на современные модели управления. Так называемый энергетический переход включает в себя такие основные направления, как распределённая генерация, цифровизация, возобновляемые источники энергетики и технологии накопления.

Механизм распределения электроэнергии становится умным, автоматизированным, а потребители постепенно превращаются в производителей энергии. Само понятие «цифровизация» относят к составляющей будущего развития распределённой энергетики.

Целью настоящей статьи является определение сущности процесса цифровизации энергетики России, её влияния на распределённую энергетику.

Взаимосвязь цифровизации и распределённой энергетики. Первые решения к переходу на цифровую экономику были реализованы в 2017 году. Была разработана и утверждена Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года №1632-р [1]. Началось формирование отраслевых программ цифрового перехода, в том числе в сфере энергетики.

Традиционная централизованная архитектура электроэнергетики в значительной степени исчерпала свой потенциал эффективности и в условиях новых вызовов, стоящих перед энергетикой, не может считаться более эффективной и оптимальной.

Процессы модернизации энергетики носят всесторонний характер.

В наибольшей степени полное представление о модернизации энергетики дается в концепции «3D» (Decarbonization, Decentralization, Digitalization). Последние две составляющие тесно взаимосвязаны друг с другом. Рассмотрим их.

«Decentralization» (децентрализация) – основана на переходе к территориально распределенной энергетике с большим числом разноуровневых генераторов и потребителей; появлении просьюмеров – субъектов, которые являются одновременно и производителями, и потребителями электроэнергии; появлении активных потребителей, обладающих возможностью гибко, в том числе по удаленным командам, изменять профиль своего потребления из сети.

Понятие «Digitalization» (цифровизация) – использование цифровых управляемых устройств на всех уровнях энергосистемы, начиная от источников энергии и электрических сетей до конечных потребителей. Внедрение и выполнение всех мероприятий реализует интеллектуальное управление энергосистемой [2, 3].

Основным разрешением проблемы растущей неэффективности централизованной энергетики является переход к децентрализации мощностей, управления и энергетических рынков, позволяющей оперативно сочетать большую и малую энергетику, а также удовлетворять разностные требования потребителей.

Таким образом, цифровизация и технологии распределённой энергетики активно внедряются в отрасли электро- и теплоэнергетики во всем мире. Благодаря их взаимодействию имеется возможность пересылать и распространять энергию в любом направлении от различных источников энергии наиболее выгодным способом [4]. Но стоит помнить, что существуют требования к надежности такой системы, которые оперативно разрешаются путём перехода от автономного режима работы к режиму работы параллельно с энергосистемой, что, соответственно, требует организации соответствующих технических требований и приводит к удорожанию проекта [5]. Готова ли наша энергетика к такому распределению? Однозначного ответа пока нет, но именно «распределенная энергетика» в совокупности с «цифровизацией» поможет традиционной энергетике обеспечить повышение надежности и качества энергоснабжения потребителей.

### **Источники**

1. Хамидуллин И.Н., Шагидуллин А.В., Ильин В.К. Повышение работоспособности распределительных электрических сетей // Вестник КГЭУ. 2018. № 3(39). С. 72-79.

2. Воробьев Е. С. Переход Российской электроэнергетики к модели «цифрового» развития - технологические и инвестиционные аспекты // Human Progress. 2018. Т. 4. № 5. С. 2.

3. Холкин Д.В., Чаусов И.С. Цифровой переход в энергетике России: в поисках смысла // Энергетическая политика. 2018. № 5. С. 7-16.

4. Любимова Н.Г. Определение понятия «Распределенная энергетика» // Вестник университета. 2014. № 5. С. 103-105.

5. Научные проблемы распределенной генерации / С.А. Ерошенко, А.А. Карпенко, С.Е. Кокин, А.В. Паздерин // Известия вузов. Проблемы энергетике. 2010. № 11-12. С. 126-133.

УДК 331.1

## АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Константин Сергеевич Сорокин

Науч. рук. асс. А.И. Минибаев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Kostya.sorokin.kostya.sorokin@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены самые распространенные ядерные реакторы и их тепловыделяющие сборки (ТВС). Проведено сравнение и выявлены положительные и отрицательные параметров каждого типа. Рассмотрены технико-экономические и исторические предпосылки развития различных конфигураций ТВС.

**Ключевые слова:** тепловыделяющие сборки, ядерный реактор, ВВЭР, PWR, сравнение, конструкция реактора.

## ANALYSIS OF FUEL ASSEMBLIES OF NUCLEAR REACTORS

Konstantin S. Sorokin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Kostya.sorokin.kostya.sorokin@mail.ru

**Abstract.** The most common nuclear reactors and their fuel assemblies (FA) are considered. Comparison was carried out and positive and negative parameters of each type were revealed. The technical, economic and historical prerequisites for the development of various configurations of FA are considered.

**Keywords:** fuel assemblies, nuclear reactor, VVER, PWR, comparison, reactor design.

Ядерные реакторы, использующие в качестве теплоносителя воду, делятся на два типа – двухконтурные (ВВЭР) и одноконтурные (РБМК).

Российские реакторы:

Конструкция ТВС одноконтурного реактора типа РБМК образована параллельным пучком стержневых твэлов, расположенных в поперечном сечении по двум концентрическим окружностям с фиксированным по радиусу шагом.

Конструкция ТВС двухконтурного реактора типа ВВЭР имеет шестигранную форму и состоит из пучка твэлов, расположенных с шагом гексагональной решетки в цилиндрическом корпусе [1].

Зарубежные реакторы:

Одноконтурная конструкция кипящего водо-водяного реактора (BWR) очень похожа на реактор РБМК, за исключением расположения и формы тепловыделяющих сборок, они имеют форму квадрата и разделены на четверти по диаметрам сечения цилиндрического корпуса. Также в отличие от российского аналога отсутствует возможность перегрузки топлива без остановки реактора.

Двухконтурная конструкция водо-водяного реактора (PWR) имеет квадратную форму и максимально заполняет площадь сечения цилиндрического корпуса аналогично реакторам типа ВВЭР.

На данный момент в Германии подходит к концу программа по отказу от атомной энергетики. Состоящий из пяти этапов план, который предусматривает окончательный отказ от АЭС к 2022 году, но до принятия такого решения в Германии были реакторы как российского образца ВВЭР, так и зарубежные PWR и BWR. Помимо Германии отказ от атомной энергетики приняли Австрия, Бельгия, Италия, Швеция и Швейцария.

Перейдем к главному вопросу: Различия ТВС между российскими, американскими и французскими, как самых крупных представителей.

Главным отличием является форма тепловыделяющей сборки и как следствие заполнение активной зоны реактора. Американские и французские реакторы, как уже было сказано используют квадратную форму, а российские форму шестигранника. Каждая сборка имеет свое обоснование и преимущества, начиная от исторически сложившихся обстоятельств и заканчивая технико-экономическим обоснованием.

Не маловажную роль играют исторические факторы. Так как расчеты первых реакторов проводились только на заре развития ЭВМ. Из-за более простой геометрической формы и четырех плоскостей взаимодействия вместо шести расчет квадратной сетки занимал значительно меньше времени (так расчет первого варианта реактора типа ВВЭР занял около двух лет с 1955 по 1957 гг.) [2]. Но в отличие от большинства зарубежных стран транспортировка грузов в нашей стране была ограничена шириной железной дороги, в то время как большинство других государств переправляли грузы водным транспортом, что не накладывало таких ограничений [3].

Наиболее важное – плотность заполнения. Корпус реактора имеет цилиндрическую форму. При заполнении круглого сечения активной зоны, шестиугольная форма кассет позволяет достичь более полного заполнения и, как следует, более эффективной работы реактора, по сравнению с квадратной формой. Разница составляет около 7 % [4].

Возникает вопрос, почему подавляющее большинство зарубежных стран используют ТВС квадратной формы? Несмотря на преимущества шестиугольника, форма квадрата является более простой в производстве и более унифицированной в использовании. Также простая форма обеспечивает высокую надежность таких сборок [5].

### **Источники**

1. Крамеров А.Я. Вопросы конструирования атомных реакторов. М.: Атомиздат, 1971.
2. Сидоренко В.А. Вопросы безопасной работы реакторов ВВЭР. М.: Атомиздат, 1977, 216 с.
3. Шмелёв В.Д., Драгунов Ю.Г., Денисов В.П., Васильченко И.Н. Активные зоны ВВЭР для атомных электростанций. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 220 с.
4. Сидоренко В.А. История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып. 2. М. 2002, 432 с.
5. Крамеров А.Я., Шевелев Я.В. Инженерные расчёты ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1984. 736 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ И КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАРА НА ТЕПЛОВУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Адель Марселевич Тухбатуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Е. Безруков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
adel.tukhbatullin@bk.ru

**Аннотация.** В статье отображены результаты, полученные в ходе исследования влияния начальных и конечных параметров пара на тепловую экономичность паротурбинных установок.

**Ключевые слова:** теплофикационная турбина, начальные параметры пара, конечные параметры пара, давление и температура, теплоперепад, КПД цикла, экономичность.

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF INITIAL AND FINAL STEAM PARAMETERS ON THE THERMAL EFFICIENCY OF STEAM TURBINE PLANTS

Adel M. Tukhbatullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
adel.tukhbatullin@bk.ru

**Abstract.** The article shows the results obtained during the study of the influence of the initial and final parameters of steam on the thermal efficiency of steam turbine installations.

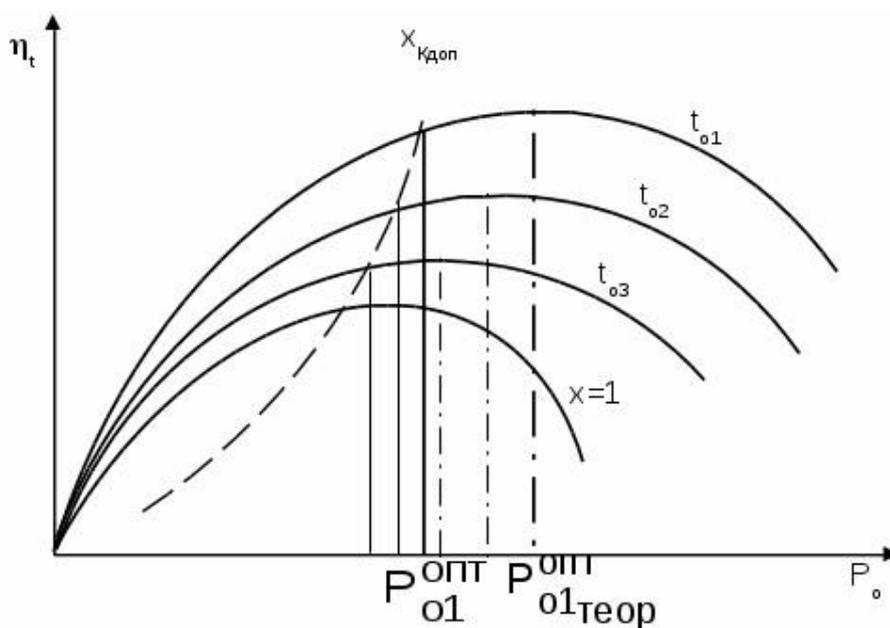
**Keywords:** heating turbine, initial steam parameters, final steam parameters, pressure and temperature, heat transfer, cycle efficiency, efficiency.

Тепловая экономичность паротурбинных установок во многом определяется давлением и температурой пара перед турбиной и давлением в конденсаторе турбины [5].

Повышение начальных параметров пара позволяет увеличить КПД цикла, сэкономив топливо на станциях. Однако, это усложняет и удорожает оборудование. Только при переходе от одной стали к другой, более жаростойкой, стоимость повышается в 2–4 раза. Исключением являются блоки большой мощности, так как они изначально работают на высоких и сверхкритических давлениях [2].

С увеличением начального давления пара  $P_0$ , помимо КПД, растет располагаемый теплоперепад  $H_a$  до максимума в определенной области давлений пара, затем начинает снижаться [1].

Повышение начальной температуры также приводит к снижению конечной влажности пара на выходе из турбины, когда при повышении начального давления, наоборот, заметен рост влажности. Об этих сопряженных параметрах следует помнить при выборе начальных значений, чтобы обеспечить постоянную допустимую степень влажности на выходе из турбины [4].



Зависимость влияния начальных давлений и температур на КПД паротурбинной установки

Из рисунка можно увидеть зависимость влияния начальных давлений и температур на КПД паротурбинной установки.

При снижении давления  $P_k$  теплота, подведенная к рабочему телу цикла ПТУ, и работа цикла понижаются, причем работа в два раза. Следовательно, это приводит к увеличению КПД цикла ПТУ. Однако существенно снизить конечное давление в цикле ПТУ практически невозможно, так как оно ограничено температурой окружающей среды (температурой воды в водоеме). Поэтому кардинального увеличения КПД цикла ПТУ достичь нельзя [3].

Ниже представлены результаты термического КПД на основе расчета турбоустановки ПТ-60/75-130/13 при разных параметрах:

1)  $P_0 = 12,75$  МПа;  $t_0 = 565$  °С;  $P_k = 4$  кПа  $\rightarrow \eta_t = 0,263$

2)  $P_0 = 12,25$  МПа;  $t_0 = 555$  °С;  $P_k = 3,43$  кПа  $\rightarrow \eta_t = 0,253$

3)  $P_0 = 12,75$  МПа;  $t_0 = 555$  °С;  $P_k = 4$  кПа  $\rightarrow \eta_t = 0,238$

### Источники

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учебник для теплоэнерг. спец. вузов. М.-Л.: Энергия, 1967. 400 с.

2. Schofield P. Steam Turbine Sustained Efficiency. New York: General Electric Company, 1996.

3. Ромашова О.Ю. Способы повышения тепловой экономичности ТЭС [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://portal.tpu.ru/SHARED/r/ROMA/education/Tab1/8\\_Nach\\_par.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/r/ROMA/education/Tab1/8_Nach_par.pdf) (дата обращения: 11.11.2021).

4. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблица теплофизических свойств воды и водяного пара. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 168 с.

5. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергетической эффективности // Вестник КГЭУ. 2019. № 2 (42). С. 103-116.

УДК 621.317.785

## ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕХОДА ЧАСТНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ДВУХСТАВОЧНЫЙ УЧЁТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ксения Аркадьевна Фадеева<sup>1</sup>, Дарья Андреевна Шамбина<sup>2</sup>

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>fadeeva\_ksenia17@mail.ru, <sup>2</sup>daschka2001@bk.ru

**Аннотация.** В настоящем докладе приведено исследование целесообразности перехода частных потребителей электроэнергии на вторую ценовую категорию. Для этого в период с 14.09.21 до 14.10.21 осуществлялась фиксация показаний приборов учёта и последующий технико-экономический расчёт.

**Ключевые слова:** ценовые категории, тарификация, энергосбытовые компании.

# ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF THE TRANSITION OF PRIVATE CONSUMERS TO TWO-PART ACCOUNTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION

Ksenia A. Fadeeva<sup>1</sup>, Daria A. Shambina<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>fadeeva\_ksenia17@mail.ru, <sup>2</sup>daschka2001@bk.ru

**Abstract.** This report presents a study of the feasibility of the transition of private electricity consumers to the second price category. For this, in the period from 14.09.21 to 14.10.21, the readings of metering devices were recorded and the subsequent technical and economic calculation.

**Keywords:** price categories, pricing, power supply companies.

Целью нашей работы было выявление целесообразности перехода частных потребителей на двухставочный учёт потребления энергии [4]. Для этого мы решали следующие задачи: сняли показания приборов учёта (ПУ) жилой квартиры в Казани и в Чебоксарах; осуществили расчёты по одноставочному и двухставочному тарифам; сравнили полученные результаты расчётов.

Время фиксации показаний – 6.00 и 22.00, период – с 14.09.21 по 14.10.21, территория наблюдения – республики Татарстан и Чувашия.

Фрагмент результатов фиксаций приведен в таблице.

Для вычисления платежей по одноставочному и двухставочному тарифам мы посетили сайты Чувашской энергосбытовой компании [1] и Татэнергосбыта [2]. Одноставочный тариф для населения, проживающего в городских населенных пунктах в домах, оборудованных в установленном порядке стационарными электроплитами в Чебоксарах в 2021 составил  $T_{\text{одн}}=2,52$  руб., двухставочный тариф при тех же условиях – дневная зона:  $T_{\text{д}}=2,90$  руб., ночная зона:  $T_{\text{н}}=1,62$  руб.

Одноставочный тариф для городского населения Казани в 2021 составил  $T_{\text{одн}}=4,11$  руб., а двухставочный тариф при тех же условиях – дневная зона:  $T_{\text{д}}=4,73$  руб., ночная зона:  $T_{\text{н}}=2,88$  руб.

Показания ПУ для потребителей города Чебоксары и города Казань (фрагмент)

| Дата   | Показания ПУ в Чебоксарах |       | Потребляемая электроэнергия, кВт·ч |                | Показания ПУ в Казани |       | Потребляемая электроэнергия, кВт·ч |                |
|--------|---------------------------|-------|------------------------------------|----------------|-----------------------|-------|------------------------------------|----------------|
|        | 6:00                      | 22:00 | $\Delta P_{д}$                     | $\Delta P_{н}$ | 6:00                  | 22:00 | $\Delta P_{д}$                     | $\Delta P_{н}$ |
| 14 сен | 11999                     | 12015 | 16                                 | 12             | 37316                 | 37328 | 12                                 | 10             |
| 15 сен | 12027                     | 12043 | 16                                 | 11             | 37338                 | 37349 | 11                                 | 9              |
| 16 сен | 12054                     | 12068 | 14                                 | 8              | 37358                 | 37370 | 12                                 | 9              |
| 17 сен | 12076                     | 12091 | 15                                 | 9              | 37379                 | 37396 | 17                                 | 9              |
| 18 сен | 12100                     | 12118 | 0                                  | 31             | 37405                 | 37418 | 0                                  | 26             |
| 19 сен | 12131                     | 12151 | 0                                  | 28             | 37431                 | 37447 | 0                                  | 27             |
| 20.сен | 12159                     | 12175 | 16                                 | 14             | 37458                 | 37469 | 11                                 | 11             |
| 21.сен | 12189                     | 12209 | 20                                 | 9              | 37480                 | 37489 | 9                                  | 11             |
| 22.сен | 12218                     | 12238 | 20                                 | 12             | 37500                 | 37516 | 16                                 | 7              |
| 23.сен | 12250                     | 12266 | 16                                 | 11             | 37523                 | 37540 | 17                                 | 8              |
| 24.сен | 12277                     | 12295 | 18                                 | 15             | 37548                 | 37567 | 19                                 | 9              |
| 25.сен | 12310                     | 12324 | 0                                  | 28             | 37576                 | 37589 | 0                                  | 24             |
| 26.сен | 12338                     | 12359 | 0                                  | 33             | 37600                 | 37611 | 0                                  | 20             |
| ...    | ...                       | ...   | ...                                | ...            | ...                   | ...   | ...                                | ...            |
| 10 окт | 12755                     | 12773 | 0                                  | 29             | 37949                 | 37960 | 0                                  | 19             |
| 11 окт | 12784                     | 12798 | 14                                 | 11             | 37968                 | 37980 | 12                                 | 9              |
| 12 окт | 12809                     | 12822 | 13                                 | 9              | 37989                 | 37998 | 9                                  | 2              |
| 13 окт | 12831                     | 12847 | 16                                 | 10             | 38000                 | 38011 | 11                                 | 9              |
| 14 окт | 12857                     | 12869 | 12                                 | 16             | 38020                 | 38027 | 7                                  | 8              |

Расчёт платежей по одноставочному тарифу осуществляется по (1), расчёт по двухставочному тарифу – по (2).

$$\sum_{i=1}^{30} (\Delta P_{д i} + \Delta P_{н i}) \times T_{одн} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{30} (\Delta P_{д i} \times T_{д} + \Delta P_{н i} \times T_{н}) \quad (2)$$

По результатам расчёта суммарный объём платежей по одноставочному тарифу для городов Казань и Чебоксары составил 2955,09 и 2232,72 руб., по двухставочному тарифу – 2638,67 и 1910,2 руб., соответственно.

Согласно постановлению [3, ст. 23.1 пункт 6.3], замена прибора учёта при переходе на новую ценовую категорию осуществляется за счёт энергосбытовой компании. Учитывая это, а также результаты расчётов, можно сделать вывод, что переход частных потребителей на двухставочный учёт потребления электроэнергии является целесообразным [5].

## Источники

1. Официальный сайт АО «Татэнергосбыт» / Тарифы для населения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tatenergobyt.ru/> (дата обращения: 17.10.2021)

2. Официальный сайт АО «Чувашская энергосбытовая компания» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ch-sk.ru/priv> (дата обращения: 17.10.2021)

3. Федеральный закон от 26 марта 2003 года №35-ФЗ «Об электроэнергетике» (ст.23.1 пункт 6.3) п. 6.3 введен Федеральным законом от 27.12.2018 № 522-ФЗ

4. Стенников В. А., Барахтенко Е. А., Соколов Д. В., Шелехова В. Б. Активное участие потребителя в управлении своим энергоснабжением // Известия вузов. Проблема энергетики. 2017. Т. 19, №11-12. С. 88 –100.

5. Сайтов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник КГЭУ. 2017. №2(34). С. 58-67.

УДК 621.311.22

## ПРИЗЕМНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПГУ-ТЭС

Камила Альбертовна Фатхуллина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.М. Грибков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

kam01fat@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты расчетов приземных концентраций от парогазовой части Казанской ТЭЦ-1.

**Ключевые слова:** тепловые электрические станции, парогазовая установка, дымовые трубы, рассеивание вредных выбросов, приземная концентрация.

## SURFACE CONCENTRATIONS PRODUCED BY THE PGU-TRP

Kamila A. Fatkhullina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kam01fat@mail.ru

**Abstract.** In this article we will calculate the surface concentrations of the steam-gas part of Kazan HTRP-1.

**Keywords:** thermal power plants, steam and gas plant, chimneys, dissipation of harmful emissions, surface concentrations.

За последние 10 лет в России введены в эксплуатацию более 45 мощных парогазовых энергоблоков [1, С. 66]. На многих парогазовых установках (ПГУ) установлены дымовые трубы высотой примерно 60–100 м, а величина выбросов зачастую объявляется коммерческой тайной. В открытой печати материалов о влиянии выбросов ПГУ на загрязнение воздуха очень мало [2, С. 131]. Поэтому в данной работе мы решили рассмотреть этот вопрос на примере Казанской ТЭЦ-1.

Максимальное значение приземной концентрации оксидов азота  $C_M$ , мг/м<sup>3</sup> (1), при выбросе газовой смеси из дымовых труб высотой 60 м от ПГУ Казанской ТЭЦ-1, в состав которой входит по две газовых РГ 6111FA и две паровых КТ-46-8,8 турбины, а также два котла-утилизатора ЕД-160/14-9,0/0,7-525/21 с суммарным выбросом окислов азота  $NO_x = 34,06$  мг/м<sup>3</sup>, достигается на расстоянии  $x_M$ , м (2), от источника при опасной скорости ветра  $u_M$ , м/с (3), и определяется по формуле [3]:

$$c_M = \frac{A \times M \times F \times t \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times \Delta T}} = \frac{160 \times 34,06 \times 1 \times 0,69 \times 1 \times 1}{60^2 \times \sqrt[3]{241,3 \times 80}} = 0,040 \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;  $M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;  $F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере;  $t$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;  $H$  – высота источника выброса;  $\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;  $\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха;  $V_1$  – расход газовой смеси.

$$x_M = \frac{5-F}{4} \times d \times H = \frac{5-1}{4} \times 21,649 \times 60 = 1299 \text{ м}; \quad (2)$$

$$u_M = v_M \times (1 + 0,12\sqrt{f}) = 4,454 \times (1 + 0,12 \times \sqrt{4,592}) = 5,6 \text{ м/с}. \quad (3)$$

Мы не учитываем выбросы дымовых труб паротурбинной части, так как поля концентраций из-за разных высот дымовых труб не накладываются друг на друга. Норматив по  $NO_x = 0,2$  мг/м<sup>3</sup> [4]. ПГУ в нормы для зон проживания людей укладывается, но в данном случае определенный интерес вызывает близкое расположение Казанского зоопарка (рис. 1).

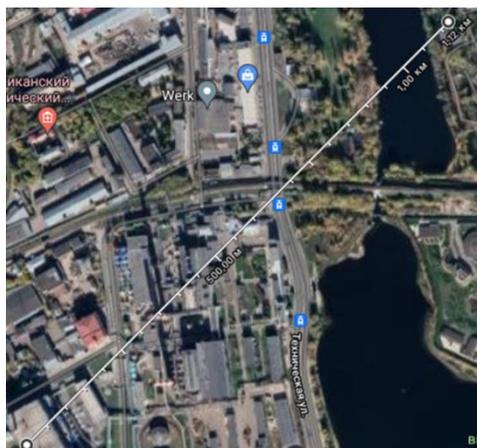


Рис. 1. Расстояние от ПГУ до Казанского зоопарка

Из рис. 2 видно, что зоопарк располагается в зоне максимальных концентраций, создаваемых трубами ПГУ Казанской ТЭЦ-1.

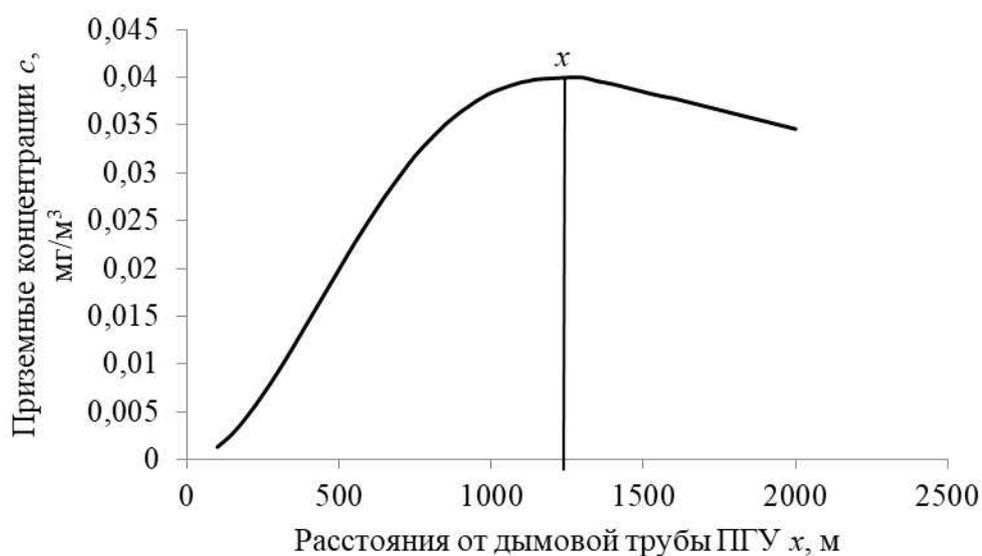


Рис. 2. Распределение концентраций вредных веществ

В связи с низкими дымовыми трубами ПГУ были проведены расчеты приземных концентраций с учетом влияния застройки. Эти расчеты показали, что существенного влияния застройка на концентрацию в районе зоопарка не оказывает. Однако для зоопарков имеются особые условия обеспечения приземных концентраций.

Для зоны отдыха – 0,8 ПДК [5], для хвойных и лиственных пород деревьев – 0,05 и 0,07 мг/м<sup>3</sup>, соответственно [6].

## **Источники**

1. Грибков А.М., Фатхуллина К.А., Юмаев Р.К. Применение парогазовых установок в Российской Федерации // В сб.: Тинчуринские чтения–2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: междунар. мол. науч. конф. 2021. Т. 2.

2. Мирсалихов К.М., Грибков А.М., Чичирова Н.Д. Аналитический обзор методик выбора оптимальных параметров дымовых труб // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 1. С. 131-145.

3. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 №273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе".

4. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 17.10.2021).

5. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9078/> (дата обращения: 12.10.2021).

6. Коплан-Дикс В.А., Алехова М.В. К вопросу разработки экологических нормативов качества атмосферного воздуха. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://distant.msu.ru/> (дата обращения: 15.10.2021).

УДК 621.311.22

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС**

Дмитрий Александрович Филатов, Сергей Михайлович Власов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[DimaFil.77777@gmail.com](mailto:DimaFil.77777@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрены используемые системы технического водоснабжения ТЭС. Приведены примеры неудовлетворительной эксплуатации башенных испарительных градирен на ТЭС. Рассмотрены мероприятия по повышению эксплуатационных характеристик системы технического водоснабжения, а также мероприятия по очистке оборотной воды механическим и химическим способами.

**Ключевые слова:** градирня, охлаждение оборотной воды, повышение эффективности, химическая обработка.

## INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEMS OF TPPs

Dmitry A. Filatov, Sergey M. Vlasov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
DimaFil.77777@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the systems used for technical water supply of TPPs. Examples of unsatisfactory operation of an evaporative cooling tower at a TPP are given. Measures to improve the operational characteristics of the technical water supply system, as well as measures to purify circulating water by mechanical and chemical methods are considered.

**Keywords:** cooling tower, circulating water cooling, efficiency improvement, chemical treatment.

На сегодняшний день большинство существующих градирен, задействованных в системах оборотного водоснабжения, неэффективны. Оборудование, установленное более 40 лет назад, имеет высокую изношенность. Решение вопросов энерго- ресурсосбережения на ТЭС, использующих оборотные системы технического водоснабжения, во многом зависит от эффективности работы градирен .

Существуют испарительные, сухие и гибридные градирни. В испарительных градирнях обратная вода охлаждается при непосредственном контакте с атмосферным воздухом, главным образом за счет испарения части воды. В летний период года более 90% тепла передается за счет испарения. В сухих градирнях тепло отводится за счет теплопроводности через поверхность радиаторов в результате конвективного теплообмена [2].

На ТЭС России наибольшее распространение получили градирни испарительного типа. Наибольшую часть градирен возводили еще 60–70-х гг. прошлого века, поэтому в настоящий момент они находятся в неудовлетворительном состоянии. Температурная деформация материалов, воздействие ультрафиолета, коррозия арматуры и других металлических элементов, постоянное изменение температуры и влажности с дальнейшим разрушением оросительных и каплеотбойных устройств, карбонизация и усадка оросителя, осыпание штукатурки на стенках градирни – все технические решения, заложенные в проектах этих градирен, устарели. Эффективность устаревших конструкций очень мала, особенно в летний период года. Обратная вода недоохлаждается, что ведет ухудшению вакуума в паровых конденсаторах [4].

Актуальным является повышение эффективности действующих градирен, проектирование новых элементов градирен, которые были бы, с одной стороны, надежными и удобными в эксплуатации, максимально удовлетворяли производственным требованиям независимо от погодных условий, других факторов; с другой стороны, просты в изготовлении, малозатратны и экологически безопасны [1].

Одной из проблем является загрязнение элементов градирни. Техническое обслуживание градирен включает в себя ряд мероприятий по удалению загрязнений с основных элементов градирни. Так, например, загрязнение поверхности оросителя, засорение распылительных устройств (сопел-форсунок) и водораспределительных трубопроводов приводит к значительному снижению эффективности системы технического водоснабжения ТЭС. Толщина накипи в 1 мм приводит к перерасходу топлива на ТЭС на 9%, а перерасход топлива по этой причине на электростанциях России в среднем составляет 4% и на некоторых ТЭС достигает 12% [6].

Очистка может производиться как механическим способом, так и химической обработкой. Интервалы технического обслуживания выбираются в зависимости от степени загрязнения градирни, но не реже одного раза в год. При выполнении такой работы следует обратить внимание на следующее:

- Очистка внутренних поверхностей градирни и оросителя минимизирует потери давления при движении воды и воздуха;
- Очистка трубопроводов системы распределения воды и сопел-форсунок от ржавчины, органических отложений и т.п., обеспечивает снижение гидравлического сопротивления;
- Обеспечение надежной фильтрации воды, поступающей в градирню и своевременная чистка фильтров, что способствует снижению гидравлического сопротивления [3].

Химическая обработка воды является одним из перспективных, но сложных в использовании средств повышения эффективности систем технического водоснабжения ТЭС. Она обеспечивает длительную эксплуатацию, поскольку значительно снижается загрязнение и засорение градирни. Однако при введении неправильного водно-химического режима, химические реагенты, препятствующие образованию органических и минеральных отложений в градирне, могут выпадать в виде отложений. Поэтому во время химической обработки оборотной воды следует тщательно контролировать количество вводимых химических реагентов и водно-химического режима, чтобы предотвратить дополнительные отложения в конденсатор паровых турбин [5].

Работа выполнена при финансовой государственной поддержке молодых российских ученых – докторов наук при Президенте РФ (Конкурс – МК-2020). Заявка №МК-424.2020.5. Соглашение № 075-15-2020-170.

### Источники

1. Берман Л.Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. М.-Л., 1957. 320 с.
2. Гладков А.В., Пономаренко В.С. Технологический расчёт градирен по графикам охлаждения. // Водоснабжение и санитарная техника. 1991. № 12. С. 4.
3. Давлетшин Ф.М., Сагдеев А.А. Оптимизация работы водораспределительной системы промышленных градирен // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2003. № 5-6. С. 48.
4. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И., Кадилин Е.Н. Опыт модернизации вентиляторной градирни // Водоснабжение и санитарная техника. 1996. № 3.
5. Давлетшин Ф.М., Сагдеев А.А., Гильфанов К.Х. Экспериментальная установка для исследования характеристик оросителей промышленных градирен // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2006. Т. 49. Вып. 12. С. 90-92.
6. Бадриев А.И., Власов С.М., Чичирова Н.Д. Анализ нормативности распределения потоков в башенных испарительных градирнях // Вестник Казанского технологического университета. 2021. Т.13. №1(49). С. 232-241.

УДК 64.07

## МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Азат Рустемович Хамитов

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Саитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ataz-azat@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье представлены два метода обнаружения хищения электрической энергии в распределительных электроэнергетических сетях. Первый метод основан на использовании искусственной нейронной сети «Многослойный персептрон» для классификации потребителей электроэнергии на предмет наличия или отсутствия махинаций. Второй метод подразумевает использование статистических методов для обработки информации о потребителях, а также использование многослойного персептрона для непосредственной классификации потребителей.

**Ключевые слова:** нетехнические потери в распределительных сетях, хищение электроэнергии, нейронная сеть, анализ данных.

# FRAUD DETECTION TECHNIQUES FOR POWER DISTRIBUTION NETWORKS

Azat R. Hamitov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ataz-azat@mail.ru

**Abstract.** This article presents two methods for detecting electricity thefts in power distribution networks. The first method is based on usage of an artificial neural network "Multilayer Perceptron" to classify electricity consumers on the basis of presence or absence of fraud. The second method involves the usage of statistical methods for processing information about consumers, as well as the use of a multilayer perceptron for classification of consumers.

**Keywords:** non-technical losses in distribution networks, theft of electric power, neural network, data mining.

Классифицируют два типа потерь электроэнергии в распределительных сетях: технические (связанные с техническими характеристиками оборудования [3, 5]) и нетехнические (вызванные хищением электроэнергии, ошибками в расчете счетчиков, ошибками при выставлении счетов и др.).

Хищения выявляются посредством местных проверок, когда инспектора выезжают к потребителям. Из-за этого возникают затраты: рабочие часы инспекторов, транспортные расходы. При проверке добросовестных потребителей, возникают необоснованные расходы.

В настоящем докладе представлены методы предварительного анализа и классификации потребителей, которые позволят с определенной точностью выявлять подозрительных потребителей.

Использование нейросетей на основе многослойного персептрона.

В качестве лабораторного оборудования применялась рабочая станция DellPowerEdge 840 с Windows XP, с процессором IntelQuad-coreXeon X3320 с тактовой частотой 2,40 ГГц. В нашей работе использовалась библиотека алгоритмов машинного обучения WEKA.

Первым этапом является сбор информации. Здесь задействуются два типа данных: данные из расширенной биллинговой системы информации о клиенте (потребителе) или e-CIBS и данные об уровне риска.

Следующий этап – фильтрация и выбор потребителей. Данные, полученные от e-CIBS, представлены в необработанном формате. Фильтрация осуществляется с помощью методов интеллектуального анализа и языка структурных запросов SQL.

Затем идет предварительная обработка данных. Данные преобразуются в требуемый формат методами интеллектуального анализа.

Далее непосредственно классификация для прогнозирования неизвестного значения. Прогноз будет составлен из данных, полученных в процессе машинного обучения.

Процент правильно классифицированных потребителей – 92,6108 %. Процент некорректно классифицированных – 7,3892 %. Матрица неточностей показывает точность классификации в матричном формате [1].

Использование метода «knowledge-discovery in data bases» на базе многослойного персептрона.

Процесс состоит из трех основных шагов: 1) очистка и интеграция; 2) отбор и преобразование; 3) сбор данных.

На этапе очистки и интеграции данные, полученные из баз данных и текстовых файлов, обрабатывались для создания единой базы данных.

Для отбора и преобразования данных применялись статистические методы [4]. Отбор признаков производился с использованием многомерного корреляционного анализа. Для преобразования данных использовались методы нормализации.

После приведения данных к нужному виду начинается процесс интеллектуального анализа данных. Для классификации набора данных используется многослойный персептрон с алгоритмом обратного распространения. Архитектура такой сети содержит три слоя: входной, скрытый и выходной.

Оценка результатов проводилась с использованием матрицы неточностей, которая сравнивает реальные проверки с проверками, совершенными ИНС. Результаты классификации были получены с коэффициентом ошибки 0,3562, а показатели эффективности были рассчитаны с помощью матрицы неточностей. Точность составила 87,17 %, отзыв равен 29,47 % [2].

### **Источники**

1. Sankari E.S., Rajesh R. Detection of Non-Technical Loss in Power Utilities using Data Mining Techniques // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. 2015.Т. 1.С. 97–100.

2. Breno C.C., Bruno. L. A., André M.P., W. Maduro, Esdras O. E. Fraud Detection in Electric Power Distribution Networks using an ANN-Based Knowledge-Discovery Process // International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA).2013.Т. 4. No. 6.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Логачева А.Г. Влияние низковольтных электрических аппаратов и параметров электрооборудования на потери электроэнергии в цеховых сетях // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т.23. №3.

4. Грачева Е.И., Сафин А.Р. Оценка потерь электроэнергии в радиальных электрических сетях низкого напряжения с помощью алгоритмов нечеткого регрессивного анализа // Вестник КГЭУ. 2020. Т.12. С.116-125.

5. Савина Н.В., Бодруг Н.С. Оценка возможности обеспечения качества электроэнергии в части отклонения напряжения потребителям // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. Т.20. №11-12. С. 3-15.

УДК 621.165

## МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТУРБОУСТАНОВКИ ПУТЕМ НАДСТРОЙКИ ПГУ

Александр Сергеевич Черкасов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.И. Ляпин  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
sanekeeper@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены варианты модернизации действующих тепловых электрических станций с паротурбинными установками путем надстройки парогазовыми установки с целью повышения энергетической эффективности и экономичности.

**Ключевые слова:** модернизация, ПГУ, энергоэффективность, турбина, ГТУ, КПД, котел-утилизатор.

## TURBO UNIT MODERNIZATION METHODS BY ADJUSTING CCGT

Alexander S. Cherkasov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
sanekeeper@mail.ru

**Abstract.** The article discusses options for modernizing existing thermal power plants with turbine plants by adding steam-gas plants to them in order to improve energy efficiency and efficiency.

**Keywords:** modernization, CCGT, energy efficiency, turbine, gas turbine, efficiency, waste heat boiler.

В настоящее время многие ТЭС в Российской Федерации эксплуатируются с физически и морально устаревшим оборудованием, отработавшим свой парковый ресурс, что, как следствие, приводит к снижению показателей энергоэффективности и удорожанию планового и внепланового ремонта. При этом вывод из эксплуатации данного энергетического оборудования зачастую невозможен без его замены на новое, из-за крайне высоких капитальных затрат, неподъемных для энергетических компаний. В свою очередь стоимость модернизации турбоагрегатов, котельных агрегатов и вспомогательного тепломеханического оборудования требуют меньших финансовых затрат, и, как следствие модернизация оказывается наиболее привлекательным для станций способом повышения надежности работы и уменьшения себестоимости тепловой и электрической энергии. Это обусловлено тем, что, как правило, процесс модернизации проводится постепенно, в соответствии с инвестиционным планом энергетических компаний. При этом, после проведения каждого этапа модернизации отработавших узлов, удаётся не только вывести станцию на первоначальные проектные характеристики, по таким показателям, как мощность и экономичность, но и добиться их увеличения, что в свою очередь позволяет «заработать» на осуществление следующего этапа модернизации [5].

Наиболее перспективными являются проекты модернизации тепловых электростанций путем установки на них парогазовых установок (ПГУ) с включением их в состав действующих на ТЭС паротурбинных установок (ПТУ).

Разберем основные способы модернизации теплофикационных ПТУ при помощи парогазовых технологий на примере турбоустановок типа Т-100/120-130 производства УТЗ.

Первым рассматриваемым способом является надстройка ГТУ, с использованием уходящих газов газовой турбины для полного или частичного подогрева основного конденсата и питательной воды ПТУ. В таком случае выбор ГТУ осуществляется путем составления уравнений теплового баланса для выбираемых газодводяных подогревателей (ГВП) низкого и высокого давления, где теплота уходящих газов передается основному конденсату и питательной воде соответственно. Электрическая мощность выбираемой газовой турбины находится в пределах разной мощности, в зависимости от степени вытеснения регенерации и параметров уходящих газов ГТ [2].

В качестве второго варианта модернизации ТЭЦ, может быть предложена надстройка ПГУ сбросного типа, они же ПГУ с низконапорным парогенератором. Данный способ модернизации оказывается дороже первого, так как кроме установки ГТУ и ГВП включают в себя ряд технологических работ и некоторого изменения конструкции котлоагрегата. Это связано с тем, что при этом варианте дымовые газы ГТУ поступают в сбросные сопла, установленные над горелочными устройствами для сжигания в их среде органического топлива. ГТУ для работы с ПГУ сбросного типа подбирается исходя из массового расхода газов, который обычно не превышает 25–30 % воздуха, направляемого в горелочные устройства соответствующего котлоагрегата, и в зависимости от значения температуры уходящих газов ГТУ [6]. Для модернизации турбоустановки с применением ПГУ сбросного типа рекомендуется применять следующие газовые турбины: ГТЭ-30 и ГТЭ-45 («Невский завод», РФ), ГТ-35 и ГТЭ-45-3М «Турбоатом», Украина), V64.3 («Siemens», ФРГ), MS6001F («GE», США) [1]. КПД выработки Э/Э ПГУ с НПП в зависимости от выбранной ГТУ составляет 38–40 %. Экономия топлива в сравнении с ПТУ аналогичной мощности 10 % [4].

Третьим, более экономичным в эксплуатации, но при это более дорогостоящим при осуществлении является вариант с установкой ПГУ с котлом утилизатором с параллельной работой энергетического котла. Данный проект модернизации позволяет более полно использовать тепловую энергию уходящих газов ГТ. На основе исследования результатов модернизации турбоустановки с применением одноконтурного КУ высокого давления. КПД выработки электроэнергии в данном случае в зависимости от выбора ГТ может достигнуть 40–43 %, а экономия топлива с аналогичной по мощности ПТУ – 15 % [4].

В качестве четвертого способа модернизации существующей паротурбинной установкой с турбиной рассмотрим вариант с надстройкой ПГУ с 2-х контурным котлом утилизатором. Двух контурный КУ имеет контуры высокого и низкого давления, пар из которых направляется в ЦВД и ЦНД соответственно [3]. Такой способ модернизации позволяет максимальным доступным на сегодняшний день способом обеспечить полноту утилизации теплоты уходящих газов ГТ и тем самым повысит КПД установки в целом до 47,2–51,4 % [4].

Итак, были рассмотрены 4 варианта модернизации существующих ТЭС с паротурбинными установками путем надстройки ПГУ. Каждый из приведенных методов имеет свои положительные и отрицательные стороны. Поэтому в каждом конкретном случае требуется техникоэкономическое обоснование применения того или иного варианта модернизации.

### Источники

1. Гольдберг А.А., Иоффе Л.С., Коган П.В., Култышев А.Ю., Санхин Ю.А., Санхин М.Ю., Степанов М.Ю., Шехтер М.В., Шибаве Т.Л. Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода для ПГУ. Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2015. 168 с.

2. Трухний А.Д., Баринберг Г.Д., Русецкий Ю.А. Исследования целесообразности использования уходящих газов газотурбинной установки для нагрева питательной воды в паротурбинной установки с турбиной Т-100/120-12,8 // Теплоэнергетика. 2006. №2. С. 16-20.

3. Баринберг Г.Д., Кортенко В.В., Коган П.В. Эффективность привлечения теплофикационных турбин для покрытия пиков и провалов графика электрических нагрузок // Тяжелое машиностроение. 2002. № 2. С. 12-14.

4. Баринберг Г.Д., Коган П.В. Эффективность теплофикационной паровой турбины Тп-110/120-12,8-12М в составе ПГУ // Теплоэнергетика. 2003. № 6. С. 12-15.

5. Баринберг Г. Д., Бродов Ю. М., Гольдберг А.А., Иоффе Л.С., Кортенко В.В., Култышев А.Ю., Новосёлов В.Б., Сахин Ю.А., Степанов М.Ю., Шехтер М.В., Шибав Т.Л., Ямалтдинов А.А. Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода. Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2017.

6. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник КГЭУ. 2019. № 3 (43). С. 47-56.

УДК 621.31

## ПОЛУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ НА АЭС С ПОМОЩЬЮ ОТРАБОТАВШИХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК

Ярослав Олегович Шайхутдинов  
Науч. рук. асс. А.И. Минибаев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия  
jara2105@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются способы получения дополнительной энергии благодаря утилизации остаточного энерговыделения отработавших тепловыделяющих сборок атомных электростанций. Приведенные варианты позволяют снизить затраты станции на собственные нужды, а также более эффективно использовать остаточное энерговыделение топливных элементов, находящихся в бассейнах выдержки. На данный момент их энергия никак не используется.

**Ключевые слова:** тепловыделяющие сборки, остаточное энерговыделение, утилизация низкопотенциальной теплоты.

# OBTAINING ADDITIONAL ENERGY AT NPPS DUE TO UTILIZATION OF RESIDUAL ENERGY RELEASE FROM SPENT FUEL ASSEMBLIES

Yaroslav O. Shaikhutdinov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
jara2105@mail.ru

**Abstract.** The article discusses ways to obtain additional energy due to the utilization of residual energy release from spent fuel assemblies of nuclear power plants. The above options make it possible to reduce the station's costs for its own needs, as well as more efficiently use the residual energy release of the fuel cells located in the holding pools. At the moment, their energy is not being used in any way.

**Keywords:** fuel assemblies, residual energy, utilization of low-temperature nuclear heat.

В наше время тепловыделяющие сборки (ТВС) используются в ядерных реакторах 4-5 лет, после чего извлекаются и помещаются в бассейн выдержки. Находясь в бассейне, остаточное энерговыделение отработавших ТВС (ОТВС) постепенно снижается [1].

Энергию, выделяемую ОТВС во время пребывания в бассейне выдержки, можно в дальнейшем использовать и накапливать, например, в виде горячей воды в специальных резервуарах. Для расчета мощности остаточного тепловыделения можно воспользоваться формулой Вэя-Вигнера [2].

После анализа большого количества источников были выведены следующие возможные способы дополнительной генерации тепловой или электрической энергии.

Во-первых, горячую воду можно накапливать в специальных резервуарах и в дальнейшем в пики водопотребления отправлять ее потребителю, тем самым выравнивая график тепловой нагрузки [3]. Предлагаемая схема приведена на рисунке 1. Между бассейном выдержки и баком-резервуаром устанавливается теплообменный аппарат, в котором циркулирует горячая вода из бассейна и передает теплоту холодной воде, поступающей от потребителя. Теплообменник необходим для обеспечения безопасности и исключения возможности попадания борной воды из бассейна выдержки в бак-резервуар и, в дальнейшем, потребителю.

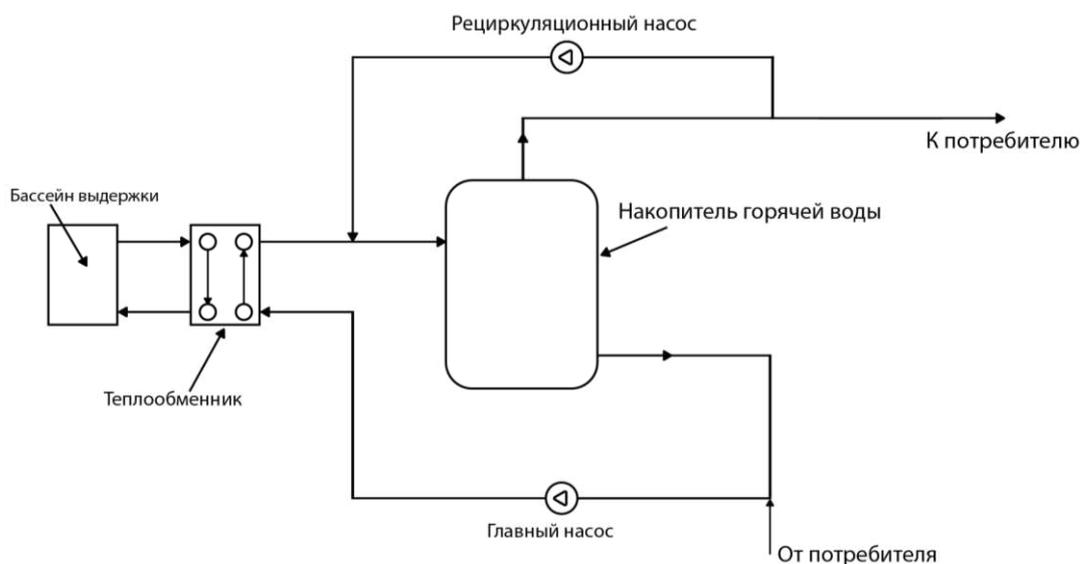


Рис. 1. Использование накопительного резервуара.

Во-вторых, ОТВС после извлечения из реактора имеют температуру порядка  $300^{\circ}\text{C}$  [4]. Такую температуру можно использовать для получения термической ЭДС благодаря эффекту Зеебека [5]. Нами была разработана схема питания насоса, который будет перекачивать воду в водонапорную башню в периоды уменьшения энергопотребления и расходовать ее в периоды повышения энергопотребления. В данном случае реализуется принцип работы гидроаккумулирующей электростанции. Пример авторской схемы представлен на рисунке 2. На схеме: 1 – бассейн выдержки; 2 – отработавшие тепловыделяющие сборки; 3 – термоэлектрические модули; 4 – блок аккумуляторных батарей; 5 – подъемный насос; 6, 7 – нижний и верхний резервуары соответственно; 8 – гидротурбина с генератором.

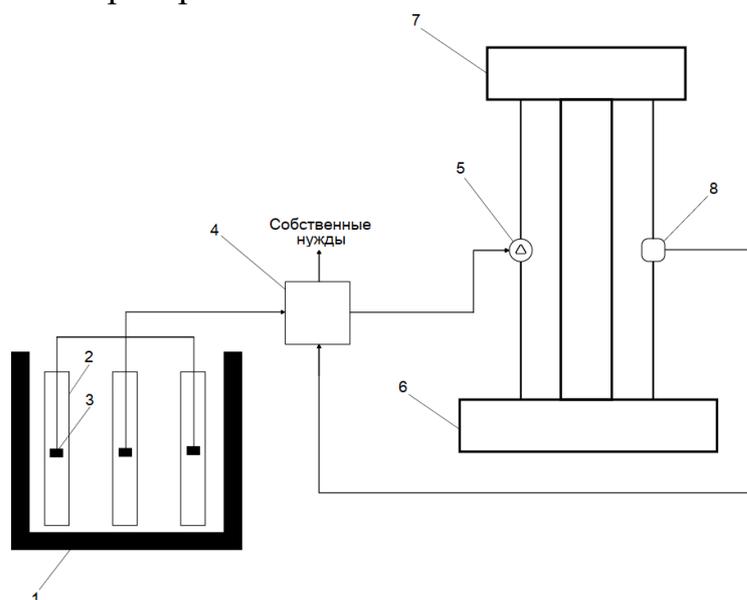


Рис. 2. Вариант использования термической ЭДС

Использование данных способов поможет накапливать и в дальнейшем использовать остаточную энергию ОТВС, что приведет к более эффективному использованию бассейна выдержки атомной электростанции.

### Источники

1. Как производится ядерное топливо // rosatom-easteurope.com: 2020. 14 мая. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosatom-easteurope.com/journalist/smi-about-industry/kak-proizvoditsya-yadernoe-toplivo/> (дата обращения: 21.10.2021).
2. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрушечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. М.: Логос, 2010. 171 с.
3. Jose I. LINARES, María M. CLEDERA. Sizing of thermal energy storage devices for micro-cogeneration systems for the supply of domestic hot water // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2014. Vol. 5. P. 37-43.
4. Патент РФ № 2017126650 от 26.07.2017.
5. Исследование эффективности электромембранного концентрирования солевого раствора в зависимости от напряженности электрического поля / Н. Д. Чичирова, А. А. Чичиров, И. А. Закиров [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 11-12. С. 89-93.

УДК 620.92

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аяз Радифович Шарипов<sup>1</sup>, Даниль Шамилевич Губайдулин<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Р. Вилданов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>aiazsha29@gmail.com, <sup>2</sup>gubajdulindanil082@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы традиционной энергетики, связанные с использованием водорода как энергоносителя и накопителя энергии. Описываются преимущества использования и условия эксплуатации данного вида топлива. Предоставлены результаты анализа по увеличению содержания используемого водорода на существующих газотурбинных установках. Выведено основное достоинство использования водорода для устранения существующей проблемы в энергетике.

**Ключевые слова:** водород, водородная энергетика, альтернативная энергетика, использование водорода.

## PERSPECTIVES OF HYDROGEN ENERGY

Ayaz R. Sharipov<sup>1</sup>, Danil S. Gubaidulin<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>aiazsha29@gmail.com, <sup>2</sup>gubajdulindanil082@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the prospects of traditional energy related to the use of hydrogen as an energy carrier and energy storage. The advantages of using and operating conditions of this type of fuel are described. The results of the analysis on increasing the content of hydrogen used in existing gas turbine plants are presented. The main advantage of using hydrogen to eliminate the existing problem in the energy sector is derived.

**Keywords:** Hydrogen, hydrogen energy, alternative energy, use of hydrogen.

Водородная энергетика – это новый технологический уклад, где водород играет роль накопителя энергии, энергоносителя и химического реагента в промышленности. Применение атомных технологий позволяет обеспечить экологически чистое производство водорода, в качестве сырьевых ресурсов используются вода и углеводороды.

Использование водорода в качестве основного энергоносителя приведет к созданию новой индустрии, где водород станет ключевым звеном. Изучение данной технологии является "шагом в будущее", когда от природного топлива в свою очередь придется отказаться вовсе или оно останется в малом количестве, альтернативные источники энергии не смогут стабильно покрывать потребности человека.

Этот альтернативный источник энергии не оставляет углеродного следа, не имеет негативного воздействия на окружающую среду, что характеризует его как экологичное топливо. Более того, у данного топлива содержание энергии на единицу массы выше, чем у любого органического топлива. При соединении водорода с кислородом в электрохимическом генераторе происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую с высоким коэффициентом полезного действия. Важным преимуществом водорода является его продукт горения – вода. Эти вышеперечисленные характеристики указывают на перспективность его использования [1, С. 154].

Суть атомно-водородной энергетики заключается в преобразовании воды с чистой ядерной энергии в водород и пресную воду. В настоящее время наиболее рентабельным способом производства водорода является паровая конверсия метана. Веским достоинством использования такого способа является его дешевизна, в сравнении, к примеру, с электролизом воды. Выбор технологии производства водорода зависит от стоимости природных углеводородов, и по мере увеличения их стоимости будет расти доля альтернативных источников энергии и, в первую очередь, ядерной энергетики [2, С. 413], [3, С. 10].

Ключевая технология, необходимая для масштабного использования водорода в газовой электроэнергетике, – водородная турбина. По оценке различных производителей, а также множества специалистов, на существующих газотурбинных установках можно увеличить долю водорода до 20 % в смеси его с природным газом без существенных изменений в конструкции. Следует отметить, что имеется положительный опыт испытания сверхмощной газовой турбины в работе на топливной смеси из природного газа (70 %) и водорода (30 %). Для сжигания топлива использовались горелки с вихревым перемешиванием. Благодаря водороду выбросы CO<sub>2</sub> сократились на 10 %, а выбросы оксидов азота «остались на удовлетворительном уровне» [4, С. 928].

Также к достоинству следует отнести тот факт, что использование водорода придает маневренность генерирующим энергоблокам. Это особенно важно в ночные часы. Стабильный режим производства электроэнергии является наиболее экономичным для АЭС, но энергопотребление зависит от времени суток: максимум около 12.00 и 20.00 и резкое снижение в ночное время. Изменение режима производства электроэнергии приводит к экономическим потерям и повышению аварийности агрегатов, и снижению ресурса работы агрегатов на ТЭС и АЭС. Избыточные мощности АЭС целесообразно использовать для выработки водорода. Водород, выработанный в ночные часы (когда потребление электроэнергии снижено) на АЭС можно сжигать на ТЭЦ в часы пиковых нагрузок [5].

Таким образом, водородная энергетика – это не только назревший переход к освоению нового экологически приемлемого источника энергии, но и стимул к достижению более эффективного использования традиционных видов топлива, повышения КПД используемых двигателей и обеспечения более высокой степени экологической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса и транспорта.

### **Источники**

1. Виноградов Д.В. Современное состояние водородной энергетики. Вопросы атомной науки и техники. 2006. № 1. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (15). С. 153–155.
2. Пономарев-Степной Н.Н. Атомно-водородная энергетика // Атомная энергия. 2004. Т. 96. В. 6. С. 412-425.
3. Легасов В.А., Пономарев-Степной Н.Н, Проценко А.Н. и др. Атомно-водородная энергетика (прогноз развития) // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Атомно-водородная энергетика». 1976. В. 1. С. 5-34.
4. Коровин Н.В. Водородные топливные элементы. Состояние и проблемы // Водородное материаловедение и химия углеродных материалов. 2003. С. 928-929.
5. Багоцкий В.С., Осетрова Н.В., Скундин А.М. Топливные элементы. Современное состояние и основные научно-технические проблемы // Fuel Cell Technology Update. February, 2002.

## СЕКЦИЯ 2. Промышленная теплоэнергетика. Эксплуатация и надежность энергоустановок и систем теплоснабжения

УДК 534.6

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДЕ

Тимербулат Радмирович Абдуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

perm1ss10n@yandex.ru

**Аннотация.** В работе представлен метод изучения колебательных процессов в трубопроводе с помощью разработанной и изготовленной экспериментальной установки.

**Ключевые слова:** колебания, неразрушающий контроль, диагностика, резонанс, вибродиагностика.

### EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR THE INVESTIGATION OF OSCILLATORY PROCESSES IN THE PIPELINE

Timerbulat R. Abdullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

perm1ss10n@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents a method for studying oscillatory processes in a pipeline using a developed and manufactured experimental setup.

**Keywords:** vibrations, non-destructive testing, diagnostics, resonance, vibration diagnostics.

С увеличением объёма производства и переходом к индустриальной эпохе основной задачей инженеров стало повышение качества и надёжности энергетических установок. Одним из важнейших элементов энергетических установок являются различные трубопроводы.

Если в трубопроводе дефект своевременно обнаруживаются и устраняются, то срок безотказной эксплуатации оборудования значительно увеличивается. Особенно важен контроль участков трубопроводов, находящихся в труднодоступных местах [1].

Перспективным представляется вибрационный метод контроля, относящийся к технической диагностике, цель которой – выявление возможностей и условий дальнейшей эксплуатации диагностируемого оборудования. Одной из основных причин скорого выхода из строя оборудования и арматуры являются различные вибрации [2].

При воздействии вибрации возникает колебательный процесс:

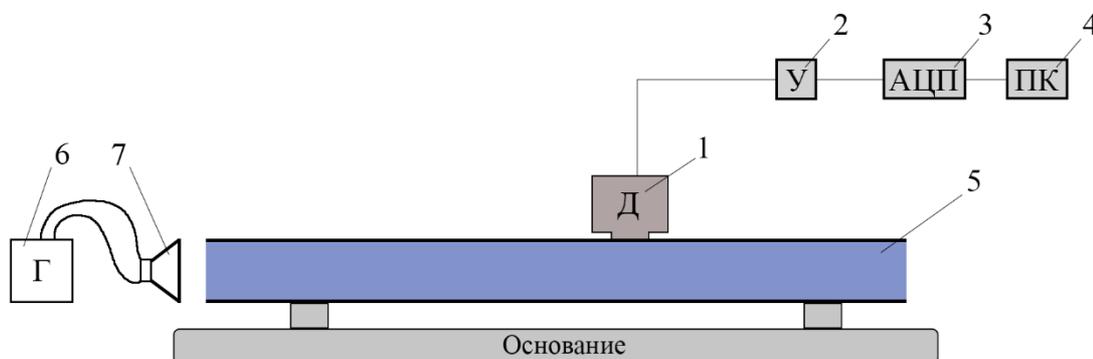
а) во внутреннем пространстве трубы – нормальные волны, соответствующие модам поперечного резонанса;

б) в стенке трубопровода – волны Лэмба нулевого порядка – продольная волна и волна сдвига, а также волны Лэмба ненулевого порядка, крутильные волны, которые экспоненциально быстро затухают.

В основе исследования колебательных процессов в трубопроводах лежит метод вибрационного контроля, который основан на измерении и анализе параметров виброакустического сигнала [3].

На рисунке показана экспериментальная установка для исследования колебательных процессов в трубопроводе.

Для проведения экспериментов используется прецизионный датчик KD-35a, прошедший калибровку [4]. Возбуждение колебаний в трубе производится с помощью акустического динамика, подключенного к генератору низкочастотных сигналов. Испытываемый трубопровод находится на одной оси с акустическим динамиком.



Экспериментальная установка. 1 – пьезоэлектрический датчик; 2 – усилитель сигнала; 3 – аналогово-цифровой преобразователь; 4 – персональный компьютер; 5 – исследуемая труба; 6 – генератор частот; 7 – акустический динамик

Перед проведением экспериментов исследуемый трубопровод плотно закрепляется на массивном основании, после этого подключается пьезодатчик к аналогово-цифровому преобразователю (АЦП) и к ПК. С помощью акустического динамика и генератора низких частот производится возбуждение колебаний в воздушном столбе трубопровода, которые вызывают колебания стенок трубопровода [5].

На стенку испытываемого трубопровода установлен плотно прилегающий пьезоэлектрический вибрационный датчик, сигналы с которого усиливаются и обрабатываются аналогово-цифровым преобразователем и выводятся на экране персонального компьютера в графическом виде. Далее определяются собственные частоты исследуемого трубопровода, при этом наиболее информативной частотой является частота с максимальной амплитудой. На этой частоте производится сканирование вибрационного сигнала на поверхности исследуемого трубопровода. Передвигая датчик на одинаковое расстояние, записываются показания амплитуды. Таким образом, строится вибрационное поле исследуемого трубопровода [6].

### Источники

1. Vankov Yu.V., Kondrat'ev A.E. Приборы и системы // Управление, контроль, диагностика. 2004. Т. 2. С. 45.

2. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. Применение вейвлет-анализа для определения дефектов подшипников качения // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2008. № 3. С. 29-31.

3. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). – С. 27.

4. Мукатдаров А.А. Методы калибровки пьезоэлектрических датчиков // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 34-36.

5. Зиганшин Ш. Г., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Кузнецов С.П. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1(57). С. 36-38.

6. Абдуллин Т.Р. Приборно-аппаратная реализация виброакустической диагностики // В сб.: Тинчуринские чтения–2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: междунар. мол. науч. конф. 2021. Т. 2. С. 80-82.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Азалия Азаматовна Азнабаева<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>aznabaz@yandex.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложена основная информация о геотермальной энергии Земли, являющейся альтернативным источником энергии. Представлены виды геотермальной энергии, методы преобразования геотермальной энергии в электрическую, преимущества ГеоТЭС.

**Ключевые слова:** геотермальная энергетика, метод преобразования, геотермальная электростанция, энергоснабжение.

## PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF GEOTHERMAL ENERGY

Azaliya A. Aznabaeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
aznabaz@yandex.ru

**Abstract.** The article contains main information about the Earth's geothermal energy, which is an alternative source of energy. The types of geothermal energy, methods of converting geothermal energy into electrical energy, the advantages of geothermal power plants are presented.

**Keywords:** geothermal energy, transformation method, geothermal power plant, power supply.

На сегодняшний день сотни ученых из разных стран находятся в поиске альтернативных источников энергии, одним из которых является геотермальная энергия Земли. Учитывая усиленное использование углеводородного топлива, геотермальная энергетика является перспективной разработкой. При этом эта энергия уже существует как теплота, и поэтому для её получения не требуется сжигать топливо и создавать реакторы. Инвестиции в эту сферу оправдают себя в ближайшие годы [1].

Геотермальная энергетика – альтернативный источник энергии, использующий возобновляемые ресурсы, источником которого является магма Земли. Магма раскалена до предела, поэтому запасы тепла практически неисчерпаемы. Геотермальные месторождения размещены в основном в районах недавнего вулканизма [2].

Геотермальная энергия бывает 5 типов: 1) нормальное поверхностное тепло Земли (глубина от десятков до сотен метров); 2) гидротермальные системы (резервуары горячей воды); 3) парогидротермальные системы (пароводяная смесь); 4) петрогеотермальные зоны (теплота сухих горных пород); 5) магма (расплавленные горные породы) [3].

Энергию тепла Земли можно добыть с помощью паровых или водяных скважин значительной глубины. Полученная энергия направляется на нагрев воды и прочих теплоносителей, которые запускают работу генераторных турбин для производства электроэнергии, либо в виде низкопотенциальной энергии для работы тепловых насосов [4].

Преобразование геотермальной энергии в электрическую энергию, в зависимости от температуры среды, делится на следующие методы: 1) прямой метод, который основан на использовании сухого пара; 2) непрямой метод, при котором используется водяной пар с температурой воды более 180 °С; 3) смешанный метод, который базируется на применении смеси воды с другими жидкостями. Основной задачей данного энергоснабжения является получение энергии из недр земли, которая обеспечивает выработку недорогого электричества [5].

Преимущества геотермальных электростанций:

1. Экологическая безопасность объектов при эксплуатации.
2. Исключительно высокие запасы мощности.
3. Невысокий уровень цен.
4. Низкие затраты на обслуживание геотермальных установок.
5. Неиссякаемые запасы энергии, которые не зависят от природных катаклизмов, сезонных изменений и прочих внешних факторов.
6. Бесперебойную работу ГеоТЭС в режиме 24/7.
7. Незначительную площадь территории постройки и запуска геотермальных станций.
8. Энергобезопасность и независимость.

По состоянию на 2019 г. в ряде стран Европы построены и запущены несколько станций суммарной мощностью около 75 МВт. Через пять лет указанный объем планируют довести до уровня в 17 ГВт. Основная ставка делается на Индонезию, Турцию, Кению и Филиппины, где разработка нового природного источника энергии ведется наиболее активно. Ученые предсказывают, что уже через несколько десятков лет геотермальная энергия составит 1/6 мирового энергоснабжения [6].

## Источники

1. Исмаилова Г.М., Кондратьев А.Е. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом // В мире науки и инноваций: сб. статей междуна. науч.-практ.конф. 2016. С. 86-88.

2. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

3. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Матер. VI Нац. науч.-практ. конф. 2020. С. 417-419.

4. Гатаулина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 160-162.

5. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 177-179.

6. Гатаулина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

УДК 62-67

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Артур Талгатович Акбуляков<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>,

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>1</sup>artur.akbulyakov@mail.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе будут рассмотрены тепловые насосы, принцип их работы и актуальность их применения в республике Татарстан.

**Ключевые слова:** тепловой насос, источник теплоснабжения, ГВС, тепловая энергия.

# APPLICATION OF A HEAT PUMP IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Artur T. Akbulyakov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
artur.akbulyakov@mail.ru

**Abstract.** This paper will consider heat pumps, the principle of their operation and the relevance of their application in the Republic of Tatarstan.

**Keywords:** heat pump, heat supply source, hot water, thermal energy.

Теплонасосная установка (ТНУ) – это аппарат, преобразующий тепло от низкопотенциального источника, в высокотемпературный теплоноситель, и передает ее в систему отопления и/или горячего водоснабжения.

В состав теплового насоса входят испаритель, конденсатор, компрессор и дроссель. Движущийся по трубопроводам, хладагент, имеющий низкую температуру кипения, проходит через два контура. В первом контуре он испаряется и сжимается, а во втором передает тепло и конденсируется, а избыточное давление после сжатия сбрасывается дросселем и цикл повторяется.

Тепловые насосы делятся на следующие типы:

- воздушные (тепло получают от наружного воздуха);
- «вода-вода» (тепло получают от грунтовых вод);
- «грунт-вода» (тепло получаю из грунта) [1].

Воздушные тепловые насосы могут быть двух вариантов «воздух-вода» и «воздух-воздух». В первом случае хладагент нагревается от наружного воздуха и передает свое тепло воде внутренней системы отопления и/или горячего водоснабжения (ГВС). Температура этой воды находится в диапазоне от 30 до 60 °С в зависимости от температуры наружного воздуха. Если температура снаружи ниже –15 °С, что для России не редкость, то работа ТНУ становится мало эффективной, поэтому в таких случаях необходимо иметь в резерве иной источник отопления, например электрический котел. Во втором же случае происходит нагрев воздуха внутри помещения для его обогрева. КПД в данном случае выше из-за отсутствия теплоносителя.

Тепловые насосы типа «грунт воды» в отличие от воздушных сложнее в установке. У них есть два варианта установки. Первый вариант использует большую площадь, но малую глубину (1,5–2 м), второй наоборот почти не занимает площадь, но требует пробурить скважину глубиной от 75 м, из-за чего он является более дорогим. Принцип работы такого теплового насоса заключается в прокачке теплоносителя (воды) под грунтом, где он будет нагреваться до определенной температуры, это, как правило, первый контур. После теплоноситель отдает тепло хладагенту, который впоследствии испаряется и далее конденсируется, передавая тепло воде внутренней системы отопления и/или ГВС.

Тепловые насосы типа «вода-вода» используют грунтовые воды, которые будут отдавать тепло хладагенту. Принцип работы отличается от предыдущего типа лишь тем, что вода в первом контуре либо нагревается от грунтовых вод, либо берётся оттуда [2].

Так как тепловые насосы типа «вода-вода» наиболее надежны, то далее будет рассмотрена возможность применения в республике Татарстан (РТ) именно таких насосов.

По данным последней переписи в Республике Татарстан 3113 населённых пунктов, в том числе 22 города, 18 посёлков городского типа и 3073 сельских населённых пункта. В большинстве представителей последней категории отопление производится не централизованным методом, то есть тепло в дома не поступает от котельной или ТЭЦ, а производится в каждом доме отдельно в индивидуальном тепловом пункте или в печи. Проведение газопровода либо не представляется возможным, либо является экономически не целесообразным. Но зачастую вблизи с ними протекают различные реки, от которых можно стабильно получать огромное количество тепловой энергии, при помощи теплового насоса [3].

Основной целью установки ТНУ является экономичность и экологичность тепловой энергии. Не последнее внимание следует обратить на термомодернизацию помещения, так как только это позволяет снизить нагрузку на отопление почти в 2 раза. В качестве отопительных приборов лучше всего подойдет теплый пол по всей отапливаемого помещения. Температура теплоносителя в теплом полу не превышает 40°C [4].

Применение теплового насоса обусловлено следующими его преимуществами:

– экономичность. Благодаря высокому КПД системы за каждый кВт затраченной электрической энергии можно получить 3-7 кВт тепловой энергии, что гораздо выше, чем у многих котлов;

– автономность. Установка функционирует автоматически без вмешательства человека;

- долговечность. Без капитального ремонта ТНУ может прослужить 15-30 лет;
- экологичность. Отсутствие вредных выбросов и побочных продуктов избавляет от необходимости их утилизировать;
- безопасность. В теплонасосной установке отсутствует горючее топливо, она работает без участия человека, а также выделяет угарный газ [5].

В заключении можно сказать, что применение теплового насоса в РТ имеет место быть, особенно в местах, где отсутствует централизованное теплоснабжение и невозможно или не целесообразно проведение газопровода.

### **Источники**

1. Акбуляков А.Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 5-6.
2. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 160-162.
3. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.
4. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 203-205.
5. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. № 2. С. 71-74.

УДК 631.171

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦЫ**

Светлана Валентиновна Андрианова  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
andrianova.svetlana2002@mail.ru

**Аннотация.** Измерения параметров климата в теплице с помощью различных датчиков могут быть использованы при создании благоприятных условий для выращивания различных культур. В статье показаны преимущества системы автоматизированного управления микроклиматом в теплицах. Показаны основные необходимые комплектующие для осуществления процесса автоматизации.

**Ключевые слова:** микроклимат, теплица, автоматическое управление, датчик.

# GREENHOUSE AUTOMATIC CLIMATE CONTROL SYSTEM

Svetlana V. Andrianova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
andrianova.svetlana2002@mail.ru

**Abstract.** Measurements of the climate parameters in the greenhouse using various sensors can be used to create favorable conditions for the cultivation of various plants. The article shows the advantages of an automated microclimate control system in greenhouses. The main necessary components for the implementation of the automation process are shown.

**Keywords:** microclimate, greenhouse, automatic control, sensor.

Проблема нехватки свежих овощей и фруктов остается актуальной во многих странах. Тепличное хозяйство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства, позволяющих решить эту проблему. Однако высокая стоимость монтажа и большие первоначальные затраты существенно тормозят темп внедрения тепличных хозяйств в слаборазвитых и развивающихся районах [1]. Поэтому актуальной задачей является разработка и внедрение доступных автоматизированных теплиц, пригодных для широкого круга населения.

Эффективное использование энергоресурсов и правильно выбранная технология поддержания микроклимата – основные составляющие, позволяющие существенно уменьшить себестоимость производимой продукции и повысить урожайность [2].

Система автоматизированного управления микроклиматом предназначена для управления системой полива, температурой воздуха и осветительными устройствами. Автоматизированная теплица способна осуществлять контроль над теплом, расходом воздуха и влажности, водой, светом и насекомыми [3]. Поддержание заданных параметров обеспечивается путем автоматического управления мощностью системы обогрева, положением форточек, пуском/остановкой вентиляторов и газогенераторов.

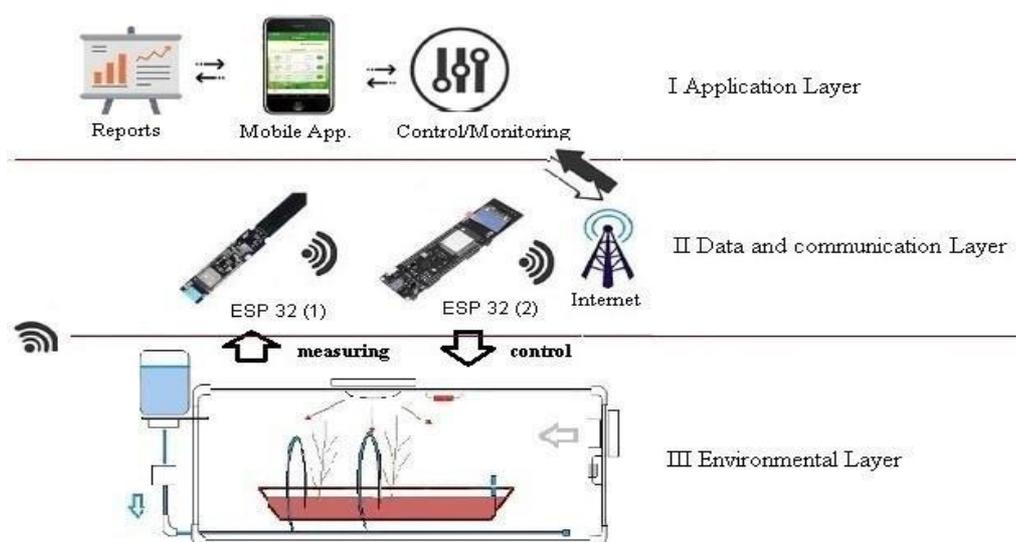
Для проведения сравнительного анализа методов автоматизации теплиц выделим несколько способов управления микроклиматом [4]:

1. Ручное управление.
2. Частичная автоматизация.
3. Полная автоматизация.

К основным проблемам ручного управления относят сложность отслеживания климатических изменений (влажности воздуха и почвы, её рН, освещенность и т.д.) и потребность в высококвалифицированном рабочем персонале [2].

К плюсам полной автоматизации относят повышение производительности теплицы, снижение энергопотребления и обеспечение персонала достоверной и своевременной технологической информацией.

Разработка эффективной интеллектуальной системы (см. рисунок) управления сельскохозяйственными процессами в теплице возможна на основе аппарата нечеткой логики и нейронных сетей [5].



Архитектура системы

Основными комплектующими автоматизированной теплицы являются: датчики контроля микроклимата внутри теплицы, датчики контроля системы автоматического полива, источники освещения и устройства вывода информации.

### Источники

1. Асанов М.М. Влияние положения пластин абсорбера на эффективность работы солнечного коллектора // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. 20(5-6): 37-45.
2. Хальясмаа А.И. Проблемы интерпретации результатов мониторинга состояния изоляции измерительных трансформаторов автоматизированными системами // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 12 № 4 (48): 3-10.
3. Ерохин М.С., Кудрявцев А.В. Автоматизированная теплица // ВКР. Екатеринбург, 2020.
4. Belgibaev B.A., Nikulin V.V., Umarov A.A. Designing smart greenhouses, satisfactory price-quality // Journal of Mathematics, Mechanics, Computer Science. 2020. №1 (105). С. 174–190.

5. Wang L.N., Wang B.R. Greenhouse microclimate environment adaptive control based on a wireless sensor network // Int. J. Agric & Biol. Eng. 2020. 13(3): 64-69.

УДК 332.055.2

## **ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ТОПЛИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АЭС**

Александр Николаевич Артемьев  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
artemev314@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы своевременного вывода на рынок новых конструкционных и топливных материалов ядерного назначения. Также предлагаются способы их решения.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, эксплуатация, энергоблок, ядерное топливо, термоядерные системы.

## **THE PROBLEM OF INTRODUCING NEW CONSTRUCTIONS AND FUEL MATERIALS AT NPP**

Alexander N. Artemev  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
artemev314@mail.ru

**Abstract.** The article discusses possible ways to increase the productivity and service life of nuclear power plants.

**Keywords:** nuclear power plant, operation, power unit, nuclear fuel, thermonuclear systems.

Увеличение срока эксплуатации действующих в данный момент атомных электростанций (АЭС) и продление топливной кампании является одной из самых важных тенденций современного развития в мировой атомной энергетике, а также наиболее эффективным направлением финансирования средств для сохранения генерирующих мощностей.

Под блоком АЭС понимается часть атомной электростанции в составе ядерной установки, пунктов хранения ядерных материалов, радиационных источников и радиоактивных веществ, а также хранилищ радиоактивных отходов [1].

Одна из проблем продления срока службы АЭС – нехватка времени на внедрение новых сплавов и введения нового вида топлива [1]. Разрабатывается большое количество перспективных материалов и топлив, которые не успевают пройти промышленную апробацию на существующих станциях.

Необходимо значительно ускорить внедрение новых ядерных материалов, чтобы своевременно удовлетворить потребности в них для передовых реакторов [2]. Текущий процесс открытия и разработки конструкционных материалов для ядерного применения по-прежнему требует значительных времени, усилий и затрат, требующих десятилетия (10-20 лет), для внедрения на рынок новых решений в области материалов [3].

В скором времени условия эксплуатации ядерных реакторов четвертого поколения предъявят значительные требования к их конструкционным материалам. Требования к материалам для термоядерных систем будут еще более высокими [4].

Топливо на основе тория также неуклонно вызывает интерес в ядерной сфере в связи с выгодным термическим и химическим свойствами и низким производством актинидов. Так же ожидается, что извлекаемые ториевые ресурсы мира в несколько раз больше, чем известные ресурсы урана, поэтому благодаря ториевому ядерному топливу атомная энергетика просуществует значительно дольше [5].

Таким образом, разработка передовых решений в области материалов и топлива, включая современные материалы и процессы, может значительно улучшить производительность электростанций и снизить количество отходов [6]. Однако внедрение новых материалов и производственных процессов на ядерный рынок потребует еще множества исследований, разработок, а также квалификации и лицензирования [7].

### **Источники**

1. Еременко И.К. Перспективы развития атомной энергетики в странах СНГ // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников XIII Междун. науч.-практ. конф. 2020. С. 60-63.

2. Ташлыков О.Л. АЭС. Продление ресурса и снятие с эксплуатации: учебник. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. С. 216.

3. Балакин Д.Ю., Кокорин В.Ю., Ташлыков О.Л. Продление срока эксплуатации энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-440 до 60 лет // Труды 3-й науч.-техн. Конф. молодых ученых Уральского энергетического института. 2018. С. 318-321.

4. Balbaud F., Cabet C., Cornet S., Dai Y., Gan J., Hernández M., Mayoral, Hernández R., Jianufl A., Malerba L., Maloy S.A., Marrow J., Ohtsuka S., Okubo N., Pouchon M.A., Puype A., Stergar E., Serrano M., Terentyev D., Weisenburger A. A NEA review on innovative structural materials solutions, including advanced manufacturing processes for nuclear applications based on technology readiness assessment // Nuclear Materials and Energy. 2021. Vol. 27. С. 13.

5. Gerardo Grandia, Lotfi Belblidia, Christian Jönsson BWR stability analyses with SIMULATE-3K benchmark against measured plant data // Progress in Nuclear Energy. 2011. Vol. 53. Issue 6. С. 583-592.

6. Ермолаев Д.В., Шамсутдинов Э.В., Мингалеева Г.Р. Исследование параметров работы реактора с твердым теплоносителем для термической переработки природных битумов // Вестник КГЭУ. 2017. № 3 (35). С. 64-75.

7. Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Оценка эффективности комбинирования АЭС с водородным комплексом в условиях безопасного использования водорода в паротурбинном цикле // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. № 23 (2). С. 56-69.

УДК 697.92

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ**

Тимур Радикович Асадуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Н. Валиев

ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

Timur1357@mail.ru

**Аннотация.** В тезисе рассматриваются решения, направленные на энергоэффективное использования приточно-вытяжных систем.

**Ключевые слова:** рекуперация, приточно-вытяжная система, вентиляция, теплоутилизация, эффективность.

# COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SUPPLY AND EXHAUST SYSTEMS

Timur R. Asadullin  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Timur1357@mail.ru

**Abstract.** The thesis discusses solutions aimed at energy efficient use of supply and exhaust systems.

**Keywords:** recuperation, supply and exhaust system, ventilation, heat recovery, efficiency.

Приточно-вытяжная вентиляция – это система, с помощью которой создаются благоприятные климатические условия в помещении [1, С. 73]. Использование таких систем актуально от 100 кв. м., где необходимо учитывать микроклимат. Такая система выполняет два условия: приток свежего воздуха и удаление отработанного.

В состав стандартной системы входит: воздушный клапан, решетка воздухозабора, фильтр, калорифер, вентилятор, шумоглушитель, система автоматики [2, С. 64]. В различных ситуациях учитываются доп. оборудования, которые позволяют получить большее КПД с одной установки. К примеру, рекуператоры. Рекуператоры бывают: пластинчатые, роторные, трубчатые. У всех задача одинаковая – повышение энергоэффективности установки [3, С. 50]. Принцип действия состоит в том, что вытяжной воздух из помещения попадает в рекуператор в котором происходит нагрев приточного воздуха за счет того, что вытяжной воздух имеет достаточно высокую температуру примерно +22 °С, а если это промышленное здание, где происходит большое тепловыделение, то может быть еще больше в зависимости от назначения предприятия [4, С. 103]. Наружный воздух, попадая в рекуператор, нагревается за счет того, что рекуператор изготовлен из материалов с высокой теплопроводностью, таких как: медь, латунь и различные сплавы из алюминия. Так же после рекуператора может быть установлен калорифер, который позволяет в холодное время года дополнительно нагреть приточный воздух до необходимых параметров. КПД у таких установок может составлять до 90 % в зависимости от различных факторов как: регион, в котором будет установлена система, температура вытяжного воздуха, дополнительные опции, с помощью которых можно так же повышать энергоэффективность.

У этих систем есть минусы, с которыми приходится работать. Стоимость оборудования значительно выше в сравнении с обычно приточно-вытяжными установками [5, С. 128]. Обслуживание рекуператор является ключевым фактором, при удалении вытяжного воздуха нужно учитывать фильтр, который будет удерживать в себе пыль, различные агрессивные составляющие, которые будут негативно сказываться на работе рекуператора. Обмерзание рекуператора может привести к его поломке. В случае охлаждения выходящего потока воздуха до отрицательных температур внутри рекуператора происходит переход конденсата в наледь, что вызывает сокращение живого сечения потока и, как следствие, уменьшение объема или полное прекращения вентиляции. Для периодического или разового размораживания рекуператора устанавливают байпас – обходной канал для движения приточного воздуха. При пропуске потока в обход устройства происходит прекращение теплоотдачи, нагрев теплообменника и переход наледи в жидкое состояние. Вода стекает в емкость сбора конденсата или происходит ее испарение наружу.

Мощность вентилятора необходимо выбирать с учетом пропускной способности устанавливаемых рекуператоров любых типов, которая в технической документации указана как рекомендуемая скорость потока или объем пропускаемого устройством воздуха за единицу времени. Как правило, допустимая скорость воздуха внутри устройства не превышает значения 2 м/с.

В противном случае на высоких скоростях в узких элементах рекуператора происходит резкий рост аэродинамического сопротивления. Это приводит к лишним затратам электроэнергии, неэффективному прогреву наружного воздуха и сокращения срока службы вентиляторов.

### **Источники**

1. Фокин С.В., Шпортько О.Н. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж и эксплуатация: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2016. 368 с.

2. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. М.: Стройиздат, 2013. 336 с.

3. Сайфуллин Э.Р., Ларионов В.М., Ваньков Ю.В. Численное моделирование стабилизации теплопроизводительности парового котла при сжигании попутного нефтяного газа // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т.21(3-4). С. 17-24.

4. Фокин С.В., Шпортько О.Н. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж и эксплуатация: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2016. 368 с.

5. Рыдалина Н.В., Аксенов Б.Г., Степанов О.А., Антонова Е.О. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т.12. №3(22). С. 17-24.

УДК 697.34:681.85

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ПРИ НАРУШЕНИИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

Римзил Шамилович Валиев

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Загретдинов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
rimzilvaliev@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлен способ неразрушающего контроля герметичности запорной арматуры. Предложен способ моделирования течения рабочей среды через затвор трубопроводной арматуры в программном комплексе ANSYS.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, виброакустический, запорная арматуры, герметичность.

## **MODELING OF THE WORKING MEDIUM FLOW IN CASE OF LEAK- TIGHTNESS OF THE VALVE OF THE PIPELINE VALVE**

Rimzil S. Valiev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
rimzilvaliev@yandex.ru

**Abstract.** The article presents a method of non-destructive testing of the tightness of shut-off valves. A method for modeling the flow of the working medium through the valve gate in the ANSYS software package is proposed.

**Keywords:** non-destructive testing, vibroacoustic, shut-off valves, tightness.

Трубопроводная арматура – важнейший элемент теплоэнергетических систем. Обеспечение исправного состояния арматуры необходимо для постоянного регулирования и распределения рабочей среды [1]. Устройство, которое обеспечивает герметичность при перекрытии потока рабочей среды – затвор запорной трубопроводной арматуры.

Для обеспечения надежности и работоспособности арматуры необходимо осуществлять контроль основного показателя её качества – герметичности [2]. Утечки в затворе арматуры не имеют внешних признаков, но их можно выявить с помощью анализа и регистрации виброакустических сигналов. Даже при небольшом перепаде давления малый размер течи через дефект затвора образует турбулентный поток рабочей среды.

Для моделирования простейших примеров потоков через арматуру можно воспользоваться программным комплексом ANSYS [3, 4]. Процесс построения происходит в несколько этапов:

1. В разделе Fluid Flow Geometry создаем два варианта геометрии: труба с постоянным диаметром и труба, имеющая разные диаметры.
2. В подразделе Mesh создается сетка исследуемого объекта. Для более точного расчета выбирается квадратичная сетка.
3. Для определения основных параметров используем Fluent Setup, в котором задаются условия расчета.
4. В Fluid Flow CFD-Post выводим результаты расчета в необходимом нам виде.

В данной задаче результатами являются изображения распределения скоростей в области модели. Из рис. 1 видно, что при отсутствии местного сопротивления (сужения) поток рабочей среды ламинарный во всей длине исследуемой части трубы.

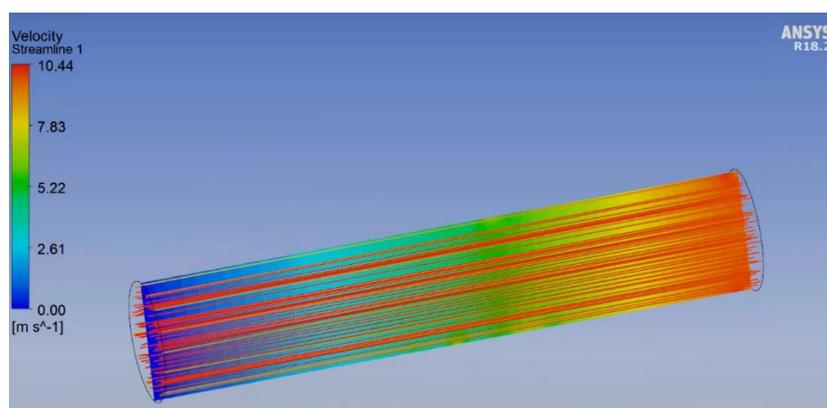


Рис. 1. Ламинарное течение рабочей среды

В модели трубы с сужением наблюдается завихрение потока, что обуславливает турбулентное течение рабочей среды (рис. 2).

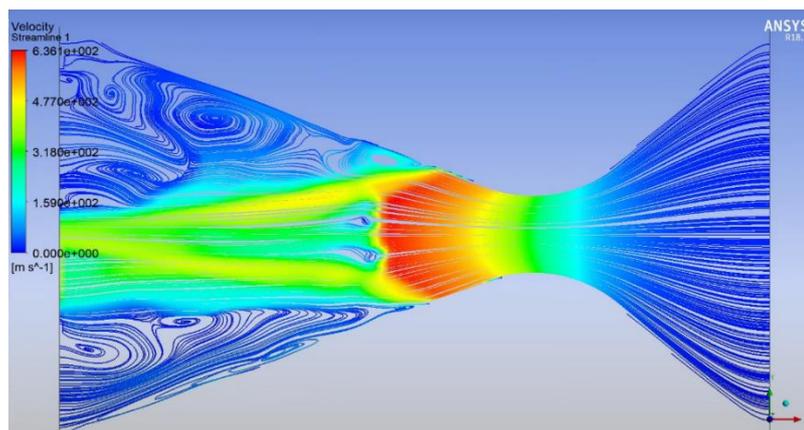


Рис. 2. Турбулентное течение рабочей среды

Расчеты в программном комплексе ANSYS позволяют визуализировать картину течения рабочей среды при нарушении герметичности затвора трубопроводной арматуры. Планируется использовать CFD – моделирование для интерпретации результатов экспериментальных исследований, представленных в статье [5].

### Источники

1. Виссарионова Е.К. Особенности применения методов виброакустической диагностики для анализа работоспособности арматуры газонефтепроводов // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования: Матер. VIII Междун. конф. 2019. С. 171-177.
2. Пиксаев В.Д. Проверка запорной арматуры на герметичность при помощи акустико-эмиссионного течеискателя // Аллея науки. 2017. Т. 3. № 10. С. 344-347.
3. Хайбуллина А.И., Ильин В.К. Повышение эффективности теплообмена в системах смазки насосно-силовых агрегатов // Вестник КГЭУ. 2016. № 3(31). С. 103-112.
4. Владимиров О.В., Загретдинов А.Р., Ившин И.В., Низамиев М.Ф. Исследование влияния дефектов на собственные частоты колебаний деталей энергетических установок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 5-6. С. 66-74.
5. Гильманова А.А. Контроль герметичности затвора трубопроводной арматуры по изменению показателя Хёрста виброакустических сигналов // Инновационные аспекты развития науки и техники. 2021. № 7. С. 11-15.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В ПРЕДИЗОЛИРОВАННЫХ ТРУБАХ

Камиль Ильмирович Валиуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Р. Вилданов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
valiullin99@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы оперативно-дистанционного контроля трубопроводов в пенополиуретановой изоляции.

**Ключевые слова:** оперативно-дистанционный контроль, система ОДК, пенополиуретановая изоляция.

## AUTOMATION OF OPERATIONAL REMOTE CONTROL SYSTEMS FOR PRE-INSULATED PIPES

Kamil I. Valiullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
valiullin99@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the issues of operational remote control of pipelines in polyurethane foam insulation.

**Keywords:** operational remote control, UEC system, polyurethane foam insulation.

В эксплуатации пульт дистанционного управления в системе (ОДК) предназначен для оценки текущего состояния полиуретана для изоляционного слоя изолированных трубопроводов и обнаруживается в зонах повышенной влажности изоляции [1].

К важным действиям системы ОДК включают:

- 1) высокоуровневую автоматизации нахождения скрытого процесса;
- 2) автономность;
- 3) места нахождения повреждения на скрытом месте;
- 4) надежность и защита системы от сбоев при любых условиях работы;
- 5) недорогие затраты на компоненты системы;
- 6) простота использования.

Для чего используется система ОДК:

1) вскрывать действующие места разгерметизации в большом количестве трубопроводов;

2) продолжает вскрывать разгерметизации – оболочки трубы [6].

Обновленные за это время две системы ОДК стали общими: первый принцип работы основан на законе Ома (с размещения участка повреждения (увлажнение теплоизоляции) определяется как отношение длины контролируемого трубопровода к расстоянию повреждения на промежутке длины), а второй принцип работы основан на отражении импульса (нахождение неоднородности волнового сопротивления в контрольных проводах). Неоднородность возникает при увлажнении теплоизоляции, но только при отделении сигнального провода [4].

Мы можем экстренно уведомить человека, который несёт ответственность лично перед рабочей группой в случае аварии, и он может получить уведомление для него удобном режиме (личный кабинет на веб-сайте объединенного диспетчерского пульта, по почте, сотовый телефон, диспетчерские службы и т.д.) [3].

Другие ситуации для рассмотрения также предоставляются в соответствии с графиком, согласованным у рабочей группы. В рабочей группе вам необходимо убедиться, что в помещении установлено оборудование, обеспечивающее бесперебойное питание и соответствующий уровень GSM-сигнала на месте установки в детекторе и удаленном GSM-контроллере (при необходимости используйте ретранслятор). Возможность полностью автоматизировать процесс оповещения о трубопроводах тепловых сетей в аварийных ситуациях, например, можно применить оборудование, которое может использоваться только для трубопроводов, оснащенных СОДК [2].

С внедрением и доставкой необходимой установки, для того, чтобы могли быть получены удаленные показания о состоянии трубопроводов в изоляции ППУ, позволит нам получать информацию, своевременно и надёжно, и даст повысить экономическую эффективность этого направления [5].

### **Источники**

1. Система оперативного дистанционного контроля [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tmb-spb.ru/sistema-odk> (дата обращения: 12.10.21).

2. Системы дистанционного контроля состояния ППУ трубопроводов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=60> (дата обращения: 17.10.21).

3. Оперативно-дистанционный контроль трубопроводов в ППУ-изоляции [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6162](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6162) (дата обращения: 12.10.21).

4. Система оперативного дистанционного контроля (ОДК) увлажнения изоляции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tvelteploross.ru/sistema-odk> (дата обращения: 12.09.21).

5. ООО «Термолайн». Альбом технических решений по проектированию систем оперативно-дистанционного контроля трубопроводов в пенополиуретановой изоляции. М., 2014.

6. Глухов Д.А., Хакимзянов Э.Ф., Титов Д.Е., Угаров Г.Г., Мустафин Р.Г. Анализ риска отказа линейной изоляции путем оценки поперечной проводимости воздушных линий электропередач по данным синхронизированных векторных измерений.// Вестник Казанского технологического университета. 2018. Том 20. №11-12. 34-45 с.

УДК: 621.577.42

## РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ ДОМА

Анастасия Руслановна Гаирбекова<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>[gairbekova.nastya@mail.ru](mailto:gairbekova.nastya@mail.ru), <sup>2</sup>[aekondr@mail.ru](mailto:aekondr@mail.ru)

**Аннотация.** В статье произведен расчет теплового насоса для отопления дома с применением вертикальной установки геотермального отопления, выполненной в виде зондов.

**Ключевые слова:** геотермальное отопление, тепловой насос, альтернативная энергетика.

## CALCULATION OF VERTICAL INSTALLATION OF GEOTHERMAL HEATING AT HOME

Anastasia R. Gairbekova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
[gaurbekova.nastya@mail.ru](mailto:gaurbekova.nastya@mail.ru)

**Abstract.** The article calculates a heat pump for heating a house using a vertical geothermal heating installation made in the form of probes.

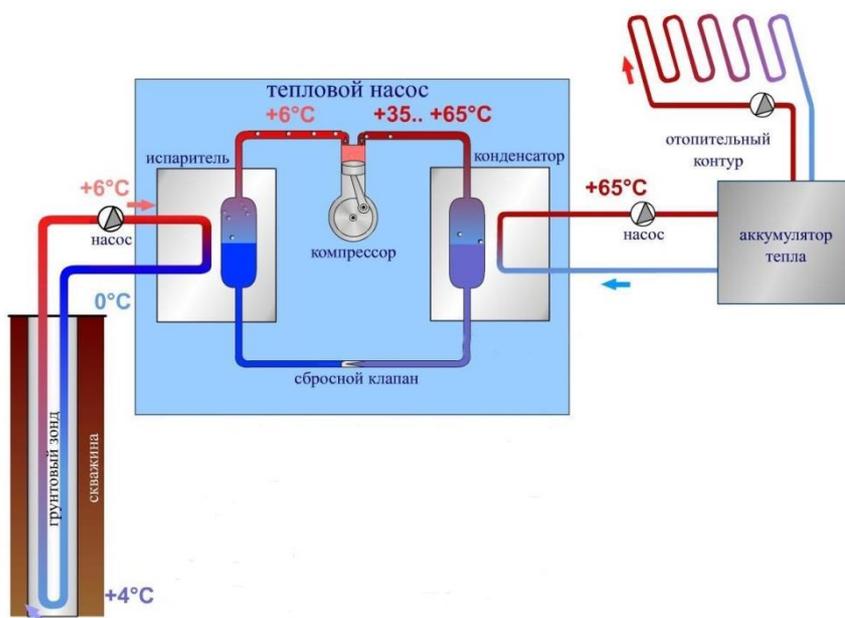
**Keywords:** geothermal heating, heat pump, alternative energy.

В настоящее время обеспечение нормальных жизненных условий является приоритетным направлением. В том случае, если использование бытового газа для отопления является невозможным, производится поиск других, альтернативных источников тепла. Одним из них является геотермальная энергетика [1].

Существует 3 способа монтажа геотермальной установки для отопления дома:

- вертикальный, когда требуется бурение нескольких скважин;
- горизонтальный, требующий выкапывания траншей ниже глубины промерзания, захватывая при этом довольно большой участок земли;
- подводный, при котором укладка проводится по дну ближайшего водоема [2].

Наиболее оптимальным из них является вертикальный способ (см. рисунок), поскольку для горизонтального способа требуется большой участок земли, а погружение теплообменника в водоем требует особого расположения домовладения – на расстоянии примерно в 100 м от водоёма, имеющего достаточную глубину и площадь не меньше 200 м<sup>2</sup> [3].



Устройство вертикальной установки геотермального отопления

Для устройства вертикального варианта системы проводится бурение двух или более скважин для установки внешних контуров отопления. В одну скважину устанавливается зонд с конденсатором, во вторую – с испарителем. Для эффективной работы отопления требуется бурение скважины на глубину от 50 до 200 м, где земля круглогодично имеет одинаковую и постоянную температуру 10–12 °С [4].

Подбор теплового насоса для системы отопления одноэтажного дома производится по параметрам дома: общая площадь  $150 \text{ м}^2$  с высотой потолка  $3 \text{ м}$  с применением теплоизоляционных конструкций стен. На обогрев  $1 \text{ м}^2$  такого объекта по общепринятым нормам необходимо тратить  $100 \text{ Вт}$  тепла. Эффективный отбор тепла при вертикальной установке достигает в среднем около  $50\text{--}55 \text{ Вт}$  на каждый метр теплообменника [5].

Таким образом, количество теплоты для обогрева дома должно составлять не менее  $7500 \text{ Вт}$ .

От геотермального источника также предполагается проведение водопровода с горячей водой, поэтому мощность теплового насоса требуется увеличить на  $15\text{--}20 \%$ .

Таким образом, для отопления и ГВС дома в Казани требуется выбирать тепловой насос мощностью от  $9 \text{ кВт}$ . Этим параметрам соответствует тепловой насос марки Cooper&Hunter Unitherm Monotype СН-НР10МІRМ с тепловой мощностью  $W = 10 \text{ кВт}$ . Компрессор агрегата потребляет  $N = 2,15 \text{ кВт}$  электроэнергии. Мощность коллектора в этом случае составит  $7,85 \text{ кВт}$ , для чего длина труб коллектора должна составлять  $160 \text{ метров}$ . Таким образом, для обустройства коллектора потребуется пробурить две скважины глубиной  $80 \text{ м}$ .

### Источники

1. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

2. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 160-162.

3. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Матер. VI Нац. науч.-практ. конф. 2020. С. 417-419.

4. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 177-179.

5. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Айгуль Артуровна Гарейшина<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ш.Г. Зиганшин<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
agareyshina@inbox.ru<sup>1</sup>, shz@list.ru<sup>2</sup>

**Аннотация.** В статье рассмотрены кожухотрубные и пластинчатые теплообменные аппараты, их преимущества и недостатки. Также выявлена экономическая эффективность замены кожухотрубного аппарата на пластинчатый.

**Ключевые слова:** кожухотрубный теплообменный аппарат, пластинчатый теплообменный аппарат.

## INCREASING THE EFFICIENCY OF CHP BY MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

Aigul A. Gareishina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
agareyshina@inbox.ru

**Abstract.** The article discusses shell-and-tube and plate heat exchangers, their advantages and disadvantages. Also, the economic efficiency of replacing a shell-and-tube apparatus with a lamellar one was revealed.

**Key words:** shell-and-tube heat exchanger, plate heat exchanger.

На протяжении долгого времени в системах теплоснабжения пользовались спросом кожухотрубные теплообменники. Данные аппараты характеризуются стойкостью к гидроударам, пониженным требованиям к чистоте сред, а также имеется ряд недостатков: низкий коэффициент теплопередачи, большие габариты и площади, требуемые для обслуживания, высокая цена из-за металлоемкости. Решение проблемы – модернизация теплообменного оборудования.

В настоящее время модернизируют кожухотрубные теплообменники, предоставляя вспомогательные преимущества по сравнению с пластинчатыми аналогами, но данные мероприятия не бюджетные. Аппараты оборудуют трубками с турбулизаторами потока. Данного способа добиваются путем накатки на внешней поверхности трубы кольцевых и винтообразных канавок, в свою очередь которые обеспечивают увеличение теплоотдачи в трубах [1, С. 72-78].

Выбор подходящей конструкции теплообменного аппарата осуществляется на основании сопоставления соответствующих технико-экономических показателей. Для уменьшения суммарных расходов на аппарат необходимо увеличить число труб и их длину в пучке, а также сократить диаметр, что приводит к уменьшению условной цены одного метра поверхности кожухотрубного теплообменника. Однако стоит помнить о том, что с увеличением количества трубок повышается вероятность нарушения плотности их крепления в трубной решетке, применение же труб меньшего диаметра осложняет очистку и повышает засоряемость [2, С. 30].

Кожухотрубные аппараты раз в год подвергаются прочистке, подкрашиванию. Также есть вероятность пропуска сырой воды в сетевую, тем самым ухудшая свойства теплоносителя. С экономической точки зрения имеется возможность снизить эксплуатационные затраты на ремонт.

На сегодняшний день стоимость ремонта варьируется от 40 тысяч рублей. В ремонт входит разборка, очистка, сборка, опрессовка. Однако этого можно избежать, если заменить действующий кожухотрубный теплообменник, на пластинчатый [3, С. 76].

О пластинчатых теплообменниках впервые заговорили в 90-х годах западные компании. Достоинствами пластинчатых теплообменников можно выделить – коэффициент полезного действия составляет 90–95 %, коэффициент теплопередачи больше в три раза, в сравнении с кожухотрубным, площадь, в свою очередь, в три раза меньше [4], при стоимости от 72 тыс. рублей.

По анализу действующих кожухотрубных теплообменников можно сделать вывод, что ремонт необходим раз в 3 года. Если переводить данную ситуацию в денежных эквивалент, то получаем стоимость ремонта  $40000 \cdot 3 = 120000$  (руб.). Если же установить новый теплообменный аппарат, то затраты, с учетом установки составят примерно 100000 руб. При этом изготовитель дает гарантию, что при поломке оборудования будет произведена замена [5].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что экономически целесообразно проводить модернизацию кожухотрубного теплообменного аппарата путем замены его на пластинчатый.

## Источники

1. Повышение эффективности теплообменных аппаратов паротурбинных установок за счет применения профильных витых трубок / Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков [и др.] // Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 72-78

2. Гнездилова А.И., Виноградова Ю.В. Конструктивный и прочностной расчет теплообменных аппаратов: учеб.-метод.е пособие. Вологда: ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2019. 85 с.

3. Расчет и проектирование теплообменников: учеб. пособие для вузов / А.Н. Остриков, И.Н. Болгова, Е.Ю. Желтоухова [и др.]. СПб.: Лань, 2021. 372 с.

4. Пластинчатые теплообменники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.holcom.ru/plastinchatye-teploobmenniki> (дата обращения 4.11.2021).

5. Сервис – Инвент-С [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://teplo-ek.ru/service.html> (дата обращения 30.10.2021).

УДК 620.179

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Елена Владимировна Гарнышова<sup>1</sup>, Евгения Вячеславовна Измайлова<sup>2</sup>

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Ю.В. Ваньков

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>[garnyshova@mail.ru](mailto:garnyshova@mail.ru), <sup>2</sup>[evgeniya-izmailova@yandex.ru](mailto:evgeniya-izmailova@yandex.ru)

**Аннотация.** Заращение коррозионно-накипными отложениями элементов инженерных сетей, в частности трубопроводных систем, является серьезной проблемой, для повышения энергосбережения и продления срока службы которых необходимо проводить их своевременный контроль и чистку. Для выявления зависимостей собственных частот колебаний изделия от толщины и плотности отложений были выполнены расчеты в программной среде ANSYS.

**Ключевые слова:** частотные характеристики, трубопроводные системы, коррозионно-накипные отложения, ANSYS.

# REGULARITIES OF CHANGES IN THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF ELEMENTS OF PIPELINE SYSTEMS

Elena V. Garnyshova<sup>1</sup>, Evgeniya V. Izmaylova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>garnyshova@mail.ru, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru

**Abstract.** The overgrowth of elements of engineering networks, in particular pipeline systems, with corrosion-scale deposits is a serious problem, in order to increase energy saving and prolong the service life of which it is necessary to carry out their timely monitoring and cleaning. Calculations were performed in the ANSYS software environment to identify the dependencies of the natural oscillation frequencies of the product on the thickness and density of deposits.

**Keywords:** frequency characteristics, pipeline systems, corrosion-scale deposits, ANSYS.

Инженерные сети, являющиеся основой инженерной инфраструктуры, в значительной мере определяют устойчивость развития как промышленных, так и социально-экономических территориальных образований. Надежность функционирования инженерных сетей, в частности трубопроводных систем, качество транспортировки ими технологических и энергетических продуктов в значительной мере зависит от процесса контроля их текущего состояния.

Наиболее распространенной причиной ухудшения качества работы трубопроводных систем являются коррозионно-накипные отложения [1]. На собственные частоты колебаний трубопроводных систем оказывает влияние, как толщина отложений, так и их плотность. Для выявления закономерностей изменения частотных характеристик элементов конструкций была построена их математическая модель колебаний. В качестве метода расчета выбран метод конечных элементов, который позволяет моделировать дефекты в деталях сложной формы, разные по величине и местоположению, при различных вариантах закрепления детали. Моделирование проводилось в программном комплексе ANSYS.

Ранее в исследованиях было выявлено, что с увеличением толщины отложений (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мм) частоты собственных колебаний изделия увеличиваются [2, 3].

В качестве отложений были взяты разные виды оксидов с плотностями: оксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ) – 2,65 г/см<sup>3</sup>, оксид кальция ( $\text{CaO}$ ) – 3,37 г/см<sup>3</sup>, оксид магния ( $\text{MgO}$ ) – 3,58 г/см<sup>3</sup>, оксид железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – 7,8 г/см<sup>3</sup>.

В таблице приведены результаты расчета частот колебаний изделия с разными видами оксидов в ANSYS [4, 5].

Результаты расчета некоторых частот колебаний изделия с разными видами оксидов

| № моды | Частота (Гц)     |        |        |                                |
|--------|------------------|--------|--------|--------------------------------|
|        | SiO <sub>2</sub> | CaO    | MgO    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 1      | 90,263           | 97,293 | 114,34 | 266,87                         |
| 15     | 1630,1           | 1754,9 | 2067,6 | 4825,6                         |
| 30     | 3104,5           | 3340,2 | 3934,9 | 9198,8                         |
| 55     | 5780,8           | 6214   | 7301,9 | 17157                          |
| 80     | 8521,3           | 9089   | 10540  | 25184                          |
| 95     | 10301            | 10962  | 12618  | 30420                          |

На рисунке показаны графики зависимости плотности отложений от собственных частот колебаний изделия, где 1 – оксид железа, 2 – оксид магния, 3 – оксид кальция, 4 – оксид кремния.

По полученным данным видно, что с увеличением плотности отложений увеличиваются собственные частоты колебаний изделия (см. рисунок).

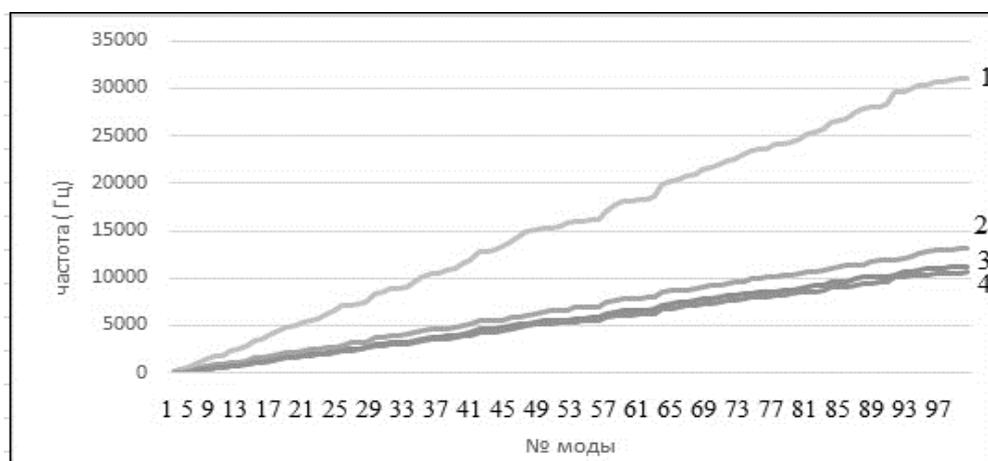


График зависимости плотности отложений от собственных частот колебаний

Своевременный контроль инженерных сетей, в частности трубопроводных систем, выявление коррозионно-накипных отложений и их чистка [6], позволяет повысить энергоэффективность, продлить срок службы.

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

### Источники

1. Чикунова Е.В., Измайлова Е.В. Метод свободных колебаний для определения коррозии в трубопроводных системах // Материалы конф. «Тинчуринские чтения–2020. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 156-159.

2. Izmailova E.V., Garnyshova E.V., Kazakov R. B., Serov V.V. Determination of the sediment thickness on the heat-exchange surfaces by free vibration method // Smart Energy System – 2019. E3S Web of Conferences 124, 05069 (2019).

3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 4. С. 106-114.

4. Соловьев Д.В., Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В. Конечно-элементное моделирование системы акустического контроля теплообменников // Матер. III Международ. конф. «Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии». Альметьевск: АГНИ, 2018. С. 436-439.

5. Измайлова Е.В., Соловьев Д.В. Использование ANSYS для оценки состояния теплообменного оборудования // Матер. VII Междун. конф. «ЭНЕРГИЯ-2020». Т. 1. С. 119.

6. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В. Контроль толщины отложений теплообменного оборудования и способы его очистки // Матер. XIV Междун. конф. «ЭНЕРГИЯ-2019». 2019. Т. 1. С. 71.

УДК 62-762.65

## ПРИМЕНЕНИЕ СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ В УСЛОВИЯХ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Шохрух Нурмахмадович Гуломалиев

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Ю.В. Ваньков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

shohrukh.gulomaliev@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены методики многослойных сильфонных элементов для трубопроводных систем криогенной техники. Предельные состояния проанализированы по общей и местной потере устойчивости сильфонных компенсаторов. Слои сильфонных элементов изготовлены из различных материалов и сочетанием слоев.

**Ключевые слова:** сильфон, сильфонные компенсаторы, теплоснабжение, тепловые потери, трубопроводы.

# APPLICATIONS OF BELLOWS EXPANSION JOINTS AT CRYOGENIC TEMPERATURES

Shokhrukh N. Gulomaliev  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
shohrukh.gulomaliev@mail.ru

**Abstract.** Methods of multilayer bellows elements for pipelinesystems of cryogenic engineering are considered. Limit states and stability of bellows expansion joints are applied for general and local losses. Layers of bellows elements are made of various materials and a combination of layers.

**Keywords:** bellows, bellowsные expansion joints, heat supply, heatlosses, pipelines.

При транспортировке криогенных продуктов в трубопроводных системах, необходимо применять компенсирующие устройства в виде сильфонов, а именно сильфонные элементы, с целью компенсации термических искажений. Криогенная температура – это температура ниже 120 К (–153 °С) [1] Таким образом, термические искажения стабилизируются компенсирующими гибкими элементами [2].

Показатель циклов изменений температур, а следовательно, термических деформаций может быть довольно большим. Поэтому применение различных сталей и сплавов становится недопустимым из-за их хладноломкости.

В данном случае применяются сильфоны, с параметрами рабочей среды максимально допустимых состояний многослойных сильфонных компенсаторов с внутренними диаметрами  $D_y$  36,  $D_y$  56,  $D_y$  92, где  $D_y$  – внутренний диаметр в мм.

Условия эксплуатации сильфонных компенсаторов приведены в таблице [3].

Параметры рабочей среды

| Типоразмер компенсатора | Температура рабочей среды, К | Давление рабочей среды, кгс/см | Угол изгиба, $\gamma$ , град |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| $D_y$ 36                | 24                           | 0,2                            | $\pm 8$                      |
| $D_y$ 56                | 20                           | 5,5                            | $\pm 8$                      |
| $D_y$ 92                | 77                           | 3,0                            | $\pm 8$                      |

По показателям рабочей среды из таблицы 1 для изготовления выдавливающих сильфонов и деталей конечной арматуры были выбраны сталь 12X18Н10Т и алюминий–магниевый сплав АМгб, как наиболее пригодные в криогенной технике [3].

В криогенной технике существует три группы качественного решения для задачи теории сильфонового полуцикла [4]:

1. Применяется уравнения равновесия элемента сильфона.
2. Уравнения соотношения связи смещений и деформаций срединной поверхности сильфона.
3. Уравнения связи напряжений и деформаций, представленной в (1).

$$E + A = B \quad (1)$$

где  $E$  – матрица коэффициентов;  $A$  – матрица деформаций;  $B$  – матрица усилий.

Анализ конкретных условий для применения сильфонных компенсаторов в условиях криогенных температур позволил установить, что важными критериями являются:

1. Число циклов до разрушения.
2. Давление общей потери устойчивости (прогиб оси сильфона).
3. Давление в местной потере устойчивости пластической деформации.
4. Отклонения, вызываемые потоком рабочей среды.

### **Источники**

1. НИР. Исследование влияния технологической наследственности на геометрические характеристики и малоцикловую прочность сильфонных компенсаторов: отчет о науч. иссл. работе. Договор №891 между ИМАШ АН СССР и Уф НИИД. М., 1989.

2. Кошелев П.Ф. Механические свойства материалов для криогенной техники. М.: Машиностроение, 1971. 282 с.

3. Виноградова А.С., Сибилев М.Г., Жилина Т.С. Применение сильфонных компенсаторов на трубопроводах при обустройстве кустов скважин // Молодой ученый. 2017. №7. С. 40-46.

4. Ковалев В.И. Сильфонные металлические компенсаторы. М., 2008. 63 с.

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ С УСТАНОВЛЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТЬЮ 16 МВт

Евгений Борисович Данов<sup>1</sup>, Радик Нурттинович Валиев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>mazanna1975@yandex.ru, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен режим работы тепловых сетей от блочно-модульной котельной с установленной тепловой мощностью 16 МВт с использованием программно-расчётного комплекса ZuluThermo.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, блочно-модульная котельная, тепловые сети, наладка, моделирование, ZuluThermo.

## ANALYSIS OF THE OPERATION OF HEATING NETWORKS FROM A BLOCK-MODULAR BOILER HOUSE WITH INSTALLED THERMAL CAPACITY OF 16 MW

Evgeny B. Danov<sup>1</sup>, Radik N. Valiev<sup>2</sup>  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>mazanna1975@yandex.ru, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

**Abstract.** The article considers the mode of operation of heating networks from a block-modular boiler house with an installed thermal capacity of 16 MW using the ZuluThermo software and calculation complex.

**Keywords:** heat supply system, block-modular boiler house, heat networks, adjustment, modelling, ZuluThermo.

Блочно-модульные котельные (БМК) являются одним из рациональных решений вопросов систем автономного теплоснабжения [1]. В случае если от БМК подключено несколько потребителей, то данное подключение выполняется посредством наружных тепловых сетей. В процессе эксплуатации котельной количество потребителей от данной БМК может меняться как в большую, так и в меньшую сторону.

Ввиду отсутствия смесительных устройств на вводе потребителей для снижения температуры в подающем трубопроводе, может возникнуть процесс перетопа (когда на объект температура больше установленной температуры) или наоборот недотопа (когда температура в помещении меньше установленной температуры). В таких помещениях регулировка температуры производится количественным методом, путем уменьшения расхода теплоносителя на каждого потребителя путем установки дроссельных шайб [2]. Основной задачей при эксплуатации наружных тепловых сетей обеспечения выдерживании температурного графика и расхода теплоносителя на входе в каждое здание [3].

Тепловые сети: водяные двухтрубные. Регулирование тепловой нагрузки: по температурному графику 115/70 °С без срезки. Подключение потребителей теплоты на абонентских вводах: зависимое и независимое.

Одним из эффективных способов наладки наружных тепловых сетей является применение программно-расчетного комплекса ZuluThermo [4].

Моделирование режимов работы выполнено в программно-расчетном комплексе (ПРК) ZuluThermo [5]. В процессе выполнения работы была составлена схема наружных тепловых сетей и определены расчетные нагрузки потребителей от данной БМК. В результате выполнения работы были получены следующие результаты, выполнен наладочный расчет, для получения расчетных значений дроссельных устройств с целью получения расчетных значений расхода теплоносителя и исключения перетопов в теплые дни и недотопов в пиковые дни отрицательных температур. Получены результаты, на основании которых можно сделать выводы, что на некоторых участках конечных потребителей недостаточно располагаемого напора. Предложены мероприятия по увеличению давления в подающем трубопроводе для увеличения располагаемого напора на источнике и тем самым обеспечение потребителей необходимым расчетным значением на вводе. На основании расчетов определены участки тепловой сети, предлагаемые к перекладке с увеличением диаметра, а также с уменьшением диаметра. По результатам расчетов приведены пьезометрические графики до и после наладки по дальним участкам тепловых сетей.

Наладка позволила уменьшить потери давления в тепловых сетях и увеличить располагаемый перепад давления на абонентских вводах, абоненты получили требуемое количество тепловой энергии, температура внутреннего воздуха помещений соответствует нормам.

### Источники

1. Лукьянов М.Ю., Земляков А.С., Куликов К.К. Применение блочно-модульных котельных в системах теплоснабжения и их преимущества // Инновационная наука. 2015. №12-2. С. 92-94.
2. Байков И.Р., Смородова О.А. Разработка математических моделей гидравлических и тепловых режимов тепловых сетей: учеб пособие. Уфа: УГНТУ. 2015. №1. С. 80.
3. Смородова О.В. Метод повышения эффективности системы теплоснабжения: Наладка тепловых сетей // Инновационная наука. 2016. №8-2. С. 93-96.
4. Трунов Д.А. Анализ исследования гидравлических режимов тепловых сетей // Матер. междуна. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2020. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 140-142.
5. Глухов С.В., Чичерин С.В. Методика оптимизации распределительной тепловой сети // Вестник Чувашского университета. 2017. №3.

УДК 621.564.2:621.577

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА R744 ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ

Руслан Радикович Даутов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
gluza.dautova@ya.ru

**Аннотация.** В работе представлен обзор самых последних исследований в области развития высокотемпературных тепловых насосов на диоксиде углерода, используемых для отопления жилых зданий.

**Ключевые слова:** тепловой насос, диоксид углерода, транскритический процесс.

## PROSPECTS FOR THE USE OF HIGH-TEMPERATURE HEAT PUMPS ON R744 FOR HEATING

Ruslan R. Dautov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
gluza.dautova@ya.ru

**Abstract.** This paper provides an overview of the most recent research in the development of high-temperature carbon dioxide heat pumps used for heating residential buildings.

**Keywords:** heat pump, carbon dioxide, transcritical process.

Тепловой насос (ТН) является одним из самых энергоэффективных устройств, относящимся к способам альтернативного теплоснабжения жилых зданий [1].

Вредное воздействие на экологию хлорфторуглеродов (CFC) и гидрофторуглеродов (HFC) – традиционных хладагентов тепловых насосов, становится причиной перехода на другие более новые хладагенты. Одним из таких является углекислый газ (R744). Из его преимуществ в качестве хладагента можно выделить низкий потенциал глобального потепления, отсутствие разрушающего воздействия озонового слоя. Кроме того, среди природных хладагентов диоксид углерода является одним из немногих нетоксичных, а обилие углекислого газа в окружающей среде делает его выгодным [2].

Производительность тепловых насосов на диоксиде углерода зависит от компонентов системы в целом. Хотя и взаимозависимость между компонентами не позволяет улучшать каждый компонент в отдельности, необходимо предпринять усилия для улучшения их конструкции и оценки полезного воздействия каждого из них в общую производительность теплового насоса.

В настоящее время для улучшения производительности тепловых насосов на R744, проводятся такие исследования как разработка новых конструкций теплообменников, расширительных устройств и компрессоров для транскритического цикла диоксида углерода [3].

В транскритическом цикле охлаждение газа происходит в сверхкритическом состоянии, а при сжатии пара цикла отвод тепла происходит в докритической области за счет фазового перехода. Когда диоксид углерода в виде пара сжимается за пределы при критическом давлении, он может обеспечить гораздо более высокий отвод тепловой энергии за счет охлаждения. В транскритических циклах поглощение тепла происходит ниже критической температуры, и, следовательно, давление остается докритическим [4].

Во время процесса отвода тепла диоксид углерода меняет свою фазу при постоянной температуре в докритических циклах, тогда как в транскритических циклах его температура непрерывно снижается на протяжении всего процесса без фазового перехода.

Гибридная система отопления с помощью теплового насоса совместно с солнечной батареей может увеличить коэффициент трансформации COP (Coefficient of Performance) до 10 и снизить потребление электроэнергии до 50 %.

Из основных недостатков транскритических ТН, работающих на углекислом газе, можно выделить потери на дросселирование перегретого пара, что приводит к уменьшению КПД. Большая разница давлений делает возможным использование расширительных устройств в транскритическом цикле, что позволит частично скомпенсировать теплотери на дросселирование в транскритическом цикле диоксида углерода. Энергоэффективность тепловых насосов на диоксиде углерода также может быть улучшена за счет использования двухступенчатой системы двойного дросселирования [5].

Для снижения потерь паровой смеси в мировой практике были проведены исследования по внедрению многоступенчатого компрессора с промежуточным впрыском газа в теплонасосную установку. Двухступенчатый транскритический цикл с использованием поршневого компрессора является новой перспективной технологией.

Высокая эффективность ТН на диоксиде углерода даже в холодных погодных условиях и их способность обеспечивать высокие температуры горячей воды сделало их одной из самых перспективных технологий для отопления жилых зданий. При помощи данного агрегата можно нагреть воду до 90 °С [6].

В будущем ожидается, что тепловой насос на диоксиде углерода станет достойной альтернативой традиционным источникам тепловой энергии. На это должны повлиять низкая стоимость, высокая производительность и положительное воздействие на окружающую среду.

### **Источники**

1. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.

2. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. № 2. С. 71-74.

3. Гафуров Ш.Д. Перспективы применения углекислого газа в холодильных машинах // Молодой ученый. 2017. № 7 (141). С. 46-48.

4. Мотрев А.А., Цветков О.Б. Тепловые насосы на диоксиде углерода // Сб. научных работ молодых ученых по материалам XLV науч. и учеб.-метод. конф. университета ИТМО 02-06 февраля 2016. С. 291-294.

5. Шит М.Л., Журавлев А.А. Система теплоснабжения «ТЭЦ-тепловые насосы на диоксиде углерода» // Сб. науч. трудов по матер. XVIII Междун. науч.-техн. онлайн-конф. «Актуальные проблемы энергетики и экологии» 29-30 сентября 2020. С. 60-64.

6. Jaedeok Ko, Nobuo Takata, Kyaw Thu, Takahiko Miyazaki Dynamic Modeling and Validation of a Carbon Dioxide Heat Pump System // Evergreen Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy, Vol. 07, Issue 02, Japan: 2020. Pp 172-194.

УДК 539.3

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ ТРУБЕ

Амил Ахлиманович Ибадов<sup>1</sup>, Данил Евгеньевич Козин<sup>2</sup>, Диана Веняминовна Сергеева<sup>3</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>amil-i@mail.ru, <sup>2</sup>kozin5207@gmail.com, <sup>3</sup>diana\_ag@mail.ru

**Аннотация.** В целях осуществления задач необходимости повышения безопасности и надежности эксплуатации энергетических трубопроводов, срока их службы используются известные методы неразрушающего контроля цилиндрических объектов, основывающиеся на технических решениях [1], отраженных в патентной литературе последних лет.

**Ключевые слова:** модель, дефект, контроль, волны Лэмба, трубопровод.

## ANALYSIS OF THE RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE PROPAGATION IN A FIBERGLASS PIPE

Amil A. Ibadov<sup>1</sup>, Danil E. Kozin<sup>2</sup>, Diana V. Sergeeva<sup>3</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>amil-i@mail.ru, <sup>2</sup>kozin5207@gmail.com, <sup>3</sup>diana\_ag@mail.ru

**Abstract.** In order to fulfill the tasks of the need to increase the safety and reliability of the operation of energy pipelines, their service life the well-known methods of non-destructive testing of cylindrical objects are used, based on technical solutions reflected in the patent literature of recent years.

**Keywords:** model, defect, monitoring, Lamb waves, pipeline.

Стеклопластиковые трубы – это многослойные изделия, которые отличаются высокой прочностью, отличными гидравлическими характеристиками и стойкостью к коррозии. Для их производства используют полиэфирную смолу и песок, который формирует толщину. Трубы из стеклопластика – это отличная альтернатива железобетонным, стальным и чугунным аналогам.

Материал труб отвечает всем требованиям, установленным для магистральных трубопроводов высокого давления. Изделия широко востребованы в сфере жилищно-коммунального хозяйства, благодаря работоспособности при высоких температурах (до 150 °С) Они также применяются в металлургической, химической отрасли, энергетике, медицине, геофизике [2].

При подборе стеклопластиковых труб стоит учитывать ряд простых рекомендаций: на трубах не должно быть дефектов и деформаций, поверхность гладкая и ровная, края без расслоений и трещин.

В целях диагностики наличия дефектов авторами проведены эксперименты путем возбуждения и регистрации виброакустических волн на стеклопластиковой трубе.

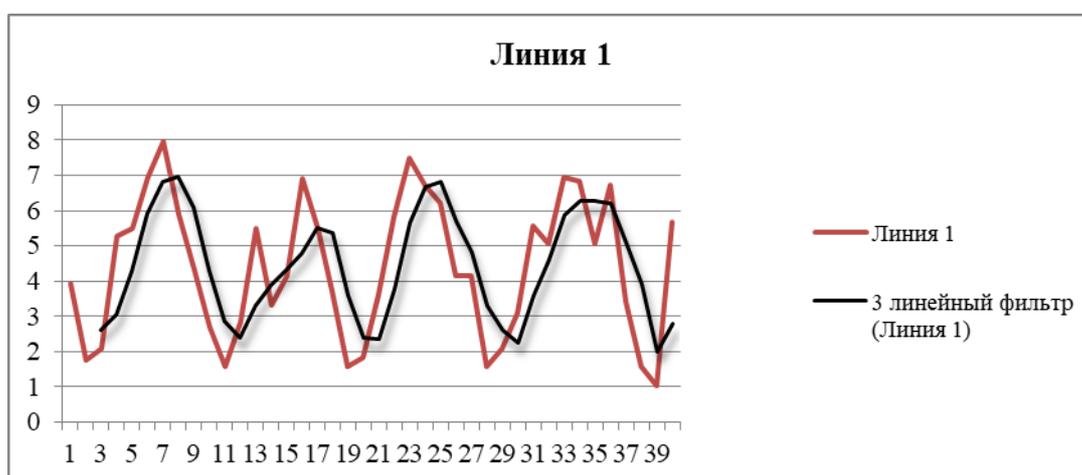
Основой для анализа при виброакустическом методе выступили параметры виброакустического сигнала, которые выражены меняющимися во времени физическими величинами (перемещения волны, скорости, ускорения, частоты и амплитуды). Состояние исследуемого объекта составлялось исходя из полученных характеристик виброакустического сигнала, который несет в себе необходимую информацию [3]. Для взаимосвязи технического состояния исследуемого объекта и полученной информации виброакустического сигнала была составлена аналитическая модель процессов диагностики и построены графические изображения распространения волн на куске исследуемого объекта.

Экспериментальная установка основана на примере метода неразрушающего контроля заглубленных трубопроводов, имеющего номер № 2482515 патента на изобретение [4]. Однако имела ряд изменений: генерация виброакустических волн происходила за счет генератора, расположенного внутри объекта и использовался один чувствительный элемент (пьезодатчик).

Результаты регистрировались двухканальным осциллографом и выводились на персональном компьютере в программе Multi VirAnalyzer.

Данная программа позволяет запускать и закрывать соответствующие каналы осциллографа, задавать значение пробника, производить калибровку смещения и амплитуды осциллографа и т.д.

Эксперимент подразумевал замер значений амплитуды смещения при заданной частоте волны 5,072 кГц по линии поверхности стеклопластиковой трубы. Результаты замеров были усреднены и для изображения значений эксперимента построены полиномиальные линии тренда, которые подразумевают собой изогнутую линию при колебании данных (см. рисунок).



Пример результатов эксперимента на линии исследуемого объекта

Результатами эксперимента являются 16 графических изображений синусоидальных виброакустических волны Лэмба [5], распространяющихся в бездефектной стеклопластиковой трубе, сравнение которых с результатами амплитуд смещения волн в других трубопроводах данного типа и диаметра, отклоняющихся от нормали, будет свидетельствовать о наличии дефектов.

### Источники

1. Гапоненко С.О., Ибадов А.А., Кондратьев А.Е. [и др.] Способ локализации несанкционированной потери рабочей среды в трубопроводе на основе амплитудно-временного анализа и корреляции виброакустических сигналов. Патент РФ на изобретение № 2754244 30.08.2021 Бюл. № 25.

2. Ibadov A.A., Kondrat'ev A.E., Makueva D.A., et al. Investigation of the relationship between the Lamb waves phase velocity and the technical condition of housing and utilities pipelines // E3S Web of Conferences: 2020 Rudenko International Conference on Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems, 2020. P. 1080.

3. Ибадов, А.А., Макуева Д.А. Методика определения распространения упругих волн Лэмба в заглубленных трубопроводах // В сб.: XIV междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2019. Т. 2. С. 113-116.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7-8. С. 123-129.

5. Ибадов А.А., Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Метод локализации повреждений трубопроводов, основанный на преобразовании мод волн Лэмба // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Междун. науч. конф. Сумгаит. 2020. С. 263-265.

УДК: 662.6

## СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Данила Валерьевич Иванов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ivanovdanila562@gmail.com

**Аннотация.** Развитие способов хранения мусорных отходов с последующим их применением.

**Ключевые слова:** биогазовая энергетика, свалочной газ, экология, альтернативные источники энергии.

## BIOGAS STORAGE METHODS

Danila V. Ivanov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ivanovdanila562@gmail.com

**Abstract.** Development of methods for storing garbage with their subsequent use.

**Key words:** biogas energy, landfill gas, ecology, alternative energy sources.

Биогазовая энергетика растет неуклонными темпами каждый год, поэтому появляются новые вопросы и решения для более эффективного использования свалочного газа. Один из таких вопросов является способ хранения свалочного газа для его дальнейшего эффективного использования в различных отраслях. При этом такое устройство необходимо спроектировать таким образом, чтобы собранный биогаз можно было использовать, а также условия использования не должны противоречить экологическим требованиям эксплуатации, таким образом, загрязнения земли и грунтовых вод сводится к нулю [1].

Для устройства хранения делают котлован глубиной 2–3 м, утрамбовывают стенки. В основание площадки кладут специальную мембрану, которая засыпается глиной 1–2 м. Данный метод способствует защите от возможного проникновения продуктов разложения в слои земли и грунтовые воды [2].

При поступлении нового мусора на свалку он отправляется в котлован, укладывается уровнями, которые трамбуются с помощью тяжеловесной техники, после чего снова все покрывается глиной высотой до полуметра. Подобные действия соответствуют экологическим требованиям и препятствуют распространению запахов, а также не позволяют остаткам мусора распространяться [3].

Когда котлован заполнен полностью мусорными отходами, его закрывают кровлей из уплотненной глины и особым защитным покрытием, состоящим из земли и растительного покрова [4].

Внутри площадки должны быть все необходимые технические устройства, которые отводят продукты переработки мусорных отходов, как в жидком виде, так и в виде газа. Внутри устройства должна быть система скважин, труб и насосов, с помощью которых свалочный газ собирается и отправляется в специальное газоочистительное устройство. Получаемый газ очищается с помощью водяного фильтра, удаляя таким способом все частицы пыли и аэрозолей, после чего газ отправляется на компрессор и уже готов к применению. Такой свалочный газ может являться источником тепла и пара, к тому же его применяют как топливо для машин. Так же полученный газ можно использовать для получения электроэнергии, что является несомненным плюсом. Для этого применяют газотурбинные и газопоршневые установки, с поправками на полученный в ходе переработки газ [5].

Таким образом, в связи с набирающей популярностью темы альтернативных источников энергии, а также улучшение экологической ситуации в мире предлагаемые способы утилизации мусора с получением свалочного газа необходимо не только внедрять в жизнь, но и максимально совершенствовать [6].

### **Источники**

1. Мустафина Г.Р. Эффективность использования биогаза // Матер. междуна. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2021. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 144-146.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сб. матер. VII Всерос. студ. науч.-практ. конф. 2017. С. 150-151.

3. Пат. № 2422385 С1 РФ. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011 / А.Е. Кондратьев, Г.И. Павлов, С.Г. Борисов, А.Р. Загретдинов.

4. Пат. на полезную модель № 105449 U1 РФ. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011 / С.Р. Калачева, А.Е. Кондратьев.

5. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Матер. междуна. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2021. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 142-144.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. 3-й Междуна. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. 2020. С. 88-90.

УДК 621.6.052

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Ольга Евгеньевна Иксанова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Е.С. Дремичева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
o.iksanova.o@gmail.ru

**Аннотация.** Одной из важнейших задач повышения эффективности насосных станций является оценка влияния её режима работы на динамику и гидродинамические характеристики потока. Своевременное регулирование необходимых параметров необходимо для получения гарантированного объема воды потребителем с минимальными затратами и наименьшим объемом взвешенных осадков. В данной статье описаны основные факторы, влияющие на эффективность и обеспечивающие надежность работы насосной станции.

**Ключевые слова:** эффективность работы, экономия энергии, минимизация затрат насосной станции.

# INCREASING THE EFFICIENCY OF THE PUMPING STATION

Olga E. Iksanova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
o.iksanova.o@gmail.ru

**Abstract.** One of the most important tasks of increasing the efficiency of pumping stations is to assess the impact of its operating mode on the dynamics and hydrodynamic characteristics of the flow. Timely regulation of the required parameters is necessary to obtain a guaranteed volume of water by the consumer with minimal costs and the least amount of suspended precipitation. This article describes the main factors affecting the efficiency and ensuring the reliability of the pumping station.

**Keywords:** heat efficiency of work, energy saving, minimization of costs of the pumping station.

Насосные системы состоят из насосов, привода, установки трубопроводов, органов управления и являются частью общей системы двигателя. Задача насосных станций – это бесперебойное и устойчивое обеспечение потребителей водой с требуемыми гидравлическими параметрами и минимально возможными затратами [1]. Проблема экономии электроэнергии и повышения эффективности остаются актуальными на сегодняшний день. В целях изучения данных вопросов рассмотрим процедуру проведения энергетической оценки работы насосной системы, а также возможности повышения её энергоэффективности.

Недостаточное техническое обслуживание снижает эффективность насосной системы, приводит к более быстрому износу насосов и увеличивает затраты. Правильное техническое обслуживание позволит уменьшить эти проблемы и, самое главное, сэкономить энергию. По разным оценкам до 50 % мирового потребления всей вырабатываемой электроэнергии при подготовке и транспорте нефти приходится на насосное оборудование [2]. Окупаемость обычно составляет менее одного года. Грамотное обслуживание включает в себя следующее:

- замена изношенных рабочих колес, особенно в щелочных средах;
- осмотр и ремонт подшипников;
- замена смазки подшипника один раз в год;
- проверка и замена сальников;
- осмотр и замена торцевых уплотнений;
- замена износного кольца и насосного рабочего колеса;
- проверка регулировки насоса / двигателя.

Необходимым является проведение диагностики и контроля работы системы. Контроль, безопасная эксплуатация и грамотное обслуживание способствуют своевременному обнаружению проблем и определению решений для создания более эффективной системы. Мониторинг может определять зазоры, которые необходимо отрегулировать, указывать на засорение, повреждение рабочего колеса, недостаточное всасывание, забитые или заполненные газом насосы или трубы, а также сигнализировать об изношенности насосной системы или наличии дефектов в материале оборудования. Также важен осмотр распределительной системы на предмет образования накипи или загрязнений [3].

Целью любой стратегии управления является отключение ненужных насосов или снижение нагрузки отдельных насосов. Дистанционное управление позволяет относительно быстро и точно запускать и останавливать насосные системы и сокращать трудозатраты по сравнению с традиционными системами управления.

В процессе эксплуатации выявляются ошибки и просчеты, допущенные при разработке проекта насосной станции, а также качество изготовления строительных конструкций и монтажа оборудования. Поэтому на персонале насосной станции лежит большая ответственность, заключающаяся не только в правильной эксплуатации сооружений, механизмов и машин, но и в своевременном выявлении и устранении возможных строительных, заводских и монтажных дефектов [4].

При вводе насосной станции в эксплуатацию необходимо количественно оценить ее надежность, определить продолжительность работы оборудования до вывода в ремонт, продолжительность сохранения оптимальных параметров и др. Особенно острой является проблема обеспечения надежности всех элементов системы после ремонтных работ, проводимых, как правило, в трудных условиях на месте [5].

Для полной оценки эффективности насосной станции стоит учитывать стоимость оборудования, эксплуатационные затраты, затраты на подключение к системе диспетчеризации, затраты на подготовку персонала и прочие затраты. Таким образом, удастся обеспечить надежную работу с минимальными затратами и повысить эффективность насосной станции.

### **Источники**

1. Каргин С.А. Эффективность работы насосных установок с учетом возникающих в них потерь энергии // Новости теплоснабжения. 2009. № 11. С. 28-32.

2. Гаврилов В.А. Пути повышения энергоэффективности насосного оборудования // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2017, № 1(3). С. 67-69.

3. Капанский А.А. Повышение энергетической эффективности водозаборов за счёт повторного использования промывной воды и сокращения времени фильтроцикла // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №23(3). С. 90-102.

4. Сизов А.А., Серпокрылов Н.С. Надежность очистки периодических сбросов сточных вод // Вестник Волгогр. гос. арх.-строит.ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2010. №17. С. 123 -127

5. Куликов В.В. Расчет эффективности скважинных нефтяных насосов и установок центробежного и струйного принципов действия // Бурение и нефть. 2008. № 1. С. 30-32.

УДК 551.1:523.3

## ОБИТАЕМАЯ ЛУННАЯ СТАНЦИЯ В ЛАВОВОЙ ТРУБКЕ

Лиана Ильдаровна Кариева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
kariyeval@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе исследуется вопрос защиты проектируемых обитаемых лунных станций от внешних воздействий. Описаны основные факторы опасных воздействий. Раскрыто понятие лавовых трубок.

**Ключевые слова:** обитаемая лунная станция, лавовые трубки, колонизация Луны.

## HABITABLE LUNAR STATION IN A LAVA TUBE

Liana I. Kariyeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
kariyeval@gmail.com

**Abstract.** This article researches the issue of protecting habitable Lunar stations from external influences. The main factors of hazardous effects are described. The concept of lava tubes is revealed.

**Keywords:** habitable lunar station, lava tubes, colonization of the Moon.

Одними из главных опасностей для людей на лунной базе является частое падение метеоритов и астероидов, оставляющие глубокие кратеры и повышенный радиационный фон на поверхности спутника, а также сильная уязвимость солнечным ветрам, которые могут причинить сильный ущерб электронике [1].

Отсутствие атмосферы, также ведет к сильным колебаниям температур на поверхности Луны в широком диапазоне от +127 до -173 °С. Но если станцию поместить в лунный грунт, то температура вокруг станции будет всегда постоянна и равна приблизительно -35 °С. При таком расположении возможно использовать известные земные технологии и материалы для постройки станции, что существенно облегчит процесс колонизации Луны [2].

В начале 1960 гг., астроном Карл Саган заявил, что в недрах спутника Земли имеются пещеры больших размеров [3]. Ученые давно полагали, что на Луне существуют лавовые трубки, однако детально изучить одну из них удалось относительно недавно с помощью радара, установленного на японском зонде «Selene». Выяснилось, что на спутнике Земли находится пещера протяженностью примерно 50 км и высотой более 75 м. Согласно исследованиям, она образовалась 3,5 млрд лет назад вследствие вулканической активности.

Лавовые трубки – каналы, которые образовались при неравномерном остывании текущей со склонов вулкана лавы. Поверхностные слои лавы остывают быстрее благодаря контакту с внешней средой, формируя твердую корку. В результате с течением времени стенки канала утолщаются, а потоки горячей лавы вытекают, оставляя за собой пещеры [4].

Подобные пустоты могут дать надежную защиту от метеоритов, которые не сгорают в атмосфере Луны. Под поверхностью также могут содержаться водяной лед и летучие химические вещества, которые можно использовать как топливо. А толстый слой горной породы может обеспечить защиту от солнечного излучения [5].

### **Источники**

1. Якупова, И. Д. Защита от солнечной радиации в Ближнем космосе // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 191-193.

2. Сергеева Д.В. Особенности обеспечения жизнедеятельности на лунной станции // В сб.: XIV междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2019. Т. 2. С. 147-150.

2. Сергеева Д.В. Тепловая конструкция для обеспечения базы под реголитом // 26-я междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: Тезисы докладов. 2020. С. 1131.

3. Сергеева Д.В. Обеспечение теплового режима обитаемой лунной станции // Матер. XV Междун. конф. «ЭНЕРГИЯ-2020». Иваново. С. 118.

4. Якупова И.Д. Тепловая изоляция в Ближнем космосе // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 83-85.

5. Сергеева Д.В. Особенности организации системы теплоснабжения на обитаемой лунной базе // Матер. междун. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2020. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 135-136.

УДК 620.179.1

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Анастасия Олеговна Мадыхова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Звонарева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
saleeva.a@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе приведены наиболее широко используемые виды трубопроводов систем теплоснабжения. Рассмотрены методы контроля их технического состояния. Составлена сравнительная оценка эффективности методов контроля в зависимости от материала трубы. Предложен вариант повышения энергоэффективности инженерных сетей путем применения трубопроводов с ППУ изоляцией с расширенным комплексом контроля технического состояния.

**Ключевые слова:** сети теплоснабжения, трубопроводная система, материал труб, методы контроля, контроль трубопроводов.

## COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS FOR CONTROL OF HEAT SUPPLY PIPELINES

Anastasia O. Madykhova  
saleeva.a@yandex.ru

**Abstract.** This paper lists the most widely used types of pipelines for heat supply systems. Methods for monitoring their technical condition are considered. A comparative assessment of the effectiveness of control methods depending on the pipe material has been made. A variant of increasing the energy efficiency of engineering networks by using pipelines with polyurethane foam insulation with an extended complex of monitoring the technical condition is proposed.

**Keywords:** heat supply networks, pipeline system, pipe material, control methods, pipeline control.

Сети теплоснабжения представляют собой систему, необходимую для переноса теплоносителя от источника к потребителям. Одним из главных их звеньев являются теплопроводы. Для обеспечения экономической эффективности и надежности работы системы теплоснабжения необходимо проводить модернизацию сетей. Согласно СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети» для трубопроводов тепловых сетей допускается применять трубы стальные и чугунные, а так же неметаллические [1].

В РФ для нужд централизованного теплоснабжения широкое распространение получили оцинкованные трубы из стали, из чугуна с шаровидным графитом, из стали с эмалевым покрытием, биметаллические и трубы из полимерных материалов. В процессе эксплуатации трубопроводы подвержены износу. Для правильного функционирования системы необходимо получение оперативной информации о состоянии сети, позволяющей вовремя среагировать и устранить дефекты [2].

Для контроля за состоянием трубопроводов применяются различные методы. Следует заметить, невозможно найти универсальный метод контроля, который позволяет определить все дефекты, это обуславливается широкой номенклатурой выпускаемых материалов, технологией изготовления, принципами работы, условиями эксплуатации и др. [3].

Сравнительная оценка эффективности методов контроля трубопроводов в зависимости от их материала представлена в таблице [4].

Сравнительная оценка эффективности методов контроля трубопроводов

| Трубопроводы<br>Методы контроля | стальные<br>оцинкованные<br>трубы | трубы из чугуна с<br>шаровидным<br>графитом | трубы из стали с<br>эмалевым<br>покрытием | биметаллические<br>трубы | трубы из<br>полимерных<br>материалов |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Оптический метод                | 1                                 | 1                                           | 1                                         | 1                        | 1                                    |
| Капиллярный метод               | 2                                 | 2                                           | 0                                         | 0                        | 2                                    |
| Магнитный метод                 | 4                                 | 3                                           | 3                                         | 3                        | 4                                    |
| Тепловой метод                  | 4                                 | 4                                           | 3                                         | 3                        | 4                                    |
| Электрический метод             | 4                                 | 3                                           | 3                                         | 2                        | 4                                    |
| Вихретоковый метод              | 5                                 | 5                                           | 3                                         | 3                        | 5                                    |
| Ультразвуковой метод            | 5                                 | 5                                           | 4                                         | 4                        | 5                                    |
| Радиационный метод              | 5                                 | 5                                           | 5                                         | 5                        | 5                                    |
| <b>Итого</b>                    | <b>30</b>                         | <b>28</b>                                   | <b>22</b>                                 | <b>21</b>                | <b>30</b>                            |

Градация по баллам означает следующее: 0 – не эффективно, 1-2 – удовлетворительно, 3-4 – хорошо, 5 – эффективно.

В результате большее количество баллов у трубопроводов из стали и полимерных материалов, а это означает, что контроль за их работоспособностью может осуществляться в большей степени.

Наиболее эффективным способом повышения энергоэффективности инженерных сетей является применение современных конструктивных решений с использованием теплоизоляционных материалов, что сокращает эксплуатационные расходы и добиться экономии топливных ресурсов [5].

В настоящее время современными технологиями, отвечающими выше заявленным условиям, являются трубопроводы в ППУ изоляции: гибкая полимерная труба из сшитого полиэтилена в оболочке из ППУ утеплителя; многослойная конструкция, состоящую из стальной трубы, теплоизолирующего ППУ слоя и защитной оболочки. Более того эти трубы оснащены сигнальным кабелем для подключения системы оперативного дистанционного контроля (СОДК), что позволяет расширить возможности контроля состояния трубопроводной сети. СОДК позволяет обнаружить участки с высокой влажностью изоляции, что помогает избежать аварийных ситуаций и повышает надежность системы.

Оценка методов контроля обосновывает целесообразность применения стальных и полиэтиленовых труб в ППУ-изоляции, поскольку выбранные типы труб могут контролироваться целым комплексом методов, что помогает избежать прекращения функционирования трубопроводной сети. Полученные результаты могут быть полезными при выполнении исследований, направленных на повышение качества трубопроводов в рамках реализации стратегии увеличения энергоэффективности и надежности сетей теплоснабжения России.

### **Источники**

1. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.
2. Даминов А.З., Караева Ю.В., Соломин И.Н. Комплексная методика анализа централизованных систем теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. № 11-12. С. 3-13.
3. Карачинов В.А., Петров Д.А., Килиба Ю.В. Анализ методов контроля качества тепловых труб // Вестник НовГУ. 2019. № 2. С. 14-18.
4. Савицкий С.С., Смирнов В.Г., Лысенко В.Г. Методы и средства неразрушающего контроля. Минск: БНТУ, 2012. С. 183.
5. Гусячкин А.М., Нуриев Р.Р. Критерий выбора энергосберегающих мероприятий // Вестник КГЭУ. 2012. № 1 (12). С. 101-105.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ГЕЛИОСИСТЕМЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ «HEAT PIPE» ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Дилара Ахлимановна Макуева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
dil.avp@mail.ru

**Аннотация.** Предложено использование в системе горячего водоснабжения возобновляемых источников энергии, одним из которых является солнечная энергия. Рассматривается применение вакуумных солнечных коллекторов с технологией «HEAT PIPE».

**Ключевые слова:** гелиоустановка, энергия Солнца, активная система, термотрубки, горячее водоснабжение.

## APPLICATION OF VACUUM HELIOSYSTEM WITH "HEAT PIPE" TECHNOLOGY FOR HOT WATER SUPPLY

Dilara A. Makueva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
dil.avp@mail.ru

**Abstract.** It is proposed to use renewable energy sources in the hot water supply system, one of which is solar energy. The application of vacuum solar collectors with the "HEAT PIPE" technology is considered.

**Keywords:** solar plant, solar energy, active system, thermotubes, hot water supply.

Солнечная тепловая энергия известна, как действующая технология, предназначенная для приготовления горячей воды и отопления помещений жилых зданий [1].

Солнечные водонагреватели делятся на две большие категории: пассивные и активные [1].

При пассивной (термосифонной системе) теплоноситель или же готовая вода перемещается через всю систему благодаря естественному притяжению, которое возникает за счёт различия в плотностях между нагретым и холодным теплоносителями.

В активных системах центральное место занимают клапаны, электронасосы, а также контроллеры, предназначенные для циркуляции готовой воды через водонагреватель. Правильная установка солнечных водонагревателей зависит от многих факторов: солнечные ресурсы, климат, местные строительные нормы и правила и т.п. При установке солнечного коллектора следует выбирать места, в которых на поверхность гелиоустановки не будет падать тень от деревьев, зданий и других сооружений, что в значительной степени снижает производительность всей установки [2].

В системах с принудительной циркуляцией в контур включается циркуляционный насос, что дает возможность устанавливать теплонакопительный бак в любой части здания. Бак объемом 150-200 литров, как правило, достаточен для обеспечения горячей водой коттеджа на 4–5 человек. Для включения и выключения насоса необходима установка контроллера, представляющего собой дифференциальное управляющее реле. Контроллер в системе сравнивает показания датчиков температуры, установленных на выходе из коллекторов и в баке. Включение насоса возможно в условиях, когда температура в коллекторах выше температуры в баке [3].

Важным элементом солнечной панели является манифольд, представляющий собой теплосборник. Устанавливается вместе с тепловыми трубками на общей металлической раме [4].

В данном случае в водонагревательной гелиосистеме применяются вакуумные трубки с технологией «Heat Pipe». Пространство между боросиликатными стеклянными стенками заполнено техническим вакуумом, что создает преграду для теплопотерь. Это позволяет эффективно использовать систему в зимний период года, когда температура наружного воздуха достигает  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Внутри вакуумных трубок устанавливается медная трубка, запаянная на нижнем конце. Медная трубка располагается в центре внутренней стеклянной колбы при помощи алюминиевой пластины-пружины, которая передает тепло от внутренней колбы к медной трубке. Жидкостью для теплопередачи принимается антифриз (пропиленгликоль). Абсорбционное покрытие, нанесенное на поверхность внутренней трубки, поглощает солнечное излучение и передает его в виде тепла теплоносителю, который переносит его в буферную емкость [4].

Эффективность установки также зависит от угла инсоляции. В таблице приведен оптимальный угол наклона коллекторов в зависимости от назначения системы [3].

## Угол наклона коллекторов в зависимости от назначения системы

| Назначение установки                      | Оптимальный угол наклона |
|-------------------------------------------|--------------------------|
| ГВС                                       | От 30 до 45              |
| ГВС и отопление помещений                 | От 45 до 53              |
| ГВС и нагрев бассейна                     | От 35 до 45              |
| ГВС, нагрев бассейна, отопление помещений | От 45 до 53              |

Также набирает популярность автоматика слежения за солнцем, самостоятельно подстраивающая угол наклона и расположение панелей [4].

Организация энергоэффективной системы теплоснабжения дачи, коттеджа с использованием энергии от возобновляемых источников энергии не только создает эффект значительной экономии невозобновляемых энергоресурсов и расходов денежных средств потребителя, но и способствует сохранению экологии окружающей среды.

### Источники

1. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 181-182.

2. Макуева Д.А. Плоские и вакуумные солнечные коллекторы в системе теплоснабжения // Матер. междунар. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2021. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 137-139.

3. Вакуумный солнечный коллектор SCH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solar-rnd.ru/product/sch.html> (дата обращения: 06.11.21).

4. Пособие по проектированию и расчету гелиосистем [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.studmed.ru/posobie-dlya-proektirovaniya-solnechnyy-kollektor\\_bf9151921d5.html](https://www.studmed.ru/posobie-dlya-proektirovaniya-solnechnyy-kollektor_bf9151921d5.html) (дата обращения: 03.11.21).

## УТИЛИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОДУВКИ ПАРОВОГО КОТЛА

Кирилл Михайлович Маслов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Е.А. Лаптева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань Республика Татарстан  
kirill-maslov-98@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложен способ по утилизации тепла непрерывной продувки котла, важным элементом которого является кожухотрубный теплообменный аппарат. Представлены результаты расчета самого теплообменника, его параметров и экономические характеристики, которые он может обеспечить.

**Ключевые слова:** кожухотрубный теплообменник, утилизация тепла, непрерывная продувка, энергоэффективность.

## DISPOSAL OF THE CONTINUOUS PURGE OF THE STEAM BOILER

Kirill M. Maslov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
kirill-maslov-98@mail.ru

**Abstract.** The article proposes a method for utilizing the heat of continuous blowdown of the boiler, an important element of which is a shell-and-tube heat exchanger. The results of the calculation of the heat exchanger itself, its parameters and economic characteristics that it can provide are presented.

**Keywords:** shell and tube heat exchanger, heat recovery, continuous blowdown, energy efficiency.

На сегодняшний день существует множество способов по утилизации непрерывной продувки котлов. Это и применение испарителей мгновенного действия, и внедрение теплообменника в систему непрерывной продувки, и использование струйных установок, АФТ Трансонник, зарубежной системы CleaverBrooks [1].

Предлагается разработать теплообменник и включить его в систему непрерывной продувки. После сепаратора конденсат непрерывной продувки направляется в разработанный теплообменник, где передает свое тепло сетевой воде, которая уже потом может использоваться для нужд ТЭЦ [2]. В качестве такого теплообменного аппарата может применяться поверхностный теплообменник. Из них наиболее надежным, простым и является кожухотрубный теплообменный аппарат. Главным преимуществом данных теплообменников является то, что их стабильной работе не мешает агрессивная среда, которой и является котловая вода [3].

Для утилизации тепла продувочной воды необходимо провести расчеты кожухотрубного теплообменника с исходными данными:  $G_2=9,91$  кг/с,  $t_{2Н}=10$  °С,  $k_{ИТ}=0,98$ ,  $t_{1Н}=130$  °С,  $t_{1К}=50$  °С. Расход непрерывной продувки для 5 котлов:  $G_1=13$  т/ч. Или же  $G_1=3$  кг/с. Далее проводится расчет теплообменника с показанием его основных параметров [4, 5]:

$$n = \frac{4G_1}{\pi d_{ВН}^2 \omega_1 \rho_1} = 13,4 \approx 14, \quad (1)$$

где  $n$  – количество труб,  $G_1$  – расход конденсата непрерывной продувки;  $d_{ВН}$  – внутренний диаметр трубы;  $\omega_1$  – скорость теплоносителя;  $\rho_1$  – плотность теплоносителя.

Коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = 3550 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи;  $\delta$  – толщина стенки;  $\lambda_{ст}$  – теплопроводность материала, из которого выполнена трубка (латунь).

Площадь поверхности теплообмена:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{ср}} = 7,23 \text{ м}^2, \quad (3)$$

где  $Q$  – тепловая мощность;  $\Delta t_{ср}$  – средняя логарифмическая разница температур.

Длина трубы:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_{ср} \cdot n \cdot z} = 4,03 \text{ м}, \quad (4)$$

где  $d_{ср}$  – средний диаметр трубки;  $z$  – число ходов.

Годовая потеря топлива без использования тепла продувочной воды:

$$\Delta B_1 = \frac{D_k \cdot \tau \cdot p_n \cdot (h_{кв} - h_{ив})}{100 \cdot 4,187 \cdot 7000 \cdot \eta_{ку}^{бр}} = 3302 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}, \quad (5)$$

где:  $D_k$  – установленная паропроизводительность котельной;  $\tau$  – годовое число часов использования установленной паропроизводительности котельной;  $p_n$  – расход пара непрерывной продувки в процентах от паропроизводительности котла;  $h_{кв}$  – удельная энтальпия котловой воды;  $h_{ив}$  – удельная энтальпия исходной воды на вводе в котельную;  $\eta_{ку}^{бр}$  – среднегодовой эксплуатационный КПД котельной установки.

Годовая потеря топлива с использованием тепла продувочной воды:

$$\Delta B_2 = \frac{D_k \cdot \tau \cdot p_n \cdot (\beta(h_{сп} - h_{ив}) + (1-\beta) \cdot (h_{св} - h_{сп}))}{100 \cdot 4,187 \cdot 7000 \cdot \eta_{ку}^{бр}} = 1540 \frac{\text{т}}{\text{год}}, \quad (6)$$

где  $h_{сп}$  – удельная энтальпия сепарированного пара;  $h_{ив}$  – удельная энтальпия сепарированной воды;  $\beta$  – коэффициент, который определяется при установке сепаратора и теплообменника.

В ходе утилизации тепла продувочной воды действительно экономится топливо. А экономия идет в 2,1 раза больше в сравнении, если не использовать тепло продувочной воды, что говорит об ее эффективности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта РНФ 18-79-101-36.

### Источники

1. Разуваев А.В. Системы утилизации теплоты энергоустановок как способ энергосбережения // Молодой ученый, Специальный выпуск, 2015.
2. International organization of Scientific Research - Boiler Blowdown Analysis In An Industrial Boiler. 2015. 28с.
3. Кушнаренко В.М., Чирков Ю.А., Клещарева Г.А., Решетов С.Ю., Клещарева А.А. Причины преждевременного разрушения теплообменных труб энергетического оборудования // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. С. 75-84.
4. Мезенцев А.П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. Л.: Энергоатомиздат, 2010. 90с.
5. Меламед Л.Э., Филиппов Г.А. Обобщенная формула для скорости турбулентных и ламинарных течений // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 7-8. С. 136-146.

УДК 629.039.58

## АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ТРУБ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Илья Владиславович Миронов  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ilyamironov310701@gmail.com

**Аннотация.** В статье на основе метода анализа износа теплопередающей трубы предлагается схема расчета вероятности отказа трубы. В процессе анализа и расчета определяются ключевые факторы, влияющие на надежность.

**Ключевые слова:** трубная поверхность нагрева, надежность, износ, анализ.

# ANALYSIS OF RELIABILITY OF HEAT TRANSFER PIPES AT NUCLEAR POWER PLANTS

Ilya V. Mironov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ilyamironov310701@gmail.com

**Abstract.** In the article, based on the method of analyzing the wear of a heat-transfer pipe, a scheme for calculating the probability of pipe failure is proposed. The analysis and calculation process identifies the key factors affecting reliability.

**Keywords:** heat transfer tube, reliability, wear, analysis

Трубная система парогенератора является важным компонентом теплообмена первого и второго контуров ВВЭР [1]. Многие исследования показали, что в трубной системе парогенератора, движение жидкости вызывает вибрацию труб. Так возникает износ между теплопередающей трубой и антивибрационной конструкцией. В результате стенки труб становятся тоньше и могут сломаться, а это приводит к колоссальным экономическим потерям и экологическим катастрофам. В этой связи для обеспечения надежной работы энергосистемы и, как следствие, бесперебойного снабжения потребителей тепловой энергией, необходимо уделять особое внимание техническому состоянию энергетического оборудования [5]. Данная проблема весьма актуальна на сегодняшний день. Поэтому очень важно изучить износ теплообменных труб.

Износостойкость материала – это механическое свойство, противостоящее поверхностному разрушению при динамическом движении по поверхности [3]. Разрушение представляет собой сложный, многостадийный процесс, на который влияет большое количество факторов, и нет общепринятого подхода в оценке их значимости [4]. Чтобы изучить износ теплопередающих трубок, многие ученые проводили исследования, связанные с фреттинг – износом. Фреттинг описывается как тип износа, который возникает на двух контактных поверхностях, подверженных колебаниям небольшой амплитуды [2].

Явление фреттинга наиболее достоверно описывается уравнением Арчарда:

$$V = KF_{II}K .$$

При исследовании, проводимом на износ теплообменных труб, теоретические исследования не полностью сочетаются с измерениями, проведенными на практике. Необходимо провести углубленное исследование различных параметров, включая износ и анализ поведения при износе. Именно поэтому применяется метод конечных элементов, такой как ABAQUS, используемый для расчета и анализа модели трубы [1]. Модель конечных элементов создана в соответствии с U-образной конструкцией теплообменника и на основе данных среднего поля потока.

Сила упругости потока рассчитывается путем последовательного удаления активной опоры, а износ труб анализируется путем изучения метода анализа износа и создания системы оценки износа в течение срока службы этих труб [1].

Материалом теплообменных труб авторы статьи [1] взяли нержавеющую сталь 304L размером  $9,525 \times 0,889$  мм, плотность жидкости внутри и снаружи трубы  $1000 \text{ кг/м}^3$ , а расчетная эквивалентная плотность теплопередающей трубки  $16845 \text{ кг/м}^3$ . По результатам проведенных анализов и расчетов авторов статьи [1] износ теплообменной трубы, контактирующей с 3-ей перегородкой, через 60 лет достигает 0,0122 мм, что составляет 1,4 % от толщины стенки 0,889 мм. Глубина износа на контакте с 4-й перегородкой через 60 лет достигает 0,0016 мм, что составляет 0,17 % толщины стенки. В сумме расчетные показания дают менее 10 % толщины стенки. После удаления 3-й и 4-й опоры перегородки, соответственно, основные частоты обеих перегородок составляют 16,11 и 6,99 Гц, соответственно, а соответствующие коэффициенты упругой устойчивости потока составляют 1,34 и 2,08, соответственно.

Таким образом, с помощью анализа надежности труб, можно получить ключевые факторы, влияющие на степень износа теплообменных труб в течение всего срока службы. Метод анализа надежности может быть применен для анализа износостойкости трубной системы парогенератора.

### **Источники**

1. Chen X., He X., Tang L., Li Y., Zhou M., Jin W., Gao Z. A heat transfer tube wear reliability analysis method based on first-order reliability method // Journal of Computational Design and Engineering. 2020. Т. 7. № 6. С. 803–815.

2. Chen X.D., Wang L.W., Yang L.Y., Tang R., Cai Z.B. Effects of Temperature on the Fretting Wear Behavior of 2.25Cr-1Mo Tubes against Gr5C12 Rods // Materials. 2020. Т. 13. № 15. С. 1-17.

3. Gnanasekaran S., Chelladurai S.J.S., Padmanaban G., Arthanari R., Balasubramanian V. Developing an Empirical Relationship to Predict the Wear Characteristics of Ni-Based Hardfaced Deposits on Nuclear Grade 316LN Austenitic Stainless Steel // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2021. Т. 2021. С. 1-10.

4. Кушнаренко В.М., Чирков Ю.А., Клещарева Г.А., Решетов С.Ю., Клещарева А.В. Причины преждевременного разрушения теплообменных труб энергетического оборудования // *Вестник КГЭУ*. 2021. Т. 13. № 1 (49). С. 75-84.

5. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // *Известия вузов. Проблемы энергетики*. 2020. Т. 22. № 6. С. 188-201.

УДК 62-68

## **АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ**

Диана Сергеевна Музюкова

Науч.рук. канд. техн. наук, доцент Л.В. Плотникова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
diana7035@yandex.ru

**Аннотация.** В тезисе предложен усовершенствованный подход к методике термодинамического анализа с введением критериев выбора наиболее энергоэффективного варианта системы рекуперации вторичной энергии для конкретной энергетической системы.

**Ключевые слова:** энергетические ресурсы, тепловые потери, термодинамический анализ, вторичная энергия, рекуперация, энергоэффективность.

## **ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC EFFICIENCY OF THE THERMAL TECHNOLOGY SCHEME OF PAPER PRODUCTION**

Diana S. Muzyukova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
diana7035@yandex.ru

**Abstract.** The thesis proposes an improved approach to the methodology of thermodynamic analysis with the introduction of criteria for choosing the most energy-efficient variant of the secondary energy recovery system for a specific energy system.

**Keywords:** energy resources, heat losses, thermodynamic analysis, secondary energy, recovery, energy efficiency.

Проблема рационального использования энергетических ресурсов является актуальной в промышленной теплоэнергетике. Перспективным направлением решения этой проблемы является способ повышения энергоэффективности технологических процессов на основе использования вторичной энергии [1]. В связи с этим существует необходимость усовершенствования и уточнения теоретических методов анализа эффективности энергетических процессов и составления на их основе методик расчёта для проектирования высокоэффективного оборудования рекуперации вторичных энергоресурсов.

Перспективным для достижения данной цели является термодинамический анализ, направленный на определение степени термодинамического совершенства промышленных, энергетических систем, их элементов и при организации систем генерации вторичной энергии может быть использован для выбора эффективного варианта системы с учетом возможностей использования потенциала имеющейся сбросной энергии на конкретном объекте [2].

При проведении термодинамического анализа предлагается ввести дополнительный этап с целью формирования объективной оценки эффективности утилизации имеющихся на предприятии вторичных ресурсов. Задача оценки эффективности отдельных элементов в составе объединяющей их системы решается введением в методику анализа такого критерия эффективности как коэффициента системного использования (КСИ) [3].

Применение КСИ позволяет определить долю использования в системе подведенной к объекту теплоты. Предлагается при расчёте КСИ не вычитать  $Q_{ВЭР}''$  (потоки теплоты ВЭР, которую невозможно использовать в системе) из числителя, что позволит приблизить КСИ к КПД при использовании всех возможных ВЭР и сделать выбор в пользу более энергоэффективного варианта утилизации [4].

Следовательно, формула примет вид:

$$КСИ_Q = \frac{\sum Q^{**}}{\sum Q^*} = \frac{\sum Q^* - \sum D}{\sum Q^*} = \frac{\sum Q^* - (\sum Q_n + \sum Q'_{сбр1} + \sum Q'_{сбр2} + \sum Q''_{сбр})}{\sum Q^*}, (1)$$

где  $\sum Q^*$  – подведенная к объекту теплота,  $\sum Q^{**}$  – полезно используемая теплота,  $\sum Q_{сбр}$  – теплота с отведенными из объекта потоками вещества (в частности, со вторичными энергоресурсами),  $\sum Q_n$  – потери теплоты,  $\sum D$  – суммарные потери.

В качестве объекта термодинамического анализа и оценки термодинамической эффективности рассматривается теплотехнологическая схема производства бумаги. В результате проведения термодинамического анализа данного производства получено, что среди отводимых потоков схемы часть потоков сбрасывается в окружающую среду. Среди них присутствуют тепловые потери, которые можно полезно использовать и потери, которые невозможно использовать в системе. Эксергетические потери в элементах системы составили 925 кВт оборотной воды, 11,63 кВт летучих веществ, 599,23 кВт отработанного влажного воздуха и 1329,23 кВт конденсата.

Далее рассматривается возможность возврата энергии этих потоков в данную схему. У аппаратов, в которых не происходит тепломассообмена, КПД высок, следовательно, нет необходимости производить их модернизацию. А у таких аппаратов как прессовая и сушильная часть бумагоделательной машины, КПД значительно ниже. Поэтому следует производить модернизацию именно этих аппаратов, а именно осуществить в данные аппараты возврат энергии потоков наибольшего эксергетического потенциала. Поток конденсата ранее находил применение в рассматриваемой схеме в системе сбора и возврата конденсата, поэтому в предлагаемой системе возврата потоков не рассматривается. Теплоту потока отработанного влажного воздуха предлагается использовать для доведения параметров отработанного влажного воздуха до требуемых параметров греющего сухого воздуха. В результате возврата потока воздуха в процесс сушки эксергетический КСИ участка возрос с 49,5 до 65,6 %.

### **Источники**

1. Картавцев С.В. Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2017. 155 с.
2. Юшкова Е.А., Лебедев В.А. Потоки энергии и эксергии // Молодой ученый. 2017. Вып. №12 (146). С. 106-109.
3. Фаздалова А.И., Кашипова Л.А., Плотникова Л.В. Оценка энергоэффективности промышленных систем рекуперации вторичной энергии // Научному прогрессу - творчество молодых. 2016. Ч. 2. С. 243-245
4. Plotnikova L.V., Giniyatov R.R., Sitnikov S.Y., Fedorov M.A. Perfection of the methodology for developing industrial secondary energy generation systems// IOP conference series: Earth and environmental science. 2019. P. 012069.

## ПРОИЗВОДСТВО БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННОГО ТОПЛИВА

Гульфия Равилевна Мустафина<sup>1</sup>

Науч. рук канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>gulfia999@gmail.com, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** К настоящему моменту усиленно возрастает спрос на энергоресурсы, соответственно, наблюдается рост тарифов на тепловую энергию и глобально сокращаются запасы жидкого, газообразного и твердого топлива для жизненно важных для человечества производств. Поэтому вопрос энергосбережения является первостепенно важным для всего мирового сообщества. Для решения серьезной экологической проблемы и нехватки ресурсов происходит постепенный переход на источники энергии, получаемых альтернативным способом.

**Ключевые слова:** биогаз, гидролиз, реактор, установка, энергия.

## PRODUCTION OF BIOGAS FROM ORGANIC WASTE TO REPLACE TRADITIONAL FUEL

Gulfiya R. Mustafina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gulfia999@gmail.com

**Abstract.** To date, the demand for energy resources is increasing intensively, respectively, there is an increase in tariffs for thermal energy and globally reduced reserves of liquid, gaseous and solid fuels for industries vital to humanity. Therefore, the issue of energy conservation is of paramount importance for the entire world community. In order to solve a serious environmental problem and lack of resources, there is a gradual transition to alternative energy sources.

**Keywords:** biogas, hydrolysis, reactor, installation, energy.

На сегодняшний день наблюдается интенсивное развитие сельскохозяйственной отрасли на территории Республики Татарстан. С увеличением комплексов данной структуры повышается уровень производительности продукции сферы животноводческого комплекса и растениеводства, но положительные изменения не обеспечили необходимых воспроизводственных возможностей в аграрной сфере экономики.

В условиях возрастающего спроса на энергоресурсы все более интенсивно при производстве тепловой и электрической энергии наносится серьезный урон окружающей среде, а также отходящие газы органических отходов животноводческого комплекса. Поэтому необходимым условием для таких комплексов является своевременная утилизация отходов, что приносит дополнительные расходы, однако опасные остатки могут быть ценным веществом для производства биогаза и высококачественного удобрения, повышающего плодородие почвы на 30% при помощи биогазовой установки [1].

Характеристика биогазового процесса состоит из гидролизного разрушения молекул, образования органических кислот, спиртов и уксусной кислоты и производство конечного продукта в виде метана [2].

Наиболее эффективный выход биогаза осуществляется путем переработки птичьего помёта, это связано с составом сырья, но кроме положительного качества данное сырьё очень агрессивно влияет на оборудования установки из-за значительного содержания протеина (белка), что является источником азота [3]. Поэтому данное органическое сырьё в чистом виде рекомендуется перерабатывать по двухстадийной технологии, при монтаже биогазовой установки для птицефабрик предусматривается установка дополнительного реактора гидролиза. В реакторе гидролиза создаются специальные температурные условия, повышается влажность, и контролируется уровень pH [4]. Также если технологический цикл биогазовой установки проектируется замкнутым (жидкая фракция после ферментации используется для разбавления свежего сырья), биогазовая установка должна доукомплектовываться системой удаления аммонийного азота, т.к. он ингибирует (приводит к затуханию) процесс [5].

С экономической стороны сокращаются убытки производства за счет:

- выплаты штрафов и утилизации веществ 3–4 класса опасности;
- сокращения расходов на получение удобрений и получение прибыли с продажи;
- обеспечивается экономия на энергоносителях из-за снижения затрат на покупку газа и тепла;
- обеспечения бесперебойного теплоснабжения, что в конечном итоге приводит к значительной экономии электрической энергии.

## Источники

1. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сб. матер. VII Всерос. студ. науч.-практ. конф. 2017. С. 150-151.

2. Пат. № 2422385 С1 РФ. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011 / А.Е. Кондратьев, Г.И. Павлов, С.Г. Борисов, А.Р. Загретдинов.

3. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. 3-й Междун. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. 2020. С. 88-90.

4. Пат. на полезную модель № 105449 U1 РФ. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011 / С.Р. Калачева, А.Е. Кондратьев.

5. Загретдинова А.Р. Использование биогазовых установок в однородном хозяйстве // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сб. матер. VII Всерос. студ. науч.-практ. конф. 2017. С. 147-148.

УДК 666.7

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛ ТЭЦ В БЕТОНАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Артем Николаевич Петров

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

qv3r@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье предложено использование летучей золы ТЭЦ в качестве альтернативы цементу, связующему веществу в бетоне. Также описан способ активации данного вещества, необходимый для достижения надлежащих эффектов, подтверждающих его эффективность. В роли активатора был использован метасиликат натрия концентрацией 8–16 % от массы летучей золы. Результат показал, что связующее вещество обладает долго прочностными свойствами.

**Ключевые слова:** летучая зола, бетон, новое направление, активация.

## NEW DIRECTION OF USING ASHES FROM THERMAL POWER PLANTS IN NEW GENERATION CONCRETES

Artem N. Petrov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

qv3r@mail.ru

**Abstract.** This article proposes the use of CHP fly ash as an alternative to cement, a binder in concrete. Also described is a method for activating this substance, necessary to achieve the appropriate effects, confirming its effectiveness. Sodium metasilicate with a concentration of 8–16 % by weight of fly ash was used as an activator. The result showed that the binder has long strength properties.

**Keywords:** fly ash, concrete, new direction, activation.

Чрезмерное использование цемента в бетоне создало множество экологических проблем: ущерб, нанесенный добычей сырья, и выбросы двуокиси углерода. На бетон приходится 5–8 % всех антропогенных выбросов углекислого газа [1]. По оценкам, годовой объем производства цемента в мире, составляющий 2 млрд т, высвобождает около 1,65 млрд т CO<sub>2</sub>, или примерно 7 % от общих выбросов парниковых газов в атмосферу [2]. Бетонная промышленность испытывает необходимость в ином связующем материале, уменьшающей использование цемента. Золошлаковые отходы можно эффективно использовать в производстве строительных материалов [8].

В качестве альтернативы цементу можно использовать летучую золу ТЭЦ. Но для достижения максимальной эффективности ее применения, необходимо выполнить активацию данного вещества. Однокомпонентная щелочная активация – это новый метод разработки геополимеров, который был введен для уменьшения сложностей работы с геополимерами, содержащими щелочные растворы [3, 4]. В отличие от обычных геополимерных связующих, в которых для активации используются растворы, активатор находился в виде сухого порошка в однокомпонентном связующем [3]. Такой подход помогает предотвратить использование агрессивных и едких растворов для массового производства бетона [6]. Безводный активатор из метасиликата натрия продемонстрировал важный активирующий эффект – увеличение прочности при отверждении на открытом воздухе [5].

Также на основе проведенных исследований [7] можно сделать следующие выводы об эффективности применения активированной золы ТЭЦ: плотность паст увеличивается с увеличением содержания активатора, связующее демонстрирует хорошие характеристики прочности в течение длительного времени. После 28 дней отверждения при комнатной температуре прочностные характеристики однокомпонентных связующих, активируемых щелочью, резко улучшились. Плотность отверждения разработанных однокомпонентных щелочно-активированных паст увеличивается с увеличением содержания активатора. Увеличение дозировки безводного активатора метасиликата натрия увеличивает начальную скорость тепловыделения. Никаких значительных экзотермических реакций не наблюдалось при более низкой дозе активатора безводного метасиликата натрия. Было обнаружено, что связующие демонстрируют хорошие характеристики прочности в течение длительного времени. Был разработан сухой геополимер в виде порошка, готовый к употреблению продукт, который можно упаковывать в мешки и смешивать с водой. Этот новый продукт, вероятно, будет иметь высокий потенциал стать альтернативой ОРС.

#### **Источники**

1. Huntzinger, D.N.; Eatmon, T.D. A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: Comparing the traditional process with alternative technologies. *J. Clean. Prod.* 2009, Т. 17, С. 668–675.
2. Ouellet-Plamondon, C.; Habert, G. 25—Life cycle assessment (LCA) of alkali-activated cements and concretes. In *Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes*; Pacheco-Torgal, F., Labrincha, J.A., Leonelli, C., Palomo, A., Chindaprasirt, P., Eds.; Woodhead Publishing: Oxford, UK, 2015. С. 663–686.
3. Nematollahi, B.; Sanjayan, J.; Shaikh, F. Synthesis of heat and ambient cured one-part geopolymer mixes with different grades of sodium silicate. *Ceram. Int.* 2015. Т. 41. С. 5696–5704.
4. Ye, N.; Yang, J.; Liang, S.; Hu, Y.; Hu, J.; Xiao, B.; Huang, Q. Synthesis and strength optimization of one-part geopolymer based on red mud. *Constr. Build. Mater.* 2016. № 111. С. 317–325.
5. Ma, C.; Zhao, B.; Guo, S.; Long, G.; Xie, Y. Properties and characterization of green one-part geopolymer activated by composite activators. *J. Clean. Prod.* 2019. №220. С. 188–199.
6. Зверева Э.Р., Плотникова В.П., Бурганова Ф.И., Зверев Л.О., Латыпова Д.М. Извлечение ценных компонентов из золошлаковых отходов ТЭС // *Вестник КГЭУ.* 2020. Т. 12. №2. С. 3-12.

7. Sani Haruna, Bashar S. Mohammed, Mohamed Mubarak A. Wahab, Mubarak Usman Kankia, Mugahed Amran, Abdurra'uf Mukhtar Gora. Long-Term Strength Development of Fly Ash-Based One-Part Alkali-Activated Binders. 2021. С. 2-11.

8. Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., Добронравов А.Д., Шамсутдинов Э.В. Комплексное использование золошлаковых отходов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. №(7-8). С. 26-36.

УДК 621-313.3

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ МЕТОДОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Роман Андреевич Пономарев

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Ю.В. Ваньков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
romanponomarevich@mail.ru

**Аннотация.** В статье описывается повышение энергоэффективности тепловых сетей г. Казань с помощью улучшения теплоизоляционных материалов. Представлены расчеты тепловых потерь тепловых сетей г. Казань. Рассмотрены виды теплоизоляции, применяемые на магистральных трубопроводах, показано изменение затрат условного топлива для выработки требуемого количества теплоты при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции.

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловые сети, коэффициент теплопроводности, теплоизоляция.

## **INCREASING THE EFFICIENCY OF THE HEATING NETWORK BY CHANGING THE THE STRUCTURAL AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS**

Roman A. Ponomarev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
romanponomarevich@mail.ru

**Abstract.** The article describes the relevance of energy saving of the thermal power industry of Kazan by improving thermal insulation materials. Calculations of thermal losses of thermal networks of Kazan are presented. The types of thermal insulation used on main pipelines are considered, the change in the cost of conventional fuel for generating the required amount of heat is shown when the coefficient of thermal conductivity of thermal insulation changes.

**Keywords:** energy saving, thermal networks, thermal conductivity coefficient, thermal insulation.

В настоящее время в России проблема энергосбережения является одной из главных проблем. Большие затраты природных ресурсов, используемых в качестве топлива, сильно истощают запасы нашей страны [1]. Самые большие потери тепла приходится на его транспортировку по тепловым сетям. Поэтому для уменьшения затрат топлива необходимо повысить энергоэффективность оборудования, доставляющего теплоносителю потребителю. В качестве расчета была рассмотрена тепловая сеть г. Казань [2].

На данный момент г. Казань протяженность тепловых сетей составляет 693,5 км и ежегодно по ним транспортируется более 6,5 млн Гкал тепловой энергии. При передаче требуемого количества теплоты потребителю учитывается процент потерь в тепловых сетях, на сегодняшний он составляет 5 %.

С помощью формулы (1) можно рассчитать количество потерь теплоты:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{общ}} \cdot K = 6,5 \cdot 0,05 = 0,325 \text{ млн Гкал} \cdot \text{г} \quad (1)$$

где  $Q_{\text{общ}}$  – годовая передача тепловой энергии,  $K$  – коэффициент потерь.

В данной формуле не учитывается КПД тепловых станций т.к. у всех он разный. Используя это значение можно рассчитать объем условного топлива, затрачиваемого на покрытие потерь:

$$V = Q_{\text{пот}} \cdot q_{\text{уд}} = 0,325 \cdot 0,143 = 46475 \text{ т.у.т} , \quad (2)$$

где  $q_{\text{уд}} = 0,143 \text{ т.у.т/Гкал}$  масса условного топлива, необходимая для выработки 1 Гкал тепла, т. у. т.[3].

Виды используемой теплоизоляции и их недостатки. Из данных АО «Татэнерго» известно, что в г.Казань используются трубы со средним диаметром 265 мм. В качестве теплоизоляции используется минеральная вата из базальтового волокна сверху покрытая слоем гидроизоляционного материала.

Из-за выше произведенных расчетов видно, что данный вид теплоизоляции, при большом количестве плюсов, все же имеет значительные потери тепла. Для уменьшения коэффициента теплопроводности существует несколько методов, но мы рассмотрим два из них: изменение конструкции и использование новых материалов [3].

Методы изменения коэффициента теплопроводности. Первый метод, изменение конструкции, должен снизить теплотворные характеристики без изменения параметров прочности. В лаборатории МНИЛ «УНПЭ» КГЭУ был подготовлен образец теплоизоляции, в котором были сделаны, через каждые 2 см, отверстия диаметром 8 мм и на их половине приложена фольга, отражающей стороной направлена к трубопроводу (см. рисунок).

Необходимо проверить, как воздушные карманы с отражающей поверхностью будут влиять на коэффициент теплопроводности.



Образец теплоизоляции с воздушными карманами

Второй способ заключается в использовании теплоизоляции с меньшим коэффициентом теплопроводности. Самым оптимальным вариантом является аэрогель, который обладает наименьшим коэффициентом теплопроводности из всех известных материалов. Проблема заключается в том, что его производство достаточно трудоемкое и данный материал является довольно хрупким. Поэтому пока данный материал не обрел большой популярности.

Данные методы должны позволить уменьшить потери тепла в тепловых сетях, тем самым уменьшить затраты топлива. Необходимо уделить большее внимание данной проблеме, чтобы повысить энергоэффективность нашей страны.

#### **Источники**

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения: учебник. М.:ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. 352 с.

2. Петрущенко В.А., Коршакова И.А. Качественный и количественный анализ тепловой энергетики малых мощностей в России // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №22(5). С. 52-70.

3. Базальтовый утеплитель [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://teplogalaxy.ru/bazaltovuj-uteplitel/> (дата обращения: 16.10.21).

УДК 662.998

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Лаура Азатовна Сагадеева

Науч.рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Звонарева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
laura-sagadeeva@mail.ru

**Аннотация.** Главной целью исследования является систематизация и исследование теплоизоляционных материалов. Для достижения этой цели был проведен анализ и сравнение характеристик определенных материалов, что поможет выявить энергоэффективность каждого материала по отдельности. При решении поставленной задачи были рассмотрены основные технические характеристики теплоизоляционных материалов трубопроводов: теплопроводность, плотность, температура применения и срок службы материала. При выборе теплоизоляционного материала результаты авторского исследования показали, что пенополиуретан является наиболее перспективным и технологичным материалом

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловая изоляция, тепловые сети, современные материалы, трубопровод.

## **TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THERMAL INSULATION MATERIALS OF THE PIPELINE OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM**

Laura A. Sagadeeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
laura-sagadeeva@mail.ru

**Abstract.** The main purpose of the study is to systematize and study thermal insulation materials. To achieve this goal, an analysis and comparison of the characteristics of certain materials was carried out, which will help to identify the energy efficiency of each material separately. When solving this problem, the main technical characteristics of heat-insulating materials for pipelines were considered: thermal conductivity, density, application temperature and service life of the material. When choosing a heat-insulating material, the results of the author's research showed that polyurethane foam is the most promising and technologically advanced material.

**Keywords:** energy saving, thermal insulation, heating networks, modern materials, pipeline.

Повышение эффективности использования энергетических ресурсов и энергосбережение становятся в настоящее время одними из приоритетных направлений развития экономики России, так как резкое повышение цен на топливо вынуждает самым серьезным образом заниматься проблемой экономии тепловой энергии во всех сферах ее применения, особенно в тепловых сетях [1]. Здесь одним из способов экономии тепла является тепловая изоляция трубопроводов. Современные трубопроводы систем теплоснабжения выполняются с теплоизоляционным слоем, который защищает от внешних воздействий, тем самым достигая долгосрочной эксплуатации, долговечности, необходимой надежности и энергоэффективности [2]. Срок службы трубопроводов должен составлять 20–25 лет без износа тепловых сетей [3]. Актуальность данной работы состоит в том, что правильный подбор тепловой изоляции является важным фактором, поскольку при подборе правильной и современной изоляции тепловые потери и эксплуатационные расходы сокращаются, примерно, на 10 % [4]. Научная новизна исследования заключается в том, что в работе впервые был проведен анализ и систематизация таких теплоизоляционных материалов, как: минеральная вата, пенополиуретан, вспененный полиэтилен, стекловолокно, которые могут применяться на территории Республики Татарстан. Автором было предложено более подробно изучить характеристики четырех теплоизоляционных материалов для того, чтобы выявить материал, который в будущем сможет помочь решить проблему энергосбережения, так как это является основной целью теплоизоляции [5]. Результатом исследования является свод технических характеристик рассматриваемых теплоизоляционных материалов, которые представлены в таблице.

Основные технические характеристики тепловой изоляции

| Название материала тепловой изоляции | Теплопроводность, Вт/(м·К) | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Температура применения, °С | Срок службы, лет |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|
| Минеральная вата                     | 0,03-0,052                 | 35-130                       | -60...+450                 | От 25 до 35      |
| Пенополиуретан                       | 0,019-0,028                | 40-80                        | -160...+150                | От 20 до 50      |
| Вспененный полиэтилен                | 0,035-0,037                | 25-50                        | -40...+100                 | От 50 до 80      |
| Стекловолокно                        | 0,04-0,043                 | 25-30                        | -60...+250                 | От 8 до 10       |

В результате оригинального исследования была построена таблица технических характеристик различных видов теплоизоляции. Практическая значимость данной работы заключается в том, что из всех рассмотренных материалов пенополиуретан имеет наименьшую теплопроводность, что приводит к уменьшению тепловых потерь. Перспективой развития выбора ППУ изоляции в Республике Татарстан является модернизация всей системы теплоснабжения и снижение затрат на ремонт трубопроводов, благодаря тому что данный материал имеет такие преимущества перед другими, как: наименьшую теплопроводность, малый вес, устойчивость к воздействию влаги и коррозионную стойкость, что немало важно для решения проблемы энергосбережения.

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

### **Источники**

1. Гапоненко С.О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 2(50). С. 142-147.
2. Мухаметова Л.Р., Ахметова И.Г., Ахметов Т.Р. Оценка эффективности реализации программ энергосбережения. Проблемы энергосбережения в теплоснабжении // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 12-21.
3. Титов Г.И., Новопашина Н.А., Титов В.Г. Причины повреждаемости тепловых сетей // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 2. С. 19–22.
4. Пантелей Н.В. Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2018. №61(2). С.179-188.
5. Paraschiv Lizica Simona, Paraschiv Spiru, Ion V. Increasing the energy efficiency of buildings by thermal insulation // International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”. Energy Procedia 128. 2017. Pp. 393–399.

## ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ХАРАКТЕРИСТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Анастасия Олеговна Семенчук <sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев <sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>anastasiasemenchuk796@gmail.com, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена краткому описанию водородной энергетики и перспективам ее развития, достоинствам и производству водорода.

**Ключевые слова:** водородная энергетика, водород, производство и использование водорода.

## HYDROGEN ENERGY: CHARACTERISTIC AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Anastasia O. Semenchuk

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

anastasiasemenchuk796@gmail.com

**Abstract.** The article is devoted to a brief description of hydrogen energy and the prospects for its development, advantages and production of hydrogen.

**Keywords:** hydrogen energy, hydrogen, production and use of hydrogen.

Водородная энергетика за последнее время обрела огромную популярность во многих сферах жизни общества в связи с проблемой истощения невозобновляемых источников энергии – углеводородов [1].

Сама по себе водородная энергетика не является новым источником энергии, она лишь дополняет нефтяную, атомную или «возобновляемую» энергетику, а также является способом наиболее эффективного применения уже имеющихся источников энергии, повышения КПД их использования или получения иных преимуществ.

В технологическом цикле водородной энергетики можно выделить три этапа:

- получение водорода;
- транспортировка и хранение, условия здесь схожи с биогазом [2];
- использование водородного топлива для получения энергии.

В настоящее время существует довольно много методов промышленного производства водорода. Основными являются:

- паровая конверсия природного газа/ метана;
- электролиз воды;
- газификация угля;
- выделение из биомассы.

От высокой энергоемкости зависит пробег на заправке и удобная эксплуатация, однако, независимо от того, как его получают, водород считают самым неэнергоемким топливом на Земле из-за того, что необходимо 3,73 л жидкого водорода для получения энергии равной энергии 1 л бензина [3].

Тем не менее, у водорода есть много достоинств: сгорая в кислороде, он выделяет большое количество энергии и оставляет после себя лишь водяной пар, поэтому в меньшей степени негативно влияет на атмосферу; его можно транспортировать по трубопроводам; он не обладает корродирующим воздействием; не ядовит; запасы водорода практически неисчерпаемы.

Одна из главных причин перехода на водород в том, что водородная энергетика безопасна для окружающей среды и человека.

Основные ее проблемы: трата других энергоносителей для получения водорода и высокая угроза возникновения взрывов.

Преимущества водородной энергетики: возможность транспортировки водорода по трубам, так как у него низкий показатель вязкости; водород хранится в сжиженном, газообразном состоянии; современные технологии водородной энергетики дают возможность иметь качественный топливный материал с высоким коэффициентом теплоотдачи.

Таким образом, первоочередным задачей в области водородной экономики для нашей страны и ее ведущих регионов, таких как Республика Татарстан, является получение высокочистого водорода и транспортировка его в другие страны, а также освоение производств на его основе на территории нашей страны [4].

В связи с тем, что многие крупные производители грузовых автомобилей, в том числе татарстанское предприятие ПАО «КАМАЗ», разрабатывают проекты с внедрением водородной энергетики, в Татарстане возник спрос на собственное производство водорода высокой степени чистоты для топливных элементов.

В республике имеются начальные возможности по производству «зеленого» водорода и любого другого цвета. Понятно, что говорить о факте экономически значимого освоения водородных технологий в Татарстане пока рано, но видимый вектор развития означает верное направления принятого технологического рывка [5].

## Источники

1. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.
2. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. 3-й Междун. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. 2020. С. 88-90.
3. Смирнов В.И. Наноэлектроника, нанофотоника и микросистемная техника: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2017.
4. Мастепанов А.М. Водородная энергетика России: состояние и перспективы // Энергетическая политика. 2020. №12(154). С. 54-65.
5. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В. Перспективы развития водородной энергетике в Татарстане // Известия вузов. Проблемы энергетике. 2020. Т. 22. №6. С. 79-91.

УДК 621.3

## ПРЕИМУЩЕСТВА ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОГО ОБОГРЕВА

Диана Веняминовна Сергеева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е.Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
diana\_ag@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается сравнительный анализ использования температурных параметров инфракрасной системы и традиционных отопительных приборов в отоплении рабочей зоны. Инфракрасное отопление имеет ряд преимуществ, показывающих его ценность и превосходство.

**Ключевые слова:** тепловая энергия, диапазон волн, электрическая панель.

## ADVANTAGES OF RADIANT PANEL HEATING

Diana V. Sergeeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
diana\_ag@mail.ru

**Abstract.** The article deals with a comparative analysis of the use of the temperature parameters of the infrared system and traditional heating devices in heating the working area. Infrared heating has a number of advantages that show its value and superiority.

**Key words:** heat energy, wave range, electrical panel.

Отопительная система такого типа как греющий потолок уже активно вошла в сферу использования и применяется не только в качестве дополнительного источника тепла, но и в виде основного. Инфракрасное отопление – это инновация, составляющая конкуренцию любым видам обогрева с использованием электричества [1]. Ее рекордный КПД, экономичность, оптимальные расходы на оборудование и установку, скорость работы, экологичность и многие другие преимущества говорят сами за себя. Инфракрасные панели чрезвычайно энергоэффективны [2]. Средняя удельная мощность нагревателей – 150–220 Вт / кв.м. Они способны снизить потребление энергии до 50 %, и для начала работы достаточно подключить к сети. Стоит развеять мифы о том, что длинные волны как-то пагубно влияют на здоровье. Панели устроены как двухслойное полотно. В первом слое между двумя полотнами лавсановой пленки заламинирован резистивный греющий слой из металлической фольги, а второй слой – это алюминиевая фольга, к которой приламинирован дополнительный слой лавсановой пленки. При протекании тока через резистивную греющую фольгу происходит ее нагрев до температуры +45 °С. Выделенная проводником теплота нагревает алюминиевую фольгу, которая в свою очередь излучает мягкий инфракрасный спектр с длиной волны 9 мкм. Учитывая, что наиболее комфортным и экологическим являются излучения, не превышающие температуру 50 °С [3], ИК панели абсолютно безопасны для организма. Чаще всего их размещают на стенах или потолке, чтобы они действовали как проводники тепла. Независимо на улице или в помещении, инфракрасный обогреватель всегда должен устанавливаться таким образом для оптимальной работы. Инфракрасные панели экологичны тем, что изготовлены из переработанного материала. Кроме того, электрический инфракрасный обогреватель не использует подвижные компоненты, такие как вентиляторы или турбины, то есть он полностью бесшумный.

Основное отличие инфракрасного обогрева – нагревание воздуха снизу-вверх. Большинство традиционных обогревателей нагревают пространство, используя воздух в качестве переносителя тепла, так тепло поднимается к потолку и удаляется от того места, где находится человек, теряя часть своей эффективности. То есть, необходимо повторно нагревать воздух и потреблять больше энергии. При нагреве инфракрасным излучением тепло передается не через воздух, а через волны. Тепло накапливается на полу, потолке и стенах и медленно отделяется, подобно тому, как это происходит с Солнцем, когда оно нагревает Землю. Тепло с помощью инфракрасной системы передается одним из трех способов [4]:

1) Теплопередача – это передача тепла за счет физического контакта между источником тепла и нагреваемым объектом.

2) Конвекционный нагрев — это передача тепла с использованием нагретого воздуха в качестве среды передачи между источником тепла и нагреваемым объектом.

3) Радиационный нагрев — передача тепла с помощью электромагнитных волн энергии от источника к нагреваемому объекту.

Инфракрасное отопление позволяет сэкономить энергию и денежные средства. На эту экономию влияют и другие факторы, например, установка и само оборудование, которое значительно снижает потребление.

Инфракрасный обогрев — идеальный вариант для поддержания температуры в помещении, нагревающий непосредственно материалы. Так ученые Томского научного центра завершили разработку промышленной модели нового образца мобильного инфракрасного обогревателя на основе пористых горелок мощностью 20 кВт, преобразующую энергию горения природного газа в поток инфракрасного излучения с эффективностью  $\approx 75\%$ , тем временем мировые аналоги делают с эффективностью  $\approx 30\%$  [5].

Инфракрасное отопление не требует топлива, риск взрыва отсутствует. Отказ от сжигания не приводит к образованию газов, запахов. И инфракрасный обогреватель нагревает постепенно и не достигает высоких температур, что делает невозможным появления возгораний.

Таким образом, преимущества инфракрасного отопления очевидны. Инфракрасная технология высокоэффективна, потребляет меньше воды и экологически безопасна по сравнению с обычным обогревом.

### **Источники**

1. Сергеева Д.В., Кондратьев А. Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Междун. науч. конф. Сумгаит. 2020. С. 284-287.

2. Сергеева Д.В., Макуева Д.А. Преимущества инфракрасной системы обогрева над традиционными способами отопления // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 1. С. 118-120.

3. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу — творчество молодых. — 2019. № 2. С. 73-74.

4. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Обеспечение теплового режима отопления помещения инфракрасным излучателем // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Матер. VI Нац. науч.-практ. конф. 2020. С. 436-438.

5. Горбунов К.Г. Вопросы повышения эффективности системы теплоснабжения // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 41-43.

УДК 62-1/-9

## АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОГО И ПЛАЗМЕННОГО ПЛАВЛЕНИЯ ЗОЛЫ ТЭЦ

Дарья Владимировна Тарабаева  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сaitov  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
tarabaeva.01@gmail.com

**Аннотация.** Каждый из нас знает, что в современном мире существует проблема топливно-бытовых отходов, но немногие в курсе, что каждый год в нашей стране образуется около 30 млн т золо-шлаковых отходов из-за сжигания угля на ТЭЦ, которые насыщены тяжелыми металлами и токсинами. Примерно столько же, сколько сжигается бытового мусора. К сожалению, всего 3 млн т золы, а это примерно 10 %, от этого объема перерабатывается, а остальная часть хранится в черте города или рядом с городами. Данная работа посвящена исследованию процессов, протекающих при традиционном и плазменном плавлении золы ТЭЦ. Повлияет ли переход от традиционного к плазменному плавлению золы на экологию.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, зола, промышленное предприятие, отходы.

## ANALYSIS OF TRADITIONAL AND PLASMA MELTING OF ASH IN CHP

Daria V. Tarabaeva  
Scientific advisor Stanislav R. Saitov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
tarabaeva.01@gmail.com

**Abstract.** Each of us knows that in the modern world there is a problem of fuel and household waste, but few are aware that every year in our country about 30 million tons of ash and slag waste are generated due to the combustion of coal at thermal power plants, which are saturated with heavy metals and toxins. About the same amount as household waste is incinerated. Unfortunately, only 3 million tons of ash, which is about 10%, of this volume is processed, and the rest is stored within the city or near cities. This work is devoted to the study of the processes occurring during the traditional and plasma melting of ash from a thermal power plant. Will the transition from traditional to plasma ash melting affect the environment.

**Keywords:** heat power engineering, ash, industrial enterprise, waste.

Быстрое экономическое развитие теплоэнергетики привело к ежегодному увеличению производства твердых бытовых отходов (ТБО). Согласно концепции устойчивого удаления отходов, успешное обращение с ТБО должно быть безопасным, эффективным и экологически чистым. Однако существующие методы утилизации отходов не могут достичь этой цели. Обычные свалки отходов занимают большие площади и создают серьезные экологические проблемы [4].

При сжигании мазута на теплоэлектростанциях в больших количествах образуется зольный остаток, который занимает большие земельные площади, загрязняет атмосферу, водные объекты и почву [5]. В большинстве развитых странах мира уровень утилизации ЗШО доведен до 50–100%. Так, в странах ЕС в 2010 г. были использованы более 90 % произведенных ЗШО: в стройиндустрии и при закладке шахт на уровне 52 % и несколько меньше 40 % при рекультивации карьеров и рудников [1]. Среди промышленных отходов одно из ведущих мест по объему выпуска занимают золы и шлаки от сжигания топлива на тепловых электрических станциях. Обеспечение экологически безопасного обращения с отходами является одной из наиболее важных задач современности. В золошлакоотвалах РФ, общей площадью 28 тыс. га, накоплено свыше 1,5 млрд тонн золошлаковых отходов. Кроме того, из-за нехватки земель существует проблема с ее захоронением. В связи с развитием технологий сжигания бытовых отходов являются актуальными исследования, направленные на переработку золы мусоросжигательных заводов. Плавление представляется наиболее перспективной из существующих в этой области технологий. Плавление снижает объем золы и переводит ее в химически инертный шлак, что блокирует последующее выщелачивание из него токсичных веществ. Большая часть легкокипящих компонентов золы при этом испаряется из расплавленного шлака [2].

Неорганические вещества сырья плавятся в высокотемпературном воздухе с образованием застеклованного шлака, в котором задерживаются нежелательные материалы, такие как тяжелые металлы. Остаточное тепло воздуха обеспечивает дополнительное тепло для процесса газификации. Еще одно преимущество предварительного нагрева газифицирующего агента заключается в том, что выход смолы может быть значительно снижен из-за высокой температуры. В процессе плавления твердые остатки плавятся и образуют стекловидный шлак, в котором заперты тяжелые металлы и другие вредные компоненты. После охлаждения шлак превращается в остеклованное твердое тело, которое можно использовать в качестве строительного материала [4].

Газификация отходов, последнее дополнение к технологиям преобразования отходов в энергию, преобразует твердые отходы в экологически чистую электроэнергию или чистое газообразное топливо, известное как синтез-газ. Эта многообещающая технология привлекает все большее внимание в последние два десятилетия в связи с растущим спросом на чистое топливо и химическое сырье, а также с необходимостью снижения зависимости от ископаемого топлива, снижения выбросов парниковых газов и удаления существующих отходов. Большинство систем газификации отходов основаны на высокотемпературных технологиях, в которых кислород используется в качестве источника тепла или в качестве агента частичного окисления. Газификация на основе кислорода предлагает преимущества по сравнению с газификацией на основе воздуха, такие как снижение капитальных затрат или аналогичных эксплуатационных расходов в сочетании с возможностью использования синтез-газа с более высокой теплотворной способностью в высокоэффективных системах выработки электроэнергии, что значительно увеличивает потенциал получения доходов [3].

### **Источники**

1. Хаглеев Е.П. Золошлакоотвалы годичного регулирования дифференцированных потоков золы и шлака угольных ТЭС // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. №7-8. С. 21-32.
2. Пак Х.С. Исследование состава и свойств шлака при плазменном переплаве золы мусоросжигательных заводов // Теплофизика и аэромеханика. 2011. Т. 18. № 2. С. 325-327.
3. M. Materazzi, P. Lettieri, R. Taylor, C. Chapman Performance analysis of RDF gasification in a two stage fluidized bed–plasma process. С. 256-258.
4. Qinglin Zhang, Liran Dor Boson, Weihong Yang. Gasification of municipal solid waste in the Plasma Gasification Melting process. С. 1-2.
5. Зверева Э.Р., Плотникова В.П., Бурганова Ф.И., Зверев Л.О., Латыпова Д.М. Извлечение ценных компонентов из золошлаковых отходов тепловых электрических станций // Вестник КГЭУ. 2020. №2 (46). С. 3-4.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Гузель Шакирьяновна Улябаева<sup>1</sup>, Сергей Олегович Гапоненко<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

<sup>1</sup>gulyabaeva@bk.ru, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные методы неразрушающего контроля при обследовании участков трубопроводов и соединительных деталей, находящихся в эксплуатации.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, трубопровод, дефектоскоп.

## ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING OF PIPELINES

Guzel S. Ulyabaeva<sup>1</sup>, Sergey O. Gaponenko<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>gulyabaeva@bk.ru, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

**Abstract.** The article discusses modern methods of non-destructive testing during the inspection of sections of pipelines and connecting parts in operation.

**Keywords:** control, pipeline, flaw detector.

В условиях эксплуатации на протяжении длительного времени трубопроводы подвергаются различным внешним и внутренним воздействиям, в результате чего происходит деградация материала, коррозионные повреждения, возникают и развиваются трещины усталости на поверхностях труб и другие виды дефектов [1, С. 87]. Чтобы избежать серьезных последствий подрастания дефектов, проводят различные обследования, применяя методы неразрушающего контроля. Наибольшее применение получили такие методы, как магнитный, вихретоковый, ультразвуковой, радиационный, визуальный и тепловой. Рассмотрим каждый из них более подробно.

Самой популярной разновидностью магнитного контроля является магнитопорошковый (МПД). Суть данного метода заключается в следующем: на исследуемую поверхность наносят специальный порошок, после при помощи ручного электромагнита или же дефектоскопа создается магнитное поле. Магнитные частицы оседают вблизи неплотностей, полученный результат подлежит рассмотрению либо при помощи ультрафиолетовых светильников, либо же невооруженным глазом [2, С. 26–28]. МПД эффективен для поверхностных и приповерхностных дефектов до 2 мм, но, к сожалению, он не предназначен для установления характера дефектов.

Далее следует вихретоковый контроль (ВК). С помощью преобразователей и дефектоскопа создается электромагнитное поле, возбуждающее вихревые токи, которые, в свою очередь, обладают собственным электромагнитным полем. Данное магнитное поле воздействует на дефектоскоп, изменяя сопротивление и электродвижущую силу [3, С. 188]. ВК применяется лишь для токопроводящих материалов. Главное достоинство состоит в том, что все измерения выполняются бесконтактным способом, весь процесс не занимает много времени.

Ультразвуковой метод (УЗК) один из самых применяемых, он основан на излучении и приеме волн и акустических колебаний в материале. УЗК является обязательным на опасных производственных объектах [4, С. 67-68]. Позволяет обнаруживать наиболее критичные дефекты, безопасен для оператора, а также обеспечивает наглядность контроля. Но у данного метода есть и свои недостатки, а именно: высокие требования к качеству исследуемой поверхности, недостаточно эффективен для обследования металлов с крупнозернистой структурой.

Под радиационным контролем чаще всего подразумевают радиографический контроль (РК). По праву считается одним из самых точных методов неразрушающего контроля. При РК рентгеновское излучение от источника проходит через исследуемый материал и поглощается пленкой (запоминающей пластиной). Рентген сварных швов является неотъемлемым этапом при строительстве трубопроводов. РК предъявляет высокие требования к квалификации персонала, так же стоит отметить и дороговизну применения данного метода, а именно стоимость оборудования.

Визуальный метод один из основных оптических методов. Является технически простым и достаточно бюджетным. Базовый этап – осмотр исследуемого объекта, его проверяют на наличие ржавчины, вмятин, прожогов и т.д. При проведении данного вида контроля применяется обширный арсенал инструментов: рулетки, угольники, лупы, линейки и многое другое.

Тепловой контроль основан на том, чтобы зафиксировать тепловое поле (инфракрасное излучение) и преобразовать его в видимый спектр. Метод позволяет оценивать качество тепловой изоляции, проводить строительную экспертизу, а так же выполнять энергоаудит зданий и сооружений. Является эффективным способом проверки промышленного оборудования на предмет наличия перегреваемых узлов, вследствие чего можно определить степень их износа и вероятность выхода из строя [5, С. 148].

Таким образом, можно сделать вывод, что своевременное и достоверное определение размеров и конфигурации дефектов исключительно важно для оценок остаточного ресурса компонентов трубопроводов, для планирования и выбора технологии восстановления поврежденных участков, для назначения сроков проведения инспекций.

### **Источники**

1. Каневский, И. Н., Сальникова Е. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2017. С. 87.
2. Боровкова Е.Ф. Неразрушающий контроль и диагностика, // Нефтегазовая вертикаль. 2003. №5. С. 26-28.
3. Шакурова Р.З., Кондратьев А.Е., Гапоненко С.О. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №6. С. 188.
4. Жумаев К.К., Каландаров Н.О. Выявление внутренних и наружных дефектов трубопроводов ультразвуковыми дефектоскопами // Молодой ученый. 2014. №16. С. 67-68.
5. Матросова Ю.Н. Неразрушающий контроль качества материалов. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. С 148.

УДК 662.998-434

## **ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ**

Аделя Равильевна Фаздалова<sup>1</sup>, Юрий Витальевич Ваньков<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>adelya.fazdalova@mail.ru, <sup>2</sup>yvankov@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено влияние циклов замораживание-оттаивание на коэффициент теплопроводности базальтового волокна.

**Ключевые слова:** тепловая изоляция, теплоизоляционный материал, энергосбережение.

# INFLUENCE OF NEGATIVE EFFECTS ON THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT OF THERMAL INSULATION

Adelya R. Fazdalova<sup>1</sup>, Yuri V. Vankov<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>adelya.fazdalova@mail.ru, <sup>2</sup>yvankov@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the effect of freeze-thaw cycles on the thermal conductivity of basalt fiber.

**Keywords:** thermal insulation, thermal insulation material; thermal conductivity coefficient, energy saving.

Ценность теплоизоляционных материалов особенно важна для нашей страны, потому что основная территория Российской Федерации подвержена влиянию холодного климата.

В последнее время уделяется много внимания по освоению и развитию Крайнего Севера, поскольку Север России – это масштабный, стратегический ресурс всей планеты. На территории Крайнего Севера находится почти 80 % запасов всех полезных ископаемых России. Но наличие вечной мерзлоты, большие перепады температур, сильные ветра и другие факторы оказывают огромное влияние на долговечность эксплуатации строительных материалов

Поэтому важным эксплуатационным свойством любого материала является его стойкость к различного рода воздействиям внешних факторов, которые изменяют его механические и физические характеристики [1, С. 78-75].

Морозостойкость материалов является главным условием надежной эксплуатации строений, расположенных в климатических областях, характерных северным регионам нашей страны.

Морозостойкость характеризует количество циклов заморозки-оттаивания, которые способны выдержать строительные материалы, без изменения своих прочностных характеристик [2, С. 55-57].

В целях исследования влияния «замораживания-оттаивания» на коэффициент теплопроводности изоляции из базальтового волокна проводились лабораторные испытания 6 образцов материала, подверженных циклическому замораживанию и оттаиванию. Количество циклов было принято следующим: 5, 11, 15, 20, 25, 30. Далее замороженные образцы с массовым содержанием влаги подвергались тепловому воздействию при различных температурах от 50 до 150 °С [3, С. 98–108].

Экспериментальное исследование теплофизических свойств нескольких образцов изоляции из базальтового волокна осуществлено на лабораторном стенде. Плотность постоянного теплового потока, проходящего через образец, определена методом дополнительной стенки. Экспериментальная установка состоит из металлической цилиндрической трубы с встроенным электронагревателем, поверх которой располагается теплоизоляционный материал из базальтового волокна [4, С. 572–576].

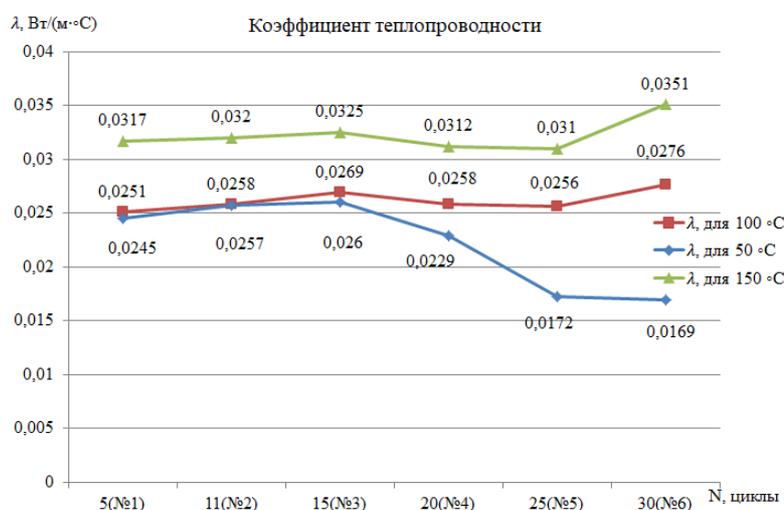
Нагрев цилиндрических образцов проводился электрическим ТЭНом, с возможностью регулировки температуры поверхности до 400 °С.

Измерения и обработка экспериментальных данных проводились на оборудовании и программном обеспечении фирмы National Instruments. Для регистрации сигналов датчиков теплового потока использовалась модульная система согласования сигналов SCXI 1102. Температура поверхности нагрева и температуры контрольных точек определялись Хромель-Алюмелевыми термопарами [5, С. 142–147].

Так же была реализована система сбора данных в среде графического программирования LabVIEW. Для проведения исследований, в лабораторных условиях была собрана установка, состоящая из устройства сбора данных, лабораторного регулировочного автотрансформатора, фрагмента стальной трубы с базальтовой изоляцией, нагревателя, датчика теплового потока

По найденным значениям плотности теплового потока определили коэффициент теплопроводности исследуемого материала.

После проведенных экспериментальных исследований была получена динамика изменения коэффициента теплопроводности базальтового волокна в зависимости от числа циклов замораживания – оттаивания (см. рисунок).



Результаты исследований. Зависимость значений коэффициента теплопроводности при различных циклах заморозки теплоизоляционного материала

Превращение воды в лед сопровождается значительным увеличением объема воды, что приводит к разрушению изнутри прочных конструкций. В результате расширения образуются микротрещины, которые снова заполняются водой, которая также замерзает и увеличивается в размере, что в свою очередь ведет к увеличению существующих трещин и, следовательно, к увеличению коэффициента теплопроводности. Такой процесс со временем приводит к разрушению прочной конструкции, и обрушению построек.

Работа выполнялась в рамках гос. задания №075-03-2021-175/3.

### **Источники**

1. Подковырина К.А., Подковырин В.С., Назиров Р.А. Особенности проектирования зданий и сооружений в северных широтах с точки зрения строительной физики // Урбанистика. 2017. № 4. С. 78 -85.

2. Ханнанова Д.Р., Цомаев Н.Э. Материалы для изоляционных систем Севера // Актуальные вопросы науки и практики в XXI в.: матер. 4-й Междун. науч.-практ. конф. 2016. С. 55-57.

3. Ваньков Ю.В., Базукова Э.Р., Якимов Н.Д. [и др.]. Исследование температурной деструкции теплоизоляции паропровода // Труды Академэнерго. 2019. № 4(57). С. 98-108.

4. Ваньков Ю.В., Базукова Э.Р., Исламова С.И., Бусаров А.В. Оценка транспортных потерь тепла при старении изоляции // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 572-576.

5. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 2(50). С.142-147

УДК 691-405.8

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЕЙ**

Анастасия Олеговна Федотова<sup>1</sup>

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. кав. Ю.В. Ваньков<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>nastya2505fedotova@mail.ru, <sup>2</sup>yvankov@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены основные свойства аэрогелей и сферы их применения.

**Ключевые слова:** аэрогель, теплопроводность, криогель, пирогель.

# APPLICATION OF THERMAL INSULATING MATERIALS BASED ON AEROGELS

Anastasia O. Fedotova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
nasty2505fedotova@mail.ru

**Abstract.** The article presents the main properties of aerogels and their areas of application.

**Keywords:** airgel, thermal conductivity, cryogel, pyrogel.

В связи с постепенным истощением топливных энергетических ресурсов, увеличением их стоимости, а также неуклонными спорами по поводу негативного воздействия энергетики на окружающую среду все большее внимание уделяется процессам энергосбережения. Применение перспективных теплоизоляционных материалов в строительной и энергетической отраслях позволит уменьшить объемы производимой тепловой энергии и снизить затраты на эксплуатацию объектов [1, С. 65–73].

Существуют различные теплоизоляционные материалы, отличающиеся составом, свойствами, стоимостью. Например, используют материалы на основе минеральной ваты, стекловолокна, асбеста и прочие теплоизоляционные материалы на неорганической основе, такие, как цементные, известковые и другие вяжущие и их смеси [2, С. 142–147].

Перспективным теплоизоляционным материалом являются аэрогели – материалы, в которых жидкая фаза заменена газообразной. Они имеют нанопористую структуру, внутри которой находится воздух. Большая удельная площадь поверхности и малые по размеру твердые частицы создают твердый материал, на 99 % состоящий из воздуха [3, С. 39–43].

Отличительными свойствами аэрогелей являются:

1. Легкость. Обусловленная находящимся внутри пор воздухом плотность составляет, по опытным данным, от 1 до 150 кг/м<sup>3</sup>.

2. Большая удельная площадь поверхности.

3. Низкая теплопроводность. Данное свойство объясняется тем, что размер пор меньше длины свободного пробега молекул, и воздух, содержащийся в них, образует неподвижную систему, не пропускающую тепло. При 10 °С теплопроводность аэрогеля составляет приблизительно 0,016–0,019 Вт/м·К и уступает только вакуумной теплоизоляции.

4. Гидрофобность. Высокая влагоизолирующая способность вызвана открытой пористой структурой материала, способствующей немедленному испарению попадающей влаги.

Они также прочны, экологичны, относятся к классу негорючих материалов, обладающих отличными шумоизоляционными свойствами, требующими малой толщины применения. Их распространению препятствует высокая стоимость и сложность изготовления [4, С. 103–104].

Аэрогели производят из кварца, кремнезема, оксидов графена и олова, углерода (аэрографены) и других веществ. В настоящее время особой популярностью пользуются аэрогели на основе стекловолокна и карбона, сказывающихся на характеристиках материалов (см. таблицу).

Сравнение аэрогелей на разных основах

| Характеристика аэрогеля               | Основа аэрогеля       |                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                       | стекловолокно         | керамическая          | карбоновая            |
| Предел температуры использования      | +675 °С               | +1000 °С              | +1000 °С              |
| Минимальная температура использования | -250 °С               | +12 °С                | 0 °С                  |
| Пожароопасность                       | КМ1, Г1               | КМ0, НГ               | КМ0, НГ               |
| Коэффициент теплопроводности          | 0,018–0,049<br>Вт/К·м | 0,019–0,032<br>Вт/К·м | 0,019–0,058<br>Вт/К·м |

Существуют особые виды материалов из нанопористого аэрогеля - криогель (Cryogel) и пирогель (Pyrogel). Криогель предназначен для утепления оборудования, работающего с низкими температурами, защиты его от наледи и конденсата в пределах от -260 до +90 °С. Пирогель применяют в трубопроводных системах, на нефтехимических и газовых предприятиях с высокими температурами, на химических производствах с химическими и ядовитыми веществами от -40 до +650 °С [5, С. 130-132].

Ввиду особых свойств аэрогели применяют в роли изолирующего материала для трубопроводов, зданий и сооружений. Он применялся, например, на предприятии ОАО «Газпром» на компрессорной станции «Северная», ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», при проектировании трубопровода жидкого азота для компании «Австралийский Торговый Дом» и т.д.

Таким образом, перспектива применения аэрогелей в качестве теплоизоляционных материалов для объектов теплоэнергетической, нефтехимической, строительной и прочих отраслей огромна, а их применение целесообразно, несмотря на высокую стоимость.

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

### Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением САД/САЕ-технологий // Вестник КГЭУ. 2017. №4 (36). С. 65-73.
2. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 2(50). С. 142-147.
3. Пастушков П.П., Гутников С.И., Павленко Н.В., Столяров М.Д. Исследования теплопроводности рулонных материалов на основе аэрогеля // Строительные материалы. 2020. №6. С. 39-43.
4. Рыбакова О.А., Лысенко А.В., Алмаметов В.Б. Прочная невесомость или аэрогель // Труды междуна. симп. «Надежность и качество». 2008. С. 103-104.
5. Шиндряев А.В., Кожевников Ю.Ю., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 6 (187). С. 130–132.

УДК 620.92

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ

Назиля Талибовна Хайруллина<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ш.Г. Зиганшин<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>hair.naz@mail.ru, <sup>2</sup>shz@list.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены альтернативные источники энергии, такие, как тепловой насос, солнечные коллекторы и водородный котел. Изучены принципы их работы, выявлены преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** источники энергии, тепловой насос, солнечный коллектор, водородный котел.

# USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR HEAT SUPPLY OF THE BUILDING

Nazilya T. Khairullina  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
hair.naz@mail.ru

**Abstract.** This article discusses alternative energy sources such as a heat pump, solar collectors and a hydrogen boiler. The principles of their work are studied, the advantages and disadvantages are revealed.

**Keywords:** energy sources, heat pump, solar collector, hydrogen boiler.

Обеспеченность человечества ресурсами, в частности, энергетическими, на сегодня является одной из глобальных проблем человечества. С увеличением численности населения планеты, растет и количество энергопотребляющих установок, в то время как природные энергоресурсы не успевают восполняться [1, С. 27].

В последнее время в России все больше говорят о снижении энергопотребления за счет повышения энергоэффективности. Одним из первых шагов на пути решения данной проблемы стало принятие Федерального закона об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности.

Одним из способов решения проблемы рационального использования ресурсов является применение альтернативных (возобновляемых) источников энергии. Опыт многих стран показывает, что альтернативные источники энергии могут эффективно использоваться в различных сферах экономики. На сегодняшний день одним из наиболее развиваемых и перспективных направлений в данной области является солнечная энергетика [2, С. 33–38].

Одним из наиболее актуальных направлений модернизации систем теплоснабжения, является использование солнечных коллекторов. Их применение позволяет существенно сократить затраты на нагрев воды традиционным способом с помощью газа или электричества. Они используются для нагрева воды на ГВС, отопления и других нужд человека. Солнечный коллектор работает по принципу поглощения солнечной энергии и последующего преобразования её в тепловую, пригодную для различных бытовых нужд. Солнечный коллектор нагревает теплоноситель (вода или антифриз), циркулирующий в системе, который затем передает накопленное тепло потребителям. Солнечные коллекторы абсолютно безопасны для окружающей среды, так как в процессе их эксплуатации не производится никаких отходов производства и выбросов в атмосферу [3, С. 63–68].

Также инновационным проектом самовосстанавливающихся ресурсов является применение тепловых насосов. Тепловой насос – это современный и высокотехнологичный прибор для отопления и кондиционирования воздуха. Он представляет собой машину, реализующую обратный термодинамический цикл, в результате чего осуществляется перенос теплоты от менее нагретых тел к более нагретым. Данное оборудование собирает тепло с улицы или из земли и направляет в здание. Они способны не только отапливать помещения, но и обеспечивать горячее водоснабжение, а также осуществлять кондиционирование воздуха. Тепловые насосы наиболее эффективные из известных методов использования электричества для отопления дома. Они обычно доставляют больше тепловой энергии в дом, чем потребляют от источника электричества [4, С. 119].

Также относительно недавно на российском рынке появилась уникальная продукция – водородный котел, предназначенный для отопления помещений. Под воздействием электрического заряда вода распадается на водород и кислород. Затем, при взаимодействии молекул водорода и кислорода, происходит реакция, в результате которой образуется так называемый газ Брауна и происходит процесс выделения тепла. Тепло, в свою очередь, будет осуществлять нагрев воды и позволит обеспечить нормальную температуру в помещении [5, С. 33–44].

Отказаться от традиционных источников отопления вполне реально. Для этого нужно грамотно подобрать альтернативу или же скомбинировать несколько, исходя из особенностей здания. Это позволит не только сократить расход энергоресурсов, но и улучшить ситуацию с экологией. Однако применение альтернативных источников тепла не должно быть единственным способом экономии традиционного топлива и уменьшения зависимости от него. Так же необходимо работать над повышением общей энергоэффективности объекта теплоснабжения.

### **Источники**

1. Федоров В. и др. Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии // Национальные приоритеты России. 2017. №. 5 (27).

2. Савина Н.В., Артюшевская Е.Ю. Актуальные проблемы реализации Федерального Закона №261 от 23.11.2009 в Российской Федерации в части теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. №. 1-2. С. 33-38.

3. Власов И.С. Применение солнечных коллекторов в индивидуальных жилых домах // Наука и образование: новое время. 2018. №6. С. 63-68.

4. Айрапетова А.Г., Ластовка И.В. Возобновляемые источники энергии как новый тренд развития мирового энергетического рынка // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2019. № 5-1 (119).

5. Раменский А.Ю. Водород в качестве топлива: предмет и цели стандартизации // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 1. С. 33-44. (Водородная экономика).

УДК 62-973

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОТЛА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Альберт Азатович Халимов<sup>1</sup>, Данила Сергеевич Крехов<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Республика Башкортостан  
<sup>1</sup>albert.xalimow@gmail.com, <sup>2</sup>krekhov98@bk.ru

**Аннотация.** В данной работе рассматривается влияние температуры уходящих газов на эффективность работы котла в условиях крайнего севера. Акцентировано внимание на ограничения по минимальной температуре уходящих газов в целях продления срока эксплуатации газовыводящего тракта.

**Ключевые слова:** низкие температуры, уходящие газы, крайний север, эффективность работы котла.

## **THE EFFECT OF THE EXHAUST GAS TEMPERATURE ON THE EFFICIENCY OF THE BOILER IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH**

Albert A. Khalimov<sup>1</sup>, Danila S. Krekhov<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>2</sup>USPTU, Ufa, Republic of Bashkortostan  
<sup>1</sup>albert.xalimow@gmail.com, <sup>2</sup>krekhov98@bk.ru

**Abstract.** In this paper, the influence of the temperature of the exhaust gases on the efficiency of the boiler in the conditions of the far North is considered. Attention is focused on the restrictions on the minimum temperature of the exhaust gases in order to extend the service life of the exhaust tract.

**Keywords:** low temperatures, exhaust gases, the far north, boiler efficiency.

В энергетической стратегии России до 2020 г. [1] предусматривается увеличение доли потребления угля в энергетической отрасли, за счет ввода угольных ТЭС. При этом доля угля должна возрасти до 44,4 % в структуре потребления топлива, но механизмы по осуществлению программы работают плохо, так как последние десятилетия был запущен процесс замещения угля природным газом.

Крайний Север – часть территории России, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного круга. Значения среднесуточной температуры окружающей среды на крайнем севере представляют собой: январь  $-27^{\circ}\text{C}$ , февраль  $-27^{\circ}\text{C}$ , март  $-10^{\circ}\text{C}$ , апрель  $-7^{\circ}\text{C}$ , май  $-4^{\circ}\text{C}$ , июнь  $+8^{\circ}\text{C}$ , июль  $+14^{\circ}\text{C}$ , август  $+8^{\circ}\text{C}$ , сентябрь  $+3^{\circ}\text{C}$ , октябрь  $-9^{\circ}\text{C}$ , ноябрь  $-16^{\circ}\text{C}$ , декабрь  $-18^{\circ}\text{C}$  [2].

Совокупный объем затрат на энергоснабжение всех потребителей 15 регионов Крайнего Севера равен 1,7 трлн рублей. Огромные затраты регионов Крайнего Севера определяются как низким уровнем энергетической эффективности в этих регионах с дорогостоящим децентрализованным энергоснабжением [3]. При принятии температурных особенностей Крайнего Севера, затраты на энергоснабжение могут существенно снизиться.

По закону термодинамики, чем больше разница температуры уходящих газов и температуры в камере сгорания, тем выше КПД котла [4]. Но в реальном мире есть ограничения на минимальную температуру уходящих газов в целях продления срока эксплуатации газывыводящего тракта. Для котла, работающего на природном газе, она составляет  $120\text{--}130^{\circ}\text{C}$  в условиях средних широт [5]. Значения среднесуточной температуры окружающей среды в условиях средних широт представляют собой: январь  $-15^{\circ}\text{C}$ , февраль  $-12^{\circ}\text{C}$ , март  $-3^{\circ}\text{C}$ , апрель  $+2^{\circ}\text{C}$ , май  $+16^{\circ}\text{C}$ , июнь  $+18^{\circ}\text{C}$ , июль  $+20^{\circ}\text{C}$ , август  $+21^{\circ}\text{C}$ , сентябрь  $+12^{\circ}\text{C}$ , октябрь  $0^{\circ}\text{C}$ , ноябрь  $-4^{\circ}\text{C}$ , декабрь  $-9^{\circ}\text{C}$  [2].

Разницы среднесуточных температур окружающей среды в ходе вычислений получились следующие: январь  $12^{\circ}\text{C}$ , февраль  $12^{\circ}\text{C}$ , март  $7^{\circ}\text{C}$ , апрель  $5^{\circ}\text{C}$ , май  $12^{\circ}\text{C}$ , июнь  $18^{\circ}\text{C}$ , июль  $13^{\circ}\text{C}$ , август  $18^{\circ}\text{C}$ , сентябрь  $18^{\circ}\text{C}$ , октябрь  $9^{\circ}\text{C}$ , ноябрь  $12^{\circ}\text{C}$ , декабрь  $9^{\circ}\text{C}$ .

В условиях крайнего севера для эффективной и надежной работы котла температура уходящих газов должна быть выше, чем для средних широт на  $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$ .

## Источники

1. Энергетическая стратегия развития России на период до 2020 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.cpnt.ru/userfiles/files/normativ\\_energosafe\\_energostrategy.pdf](http://www.cpnt.ru/userfiles/files/normativ_energosafe_energostrategy.pdf) (дата обращения: 05.11.21).

2. Смирнова Л.А., Мусин Д.Т., Сиразутдинов Ф.Р. Об опыте использования цифровых технологий в научно-исследовательской работе студентов-энергетиков // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. 2016. Т. 1. С. 321-325.

3. Башмаков И.А., Дзедзичек М.Г. Оценка расходов на энергоснабжение в регионах Крайнего Севера. М.: ЦЭНЭФ, 2017. 108 с.

4. Иванова А.В., Комина Г.П., Иванов В.Н. Анализ работы дымоходов газовых котлов малой мощности в эксплуатационных условиях Крайнего Севера // Науковий вісник будівництва. 2013. №72. С. 282-285.

5. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Часть 2. Теория горения: учеб. пособие. СПб.: СПбГТУРП, 2011. 142 с.

УДК 621.311.22:620.95

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Артур Ильгизович Шагалеев<sup>1</sup>

Науч.рук канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>shagaleev.artur@yandex.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** Тепловые электрические станции, работающие на органическом топливе, уже долгое время является основным способом добычи электроэнергии. Для их работы используются: природный газ, нефть и уголь, применяющийся в большем объёме по сравнению с другими видами. Соответственно, данный способ добычи электроэнергии будет актуальным еще долгое время, однако обязан совершенствоваться, чтобы становиться более экономичным и экологичным. Для этого используются технологии улавливания и захоронения углерода.

**Ключевые слова:** газ, топливо, технология, эффективность, фермент.

## MODERN METHODS OF GREENHOUSE GAS UTILIZATION AND PERSPECTIVES FOR THEIR DEVELOPMENT

Artur I. Shagaleev  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
shagaleev.artur@yandex.ru

**Abstract.** Thermal power plants running on organic fuel have been the main way of producing electricity for a long time. For their work people use natural gas, oil and coal, which is applied in a larger volume compared to other types. Accordingly, this method of extracting electricity will be relevant for a long time, but it must be improved in order to become more economical and environmentally friendly. Carbon capture and burial technologies are used for this purpose.

**Keywords:** gas, fuel, technology, efficiency, enzyme.

Тепловые электрические станции – основной промышленный источник электроэнергии. Несмотря на развитие солнечной и ветровой энергетики, альтернативы традиционным технологиям сжигания углеводородов в промышленных масштабах до сих пор не существует [1].

Ресурсами для их работы являются ископаемые виды органического топлива, запасов которых хватит более чем на ближайшую пару столетий. Однако проблемой благополучного развития теплоэнергетики является совершенствование тепловых комплексов, увеличение их эффективности и экономичности, а также уменьшение вреда, наносимого ими окружающей среде. При сжигании топлива образуется углекислый газ  $\text{CO}_2$ . Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере влечет за собой уменьшение концентрации кислорода. Данный фактор приводит к появлению «парникового эффекта», принцип которого заключается в пропуске коротковолнового солнечного излучения и поглощении длинноволнового, отраженного от поверхности земли. В глобальном масштабе это приводит к повышению температуры и изменению температурного баланса. Такое воздействие ТЭС на окружающую среду должно быть снижено за счет повышения коэффициента полезного действия, а также в результате осуществления известных и разрабатываемых природоохранных технологий, которые включают в себя технологии улавливания вредных веществ в технологических процессах подготовки топлива, его сжигания и удаления газовых и твердых продуктов сгорания. Принятие таких мер требует больших затрат. Но выбор оптимального подхода на пути к организации последовательного внедрения более эффективных и в тоже время более дорогостоящих, природоохранных мероприятий по мере роста возможностей мировой экономики позволит минимизировать чрезмерное воздействие этих затрат на цену электрической энергии [2].

Технологии улавливания и захоронения углерода (carbon capture and storage technology – CCS) являются крайне важными для предотвращения роста температуры на планете. Использование данных технологий – эффективный способ снижения объёмов выбросов «грязных» предприятий.

Используемый метод аминовой очистки из-за своей дороговизны не нашел широкого применения в промышленности. Однако новые технологические решения дадут возможность удешевить данный метод и позволят внедрить его в промышленных масштабах. Ряд недостатков, включающих в себя высокую стоимость установок, отсутствие инфраструктуры не позволяют активно применять традиционные методы выделения  $\text{CO}_2$  из дымовых газов. При данных обстоятельствах перспективной стала технология кальцево-карбонатного цикла (ККЦ), которая использует в качестве хемосорбента (сорбент, образующий при взаимодействии с поглощаемым веществом химическое соединение) оксид кальция, добываемого из недорогих и распространённых кальцийсодержащих известняков, и доломитов. Данная технология ориентирована на угольные электростанции с высокими выбросами  $\text{CO}_2$ .

Также перспективными являются мембранные системы для захвата  $\text{CO}_2$  до сжигания. Они не требуют серьезных инвестиций по установке. Мембрана пропускает конденсирующиеся пары ( $\text{C}_3+$  углеводороды и тяжелее; ароматические углеводороды; воду), но не препятствует прохождению неконденсируемых газов (метан, этан, азот и водород). Данный метод позволит существенно снизить отрицательное влияние выбросов углекислого газа на экологию, сократит затраты на добычу электроэнергии [3].

Другой альтернативой является экологически чистое выделение углекислого газа с помощью ферментов – органических веществ белковой природ. Главную роль выполняет карбоангидраза, который можно сравнить с ферментом человеческих легких, захватывающим и выводящим  $\text{CO}_2$  из крови и тканей. Карбоангидраза катализирует химическую реакцию между диоксидом углерода и водой, преобразуя углекислый газ в бикарбонат, который может быть переработан в пищевую соду или мел.

Рынок технологий улавливания еще находится на стадии развития, по всему миру уже существуют проекты с использованием данных технологий. Предположительно, проявление технологического тренда придется на следующее десятилетие, в 2030-2040 гг. [4].

### Источники

1. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111-113.

2. Гурьянов М. В. Высокооктановые виды топлив // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 167-170.

3. Горбунов К.Г. Вопросы повышения эффективности системы теплоснабжения // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 41-43.

4. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

УДК 620.19

## МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Розалина Зуфаровна Шакурова<sup>1</sup>, Сергей Олегович Гапоненко<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>shakurova.rz@gmail.com, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

**Аннотация.** В статье предложен способ оценки технического состояния проводящих инженерных коммуникаций, позволяющий оперативно и высокой точностью выявлять дефекты, и применимый к объектам любых материалов.

**Ключевые слова:** надежность, безопасность, трубопровод, эффективность.

## METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINE NETWORKS

Rozalina Z. Shakurova<sup>1</sup>, Sergey O. Gaponenko<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

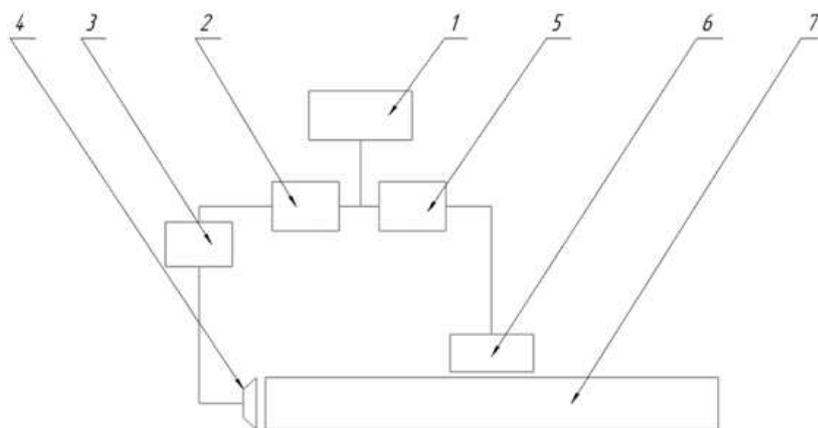
<sup>1</sup>shakurova.rz@gmail.com, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

**Abstract.** The article proposes a method for assessing the technical condition of conducting engineering communications, which allows to quickly and accurately identify defects, and is applicable to objects of any materials.

**Keywords:** reliability, safety, pipeline, efficiency.

Трубопроводные сети – это сложные технические объекты, которые требуют детальной проработки с точки зрения надежности и безопасности [1]. В России трубопроводные сети имеют большую протяженность, соединяя жизненно важные для страны объекты, обеспечивая потребителей теплом, горячей водой и паром. Однако большая часть трубопроводов нуждается в замене, так как имеют большую наработку по времени [2]. Ежегодно в России меняют многие километры трубопроводов, однако заменить трубы быстро всё же не получится. Поэтому для предотвращения аварийных ситуаций необходимо регулярно производить мониторинг технического состояния трубопроводов. Для этой цели применяют такие методы, как опрессовка повышенным давлением, ультразвуковой контроль, магнитооптическая дефектоскопия, видеодиагностика и капиллярный метод контроля [3]. Однако перечисленные методы обладают рядом недостатков, так что на практике применяется несколько методов оценки технического состояния трубопроводов.

Разработан метод оценки технического состояния трубопроводных сетей, применимый к трубопроводам любых материалов, и позволяющий оперативно и высокой точностью выявлять дефекты. На рисунке изображена блок-схема реализации метода оценки технического состояния трубопроводных сетей [4].



Блок-схема реализации метода

Метод оценки технического состояния трубопроводных сетей осуществляется следующим образом [4]. Динамический излучатель 4 генерирует в полости исследуемого трубопровода 7 акустические колебания с резонансной частотой. Диапазон исследуемых частот находится в интервале от 250 Гц до 15 кГц.

Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 1 производится с помощью цифро-аналогового преобразователя 2, а усиление сигнала динамического излучателя с помощью усилителя 3. Пьезоэлектрический датчик 6 перемещается вдоль исследуемой поверхности, через заданные интервалы производится измерение параметров колебаний. Измеренный сигнал от пьезоэлектрического датчика 6 через аналого-цифровой преобразователь 5 поступает в персональный компьютер для дальнейшего анализа и обработки.

По полученным данным строится график распределения амплитуды колебаний трубопровода по линии измерения. Далее по полученному графику строят полином. Степень полинома подбирается автоматически исходя из заданной точности аппроксимации. В зависимости от чувствительности строится доверительный интервал, который определяет наличие или отсутствие дефектов. Для построения границ доверительного интервала производится вычисление дисперсии линии регрессии. После чего эти границы транслируются в вероятностную зависимость путем использования порога обнаружения и нормальной функции распределения вероятностей [5].

Критерием наличия дефекта является нарушение гладкости функции (выход значения амплитуды колебания в контролируемой точке за пределы доверительного интервала). Локализация дефекта и его размеры определяются местоположением и степенью нарушения гладкости функции.

### **Источники**

1. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. N 6. С. 188-201.

2. Shakurova, R. Z., Gaponenko S. O., Kondratiev A. E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services // E3S Web of Conferences: RSES 2020. P. 01079.

3. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Методика выявления и локализации дефектов энергетического оборудования. // Матер. междунац. науч. конф. «Тинчуринские чтения–2020. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 162-165.

4. Виброакустический способ оценки технического состояния проводящих инженерных коммуникаций [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://cdn.krohne.com/dlc/MA\\_CORIMASS\\_G\\_ru\\_72.pdf](http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf) (дата обращения: 12.03.15).

5. Чертищев В.Ю. Оценка вероятности обнаружения дефектов акустическими методами в зависимости от их размера в конструкциях из ПКМ для выходных данных контроля в виде бинарных величин // Авиационные материалы и технологии. 2018. N 3 (52).

УДК 697.38

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Александр Владимирович Ястребов<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>sanchosavach@mail.ru, <sup>2</sup>aecondr@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложены особенности применения системы воздушного отопления, то есть описан принцип работы данной системы, приведены основные виды систем воздушного отопления, указаны основные преимущества и недостатки при эксплуатации данной системы.

**Ключевые слова:** система воздушного отопления, вентиляция, кондиционирование, система водяного отопления, преимущества, недостатки.

## FEATURES OF THE APPLICATION OF THE AIR HEATING SYSTEM

Alexandr V. Yastrebov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
sanchosavach@mail.ru

**Abstract.** The article proposes the features of the application of the air heating system, that is, the principle of operation of this system is described, the main types of air heating systems are given, the main advantages and disadvantages in the operation of this system are indicated.

**Keywords:** air heating system, ventilation, air conditioning, water heating system, advantages, disadvantages.

В системе воздушного отопления используется воздух, который нагревается до температуры более высокой, чем температура воздуха в помещении, и подается в помещение для компенсации теплотерь здания. Для подогрева используются различные виды воздухонагревателей, калориферов и воздушно-отопительные агрегаты. В основном, необходимо иметь источник тепла, с помощью которого подогревается воздух для отопления.

Системы воздушного отопления классифицируются по способам размещения оборудования и подготовки воздуха на централизованные, в которых воздух подготавливается в едином центре, и децентрализованные, в которых используются воздушно-отопительные агрегаты, предназначенные для отдельных помещений. Системы воздушного отопления также разделяют по способу замены воздуха в помещении: прямоточные, рециркуляционные и с частичной рециркуляцией. Есть и другие виды классификации систем воздушного отопления [1, С. 268].

Системы воздушного отопления чаще всего используются для обогрева помещений с большими объемами, в виду из-за преимущества данной системы обладать высокой тепловой инерции. Данные системы получили широкое распространение в США, Канады и Великобритании из-за простоты и достоинств данных систем [2].

Основные преимущества системы воздушного отопления: возможность совмещения данной системы с системами вентиляции и кондиционирования; возможность быстрого обогрева и охлаждения помещений; использования автоматического управления микроклиматом и зонирования по помещениям и этажам [3, С. 36].

Одним из недостатков данной системы является низкая относительная влажность подаваемого воздуха. Для решения данной проблемы используются установки для увлажнения воздуха, которые рассмотрены в работе [4, С. 112]. Другим недостатком является замерзание образованного конденсата в устройствах утилизации теплоты вытяжного воздуха. Способы устранения данного недостатка рассмотрены в работе [5, С. 203-205]. Следующим недостатком системы является возникновения шума от работы вентиляторов и движения воздуха по воздуховодам. Для уменьшения шума применяются гибкие воздуховоды, однако их срок эксплуатации составляет не более 10 лет. Поэтому для воздуховодов применяются металлические воздуховоды, покрытые шумоизоляцией. Для снижения вибрации и шума от работы вентиляторов применяются гибкие вставки [6, С. 57].

Применение системы воздушного отопления, совмещенной с вентиляцией и кондиционированием, по сравнению с водяным отоплением экономически выгодно тем, что капитальные затраты для обустройства каждой системы по отдельности составят больше, чем при воздушном отоплении с вентиляцией и кондиционированием воздуха.

### **Источники**

1. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Бояршинова А.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2021. 336 с.

2. Принцип работы и особенности системы воздушного отопления: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://znatoktepla.ru/otoplenie/v-dome/sistema-vozdushnogo-otopleniya.html> (дата обращения: 10.11.21).

3. Володин Г.И. Монтаж и эксплуатация систем вентиляции и кондиционирования: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2019. 212 с.

4. Горбунов К.Г., Кондратьев А. Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111-113.

5. Ястребов А.В. Способы устранения замерзания конденсата в устройствах утилизации телоты вытяжного воздуха // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 203-205.

6. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Оборудование вентиляционных систем: учеб.-метод. пособие. М.: МИСИ–МГСУ, 2019. 59 с.

### СЕКЦИЯ 3. Энергообеспечение, энергоресурсосбережение и строительство

УДК 62-176.2

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК С НИЗКОКИПЯЩИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ

Роман Николаевич Александров  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
romka.alex15@yandex.ru

**Аннотация.** В этой статье рассматривается проблема утилизации теплоты уходящих газов при помощи установки с низкокипящим рабочим телом (НРТ) работающие по органическому циклу Ренкина (ОЦР). Из-за низкой температуры кипения органических жидкостей ОЦР является эффективным способом повышения эффективности рекуперации низкотемпературного отходящего тепла. Так же будут рассмотрены рабочие жидкости с оптимальным соотношением выработки тепла и электроэнергии.

**Ключевые слова:** органический цикл Ренкина, низкокипящее рабочее тело.

#### PROSPECTS OF APPLICATION OF PLANTS WITH LOW-BOILING WORKING BODY

Roman N. Alexandrov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
romka.alex15@yandex.ru

**Abstract.** This article deals with the problem of utilizing the heat of exhaust gases using a unit with a low-boiling working fluid operating according to the organic Ranken cycle (ORC). Because of the low boiling point of organic liquids, ORC is an effective way to improve the efficiency of low temperature waste heat recovery. Working fluids with an optimal ratio of heat and power generation will also be considered.

**Keywords:** organic Rankine cycle, low-boiling working fluid.

Одной из приоритетных задач энергосбережения является эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. В России внедрение экономически эффективных энергосберегающих технологий соответствует основным положениям Энергетической стратегии России до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ №1715-р от 13.11.2009) и Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан на период до 2030 г. (Закон РТ №41-РТ от 17.06.2015) [1].

Повышение термодинамической эффективности генерации энергии различных видов необходимо рассматривать как один из возможных путей решения этой задачи [2]. ОЦР хорошо подходит для этих задач, в основном из-за возможности восстановления низкотемпературного тепла и возможности реализации децентрализованных электростанций с меньшей мощностью.

Для утилизации теплоты могут применяться газотурбинные установки (ГТУ) [3]. Установки на НРТ состоят из трех основных элементов: расширитель (турбина), насос и теплообменник. Эти элемент образуют основу для эффективной работы и реализации процессов теплового контура ОЦР. В этих элементах происходит изменение свойств рабочего тела, где эффективность цикла может быть определена по известной температуре подведенной теплоты от источника и отведенной теплоты от цикла. И все же эффективность цикла зависит от свойств рабочего тела [4].

Температура промышленных источников отходящего тепла находится в диапазоне 150–300 °С. Установлено, что более высокая температура горячей воды на выходе увеличивает эксергию конденсатора, но снижает выходную мощность испарителя. И наоборот, низкая температура на выходе (~ 30 °С) обеспечивает высокую выходную мощность, но низкую эксергию охлаждающего потока и, следовательно, низкий потенциал для обогрева зданий или для обеспечения других промышленных потребностей в тепловой энергии [5].

Следует отметить, что, как правило, профили подачи отходящего тепла и потребности в низкотемпературном тепле не будут согласованы. В частности, промышленные отходы тепла строго связаны с конкретными производственными процессами, а профили тепловых потребностей зданий сильно влияют суточные и сезонные колебания. Это означает, что без подходящих систем аккумулирования тепла когенерационное тепло из систем ОЦР может отводиться в течение значительных периодов года [6]. Лучшая рабочая жидкость, полученная в результате процедуры оптимизации, может быть не оптимальной, если потребность в тепле зависит от высоких временных изменений и не соответствует профилю мощности ТЭЦ.

Различают чистые рабочие жидкости и их смеси. Чистые жидкости демонстрируют неизотермическое испарение, что в некоторых случаях может использоваться для повышения средней температуры подводимого тепла, следовательно, температурный профиль источника тепла может согласовываться с рабочей жидкостью, что снижает потери в испарителе.

Точно так же процесс отвода тепла является неизотермическим для смесей, что может повысить среднюю температуру отвода тепла. Ожидается, что это отрицательно скажется на эффективности цикла. Однако, учитывая, что конденсатор используется для обеспечения полезного нагрева, температурный профиль конденсатора может быть лучше согласован с использованием смеси рабочего тела, что может улучшить общие эксергетические характеристики системы [5].

Оптимальные рабочие жидкости обычно представляют собой смеси углеводородов, обычно смеси пентана или гексана с другими алканами. Другой ключевой характеристикой этих рабочих жидкостей является то, что они преимущественно содержат высокую концентрацию пентана или гексана. Частично это связано с тем, что пентан и гексан являются двумя наиболее эффективными чистыми рабочими жидкостями, а также тем, что их смеси лучше подходят для потоков источников и поглотителей тепла.

### Источники

1. Гафуров А.М., Осипов Б.М., Гафуров Н.М., Гатина Р.З. Способ утилизации тепловых вторичных энергоресурсов промышленных предприятий для выработки электроэнергии // Известия вузов. Проблемы энергетики 2016. №11-12. С. 36-42.

2. Овсянник А.В., Ключинский В.П. Турбодетандерные установки на низкокипящих рабочих телах // Энергетика. Известия вузов и энерг. объединений СНГ. Т. 64, № 1. 2021. с. 65–77.

3. Тарасов С.А., Фомин В.А. Газотурбинная установка малой мощности с утилизацией теплоты в контуре с низкокипящим рабочим телом // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2017. Т. 23. №1. С. 61–68.

4. Гафуров А.М. Способ преобразования сбросной низкопотенциальной теплоты ТЭС в работу низкотемпературного теплового двигателя с замкнутым контуром // Вестник КГЭУ. 2016. №3 (31). С. 73–78.

5. Oyeni A. Oyewunmi, Christoph J.W. Kirmse, Antonio M. Pantaleo, Christos N. Markides. Performance of working-fluid mixtures in ORC-CHP systems for different heat-demand segments and heat-recovery temperature levels // Energy Conversion and Management 2017. 148. С. 1508–1524.

6. Sylvain Quoilin, Martijn VanDenBroek, Se'bastien Declaye, Pierre Dewallef, Vincent Lemort. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews 2013. 22. С. 168–186.

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ФЕРМЕРСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Данис Аскатович Ахмадиев

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент А.В. Танеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
daxmadiev1@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены данные по доказательству применения биогазовых установок на фермерских хозяйствах, в том числе на животноводческих фермах.

**Ключевые слова:** биогаз, навоз, анаэробный, энергия, установка, ферма.

## ANALYSIS OF THE USE OF A BIOGAS POWER PLANT IN A FARM

Danis A. Akhmadiev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
daxmadiev1@mail.ru

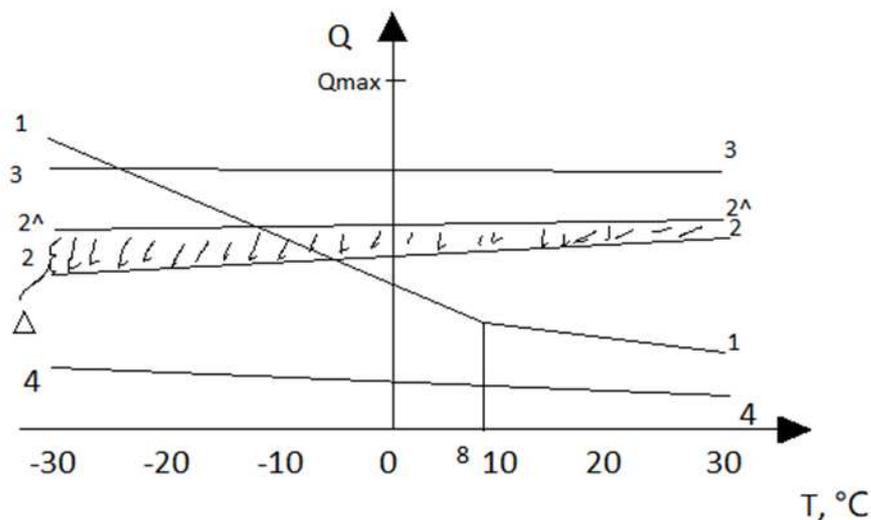
**Abstract.** The article presents data on the evidence of the use of biogas plants on farms, including livestock farms.

**Keywords:** biogas, manure, anaerobic, energy, plant, farm.

Принятие продукции высокого качества, обладающего малыми затратами по труду и энергии, тесно зависит от большой степени механизации комплексов по животноводству.

Отопление, вентиляция, горячее водоснабжение осуществляют свою деятельность в результате системы теплоснабжения. Для того, чтобы производить и доставлять тепло на комплексы применяют котельные установки, использующие традиционные источники. Но из-за частой нехватки традиционных источников энергии и частого повышения цен используют нетрадиционные источники энергии (НИЭ). В основном это биогазовые установки (БУ), которые преобразовывают энергию анаэробного сбраживания навоза.

В зимнее время использование тепловой энергии на животноводческих комплексах носит неравномерный характер. Потребление энергии в комплексе животноводства в зависимости от температуры наружного воздуха и времени года можно продемонстрировать следующим ниже приведенным графиком (см. рисунок, линия 1-1) [1].



Затраты на выработку энергии биогазовой установки (БУ) и теплоснабжение фермерского хозяйства в зависимости от температуры воздуха снаружи: 1-1 – тепловые затраты по надобности предприятия; 2-2 – полезная производительность (БУ); 2'-2' – полезная производительность БУ при учете выполнения комплекса действий, направленных на понижение затрат по собственным нуждам; 3-3 – общая производительность БУ; 4-4 – затраты БУ на собственные нужды; дельта ( $\Delta$ ) – описывает эффективность решений 2-2 и 2'-2'

Летом, начинается переизбыток энергетических ресурсов. Среднемесячные нагрузки, касающиеся самого предприятия, становятся выше производительности БУ зимой. Но годовая общая производительность БУ намного больше, чем необходимые затраты. В зимнее время полное повышение нагрузки не способно превысить месячную установочную производительность [2].

Для больших комплексов совместное снабжение энергетическими ресурсами сторонних потребителей, получение тепловой и электрической энергии способствуют применению нетрадиционных источников. Например, это могут промышленные предприятия [3].

Для использующихся в малых частных фермерских хозяйствах установок, имеющих объем реактора менее  $100 \text{ м}^3$ , в качестве главного вопроса встает объем экономии собственных затрат, которая составляет 58 %, несмотря на то, что общая производительность установки, в принципе, небольшая [4].

### Источники

1. Баадер В., Бреннденфер М., Доне Е. Биогаз. Теория и практика. М.: Колос, 1982. 148 с.
2. Романенко Г. Передовые научные разработки – агропромышленному производству // АПК - экономика и управление. 2007. №3. С. 3-6.

3. Дремичева Е.С., Зверева Э.Р., Бурганова Ф.И., Зверев Л.О. Перспективы технологии совместного сжигания биомассы и угля на объектах энергетики // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №1. С. 119-130.

4. Мариненко Е.Е., Комина Г.П. Экологические аспекты использования биогаза в СССР и за рубежом. М.: ВНИИЭгазпром, 1990. 43 с.

УДК 332.5

## ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ПОГОДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Ильсаф Фаилевич Ахметгалиев<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>info.ahmet@yandex.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация.** В статье описан способ увеличения экономии тепловой энергии жилых и общественных зданий за счет установки систем автоматического погодного регулирования.

**Ключевые слова:** погодное регулирование, автоматическое регулирование, регулирование отопления, системы отопления.

## ADVANTAGES OF IMPLEMENTING WEATHER CONTROL SYSTEMS IN RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Ilisaf F. Ahmetgaliev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>info.ahmet@yandex.ru

**Abstract.** The article proposes method of conserving heating power in dwellings and public buildings through automatically adjustable weather dependent guidance system installation.

**Keywords:** weather dependent guidance, automatic adjustment, management of heating, heating system.

На сегодняшний день особое внимание при проектировании и модернизации систем теплоснабжения жилых и общественных зданий уделяется вопросам повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения. В связи с этим экономия расходования энергоресурсов на отопления становится приоритетной задачей.

Основными проблемами для многих систем отопления является наличие осенне-весенних перетоков и рост тарифов на тепловую энергию, что связано с нерациональным использованием тепловой энергии [1].

Значительная экономия тепловой энергии в сфере ЖКХ может быть достигнута за счет внедрения в индивидуальные тепловые пункты систем автоматического регулирования температуры теплоносителя в системе отопления здания. Такая система позволяет поддерживать температуру внутри помещений на оптимальном уровне, исходя из температуры наружного воздуха, путем регулирования расхода теплоносителя в периоды резких колебаний температур [2].

Одним из перспективных методов автоматического регулирования, позволяющего значительно повысить экономию тепловой энергии, является система погодного регулирования. Изменение расхода тепловой энергии подобного рода систем происходит под управлением контроллера путем подмешивания холодной воды из обратного трубопровода в подающий с помощью регулирующего клапана. Температура воды при этом меняется в зависимости от температуры наружного воздуха. Основной задачей установки такой системы в индивидуальных тепловых пунктах жилых и общественных зданий – создания наиболее комфортных условий с минимальными затратами на теплоснабжения при существенной экономии тепловой энергии [3].

Система работает следующим образом: температурный датчик наружного воздуха устанавливается на теневую сторону и передает данные в блок управления. Температура воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения также фиксируется с помощью датчиков. С помощью полученных данных контроллер вычисляет разницу между подаваемой в данный момент температурой теплоносителя и оптимальной температурой для фактической температуры наружного воздуха в данный момент времени. Необходимые действия по регулированию подачи тепла осуществляются изменением скорости подачи теплоносителя путем управления регулирующим клапаном [4].

Однако даже такая система регулирования имеет свои недостатки, одной из которых является инерционность ограждающих конструкций и систем отопления. Экономический эффект при использовании систем автоматического регулирования напрямую зависит от материала и массы теплообменного аппарата, а также от массы воды в нем [5].

Современные электронные регуляторы температуры оснащаются системами удаленного управления и диспетчеризации. Возможность управления данными регуляторами позволяет заранее узнавать об изменениях погодных условий с помощью кратковременных прогнозов, что является решением проблемы высокой инерционности наружных ограждений зданий.

Наличие хорошо работающей системы автоматического управления тепловым потоком непосредственно в тепловом пункте, а также правильная компоновка и наладка системы отопления позволяют значительно снизить потери тепловой энергии отапливаемого объекта [6].

### **Источники**

1. Горбунов К.Г. Проект перехода на индивидуальные тепловые пункты в сфере теплоснабжения // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2019. № 1. С. 43-45.

2. Алимкулова С.Р. Автоматизация индивидуальных тепловых пунктов // В сб.: XIV междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2019. Т. 2. С. 75-78.

3. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 203-205.

4. Ахметзянова Л.Г. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 106-108.

5. Федотова А.О. Перспективные материалы для изготовления теплообменных аппаратов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 183-185.

6. Сабирова Л.Р. Построение автоматизированного индивидуального теплового пункта на основе искусственного интеллекта // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 164-166.

## ПРОБЛЕМЫ ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ. ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Илья Анатольевич Бабушкин

Науч. рук. ст. преп. С.Р. Сайтов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

7ilya11@mail.ru

**Аннотация.** В связи с продолжающимся падением доходов населения, возникает необходимость изменения тарифной политики при уплате налогов на ЖКХ. В данной статье были рассмотрены принципы перехода к новой двухставочной политике, определены риски, а также разработаны способы их смягчения или устранения, оценено влияние наиболее значимых рисков.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, одноставочный и двухставочный тарифы, потребители энергии.

## PROBLEMS OF TARIFF POLICY IN FIELD OF HEAT POWER ENGINEERING. WAYS OF THEIR SOLUTION

Ilya A. Babushkin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

7ilya11@mail.ru

**Abstract.** In connection with the continuing decline in the income of the population, there is a need to change the tariff policy when paying taxes on housing and communal services. In this article, the principles of transition to a new two-rate policy were considered, risks were identified, and methods were developed to mitigate or eliminate them, and the impact of the most significant risks was assessed.

**Keywords:** heat power engineering, ash, industrial enterprise, waste.

Вес теплоэнергетики в нашей жизни огромен. Она является часть экономики страны. Ею потребляется половина энергетических ресурсов страны. Следовательно, и планы по её развитию будут актуальными всегда.

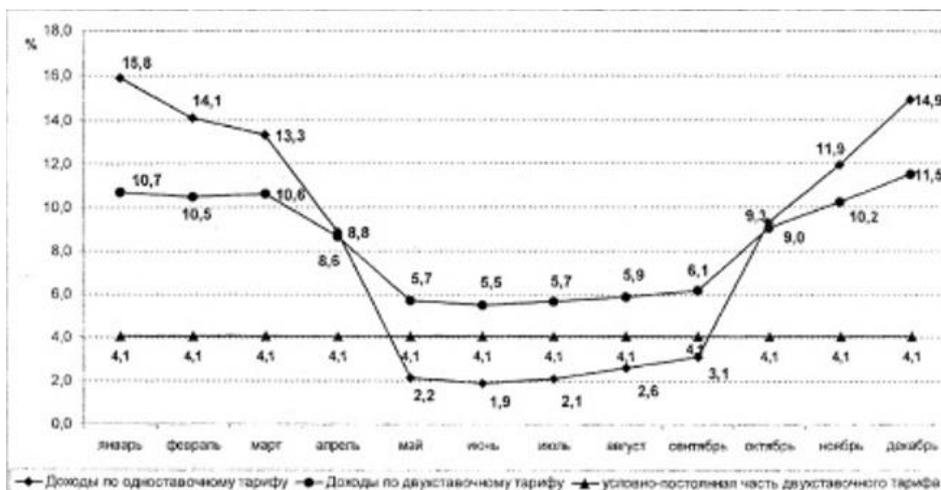
Как показывает практика, самым эффективным методом влияния на выравнивание графика нагрузки является использование экономических стимулов для потребителей: понижение стоимости единицы энергии и ее повышение в часы максимума нагрузки. [1]. И такие задачи, как повышение надёжности, ресурсообеспечивания и достижения наибольшей экономичности являются наиболее важными. И любые сбои в этой системе будут негативно отражены на экономике и общественных настроениях [2].

Одним из возможных способов регулирования данного вопроса является преобразование действующей политики тарифообразования [3]. Современный одноставочный тариф, применяющийся большей частью предприятий, прост в применении. Он включает в себя общую формирующуюся стоимость тепловой энергии на этапах её производства, транспортировки и распределения. Однако у него есть и свои минусы, такие как температурная и сезонная зависимость. Грубо говоря, оплата идёт строго по кварталам, что и мешает людям рассчитать затраты на долгосрочный период.

Как раз это фактор может подтолкнуть предприятия начать рассматривать двухставочную политику, широко применяемую в странах Западной Европы [4]. Она включает в себя плату за мощность (фиксированный тариф) и за тепловую энергию (переменный тариф). Такая система позволит сбалансировать траты на выработку энергии, и в частности сделать финансовый вопрос на предприятиях более устойчивым.

Так, например, внедрение такого тарифа в 2000 г. на Украине позволила людям, проживающим группой в 5 человек, сэкономить порядка 22–23 % от оплаты. Однако тем, кто живёт один, придётся увеличить расходы на коммунальные услуги примерно в 1,7 раз [5]. Таким образом, такая политика будет выгодна большим семьям, количество которых на 2020 г. порядка 42 000 000 млн человек.

Другой пример, расчёт затрат одноставочной политики в сравнении с двухставочной на примере Москвы в 2002 г. [6]. На рисунке представлены месячные доли оплаты средств от годового объёма использования тепловой энергии.



Месячные доли поступления средств оплаты от годового объема реализации тепловой энергии

Расчет показателей платы по одноставочному и двухставочному тарифам

| месяц        | реализация, тыс. Гкал | платеж по одноставочному тарифу, руб. | платеж по двухставочному тарифу, руб. |               |            | соотношение плат. по двух. тарифу к плат. по одност. тарифу |
|--------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------|------------|-------------------------------------------------------------|
|              |                       |                                       | за нагрузку                           | за реализацию | ИТОГО      |                                                             |
| ИТОГО за год | 543,02                | 219792,41                             | 100344,74                             | 112828,51     | 213173,24  | 97,0 %                                                      |
|              |                       | в т.ч. НДС                            | в т.ч. НДС                            | в т.ч. НДС    | в т.ч. НДС |                                                             |
|              |                       | 36632,07                              | 16724,12                              | 18804,75      | 35528,87   |                                                             |

Анализируя пример, видна выгода нового тарифа. Он помогает сбалансировать траты энергии до разницы на 5,2 % по сравнению с 13,9 % у одноставочной. Что поможет сэкономить в год порядка 8–10% (см. таблицу).

**Источники**

1. Юсупова И.В., Селезнев Д.К., Особенности стратегирования на региональном и муниципальном уровнях (На примере Республике Татарстан) // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10. С. 140-148.
2. Borecki M. Risk level analysis in the selected (initial) stage of the project life cycle // 2020. Т. 11 С. 104-112.
3. Наумов А.А. Участие населения и приравненных к нему потребителей в регулировании графика потребления ЭЭ // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 9-10. С. 84-91.
4. Ryszard Bartnik, Berenika Bartnik, Anna Hnydiuk-Stefan. A formulate of problem of seeking an optimum investment in power engineering. 2016. С. 9-41.

5. Русланов Г.В., Хотина Г.С., Козлов А.А., Дубовик В.С. Двухставочный тариф в теплоснабжении // Новости теплоснабжения. 2001. № 4.

6. ООО «Научно – консультационный центр жилищно-коммунального хозяйства» («НКЦ ЖКХ») [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/41/41591/index.htm#i44245>. (дата обращения: 05.11.21).

УДК 620.9

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГТУ-ТЭС

Юлия Станиславовна Щеголькова<sup>1</sup>, Руслан Николаевич Барышев<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент А.В. Ахмеров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>uliya\_0816@mail.ru, <sup>2</sup>528825116@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено описание комбинированного устройства на базе ГТУ, описан принцип его работы и выделены характерные особенности установки. Приведено подробное описание узлов и агрегатов установки с описанием их назначения и функционала в рамках ГТЭС. Отдельно выделены преимущества и недостатки описанной комбинированной установки, имеющие важное значение при ее эксплуатации.

**Ключевые слова:** газотурбинная установка, тепловая электростанция, когенерация, эффективность, преимуществ, недостатки.

## ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMBINED APPLICATION OF GTU-TPP

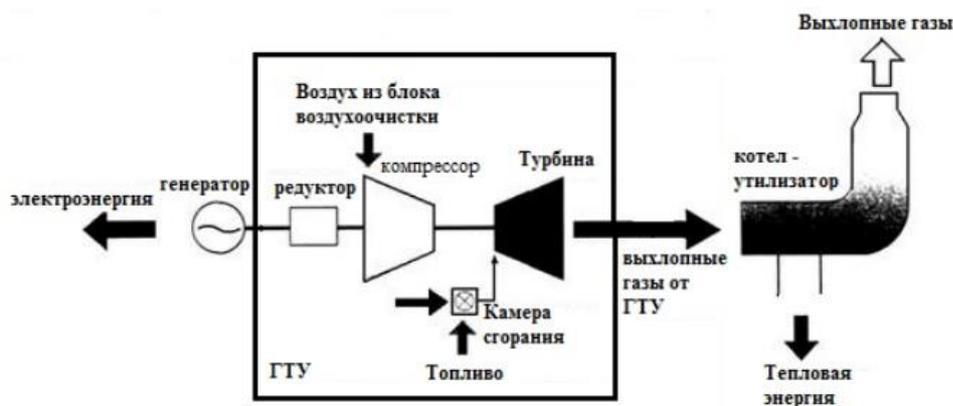
Yulia S. Shchegolkova<sup>1</sup>, Ruslan N. Baryshev<sup>2</sup>  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>uliya\_0816@mail.ru, <sup>2</sup>528825116@mail.ru

**Abstract.** The article presents a description of a combined gas turbine-based device, describes the principle of its operation, and highlights the characteristic features of the installation. A detailed description of the units and assemblies of the installation is given, with a description of their purpose and functionality within the GTPP. The advantages and disadvantages of the described combined installation, which are important in its operation, are highlighted separately.

**Keywords:** gas turbine unit, termalpowr plant, cogeneration, efficiency, advantages, disadvantages.

Газотурбинная электростанция (ГТЭС) представляет собой комбинацию устройств, в которой ключевое значение имеет газотурбинная установка (ГТУ), выступающей в качестве тепловой машины, в которой протекают процессы, в результате которых образуется механическая энергия, которая затем преобразуется в электрическую, и тепловая энергия [1].

Сама ГТУ (см. рисунок) состоит из двух частей – газогенератора и силовой турбины. В газогенераторе изначально с помощью турбокомпрессора нагнетается высокое давление газо-воздушной смеси, которая затем подается в камеру сгорания, где образовавшийся высокоинтенсивный поток направляется в рабочую область силовой турбины и оказывает воздействие на лопатки рабочего колеса турбины. Отработавший выхлопной газ утилизируется в отдельном узле – теплообменном аппарате, для получения тепловой энергии. Согласованная работа данных элементов установки обеспечивается вспомогательными системами автоматизации. Вариация мощности такой установки довольно гибкая и может составлять от десятков киловатт до нескольких в мегаватт, в зависимости от назначения и области применения. В некоторых случаях обоснованным является использование нескольких ГТУ в составе одной ГТЭС [2].



Принципиальная схема ГТЭС

Данный вид установок обладает высокой производительностью и надежностью их работы, первое обеспечивается организацией оптимальных условий сгорания топлива, а второе достигается за счет небольшого числа элементов с высоким запасом прочности. Кроме того, данные установки имеют низкие эксплуатационные расходы в виду низкого расхода смазочных материалов. Вышеописанные особенности позволяют продолжительное время осуществлять непрерывную эксплуатацию ГТЭС. Установки малой мощности могут быть выполнены в виде мобильных ГТЭС, установки, обладающие высокой мощностью, и, соответственно, габаритами выполняются стационарными и монтируются на капитальном фундаменте [3].

Среди значимых преимуществ комбинированного использования ГТЭС можно выделить:

- возможность работы как на газообразном, так и на жидком топливе;
- простота конструкции, что обуславливает высокую надежность;
- отсутствие необходимости строительства градирни и паропроводов;
- небольшая масса и металлоемкость, что обеспечивает низкий уровень шума и вибрации [4];
- малый расход воды, только для охлаждения подшипников и подпитку системы теплоснабжения потребителей, запитанных от установки;
- короткие сроки монтажа и ввода в эксплуатацию;
- когенерационный режим работы установки, что обуславливает высокую эффективность и короткий срок окупаемости.

Среди недостатков можно отметить следующие особенности ГТЭС:

- необходимость использования дорогостоящих жаропрочных материалов в связи высокой теплонагруженностью узлов ГТУ [5];
- необходимость организации местного охлаждения подшипников;
- потери полезной энергии на привод компрессорной установки, необходимой для работы ГТУ;
- использование твердого топлива возможно только после предварительной обработки и подготовки.

### **Источники**

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Технико-экономическая оценка параметров тепловых схем ТЭС с водородным генератором // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №. 2. С. 84-92.
2. Моделирование течения в тракте комплексного воздухоочистительного устройства ГТУ / Блинов В.Л. [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №. 4. С. 66-83.
3. Титов А.В., Осипов Б.М., Николаева Н.В. Представление характеристик узлов в математической модели газотурбинной установки // Вестник КГЭУ. 2017. №. 2 (34).
4. Тугов А.Н., Майданик М.Н. Паровые котлы-утилизаторы за ГТУ мощностью более 25 МВт, установленные на ТЭС России // Газотурбинные технологии. 2018. №. 3. С. 12-15.
5. Скаков А.В., Белоглазов А.В. Оценка влияния на электрическую часть станции модернизации ТЭС за счет строительства ГТУ // Наука. Технологии. Инновации. 2018. С. 187-191.

## РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ НА ЯЗЫКЕ C++

Лейсан Ильфатовна Гимадиева<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. филос. наук, доцент Рушания Рифадовна Тактамышева

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>l-e-y-s-a-n-99@mail.ru

**Аннотация.** Автором разработана программа на языке C++, которая позволяет рассчитать тепловые нагрузки жилого здания.

**Ключевые слова:** расчет тепловых нагрузок жилого здания, прикладная программа, язык C++.

## CALCULATION OF THERMAL LOADS FOR HEATING, VENTILATION AND HOT WATER USING THE PROGRAM IN C++

Leysan Ilfatovna Gimadieva<sup>1</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>l-e-y-s-a-n-99@mail.ru

**Abstract.** The author has developed a program in C++, which allows you to calculate the thermal loads of a residential building.

**Keywords:** calculation of thermal loads of a residential building, application program, C++ language.

Любой анализ основных показателей функционирования системы теплоснабжения необходимо начинать только тогда, когда произведен расчет тепловых нагрузок на отопление и ГВС.

Рассчитать тепловую нагрузку жилых помещений на отопление и вентиляцию можно по (1) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$Q_0 = q_0 \cdot A. \quad (1)$$

Здесь  $q_0$  – расход теплоты, затрачиваемый на отопление  $1 \text{ м}^2$ , Вт/м<sup>2</sup> [2];  $A$  – общая площадь всех этажей здания, м<sup>2</sup>.

Средненедельный расход горячей воды за отопительный период  $G_{\Gamma}^{cp}$ , кг/с, а также тепловой поток  $Q_{\Gamma}^{cp}$ , Вт, отдельных жилых зданий на бытовое горячее водоснабжение (ГВС) определяется по (2) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$G_{\Gamma}^{cp} = \frac{ma}{n_c}; Q_{\Gamma}^{cp} = \frac{1,2ma(t_{\Gamma} - t_x)C}{n_c}, \quad (2)$$

где  $m$  – количество жителей;  $a$  – норма расхода горячей воды для жилых зданий, кг (л) на 1 человека в сутки [3];  $t_{\Gamma}, t_x$  – температуры горячей и холодной воды, соответственно, °С;  $n_c$  – расчетная длительность подачи теплоты на горячее водоснабжение, с/сут;  $C$  – удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4187 Дж/(кг·°С). Коэффициент 1,2 учитывает остывание горячей воды в абонентских системах горячего водоснабжения [4].

```

1  #include<iostream>
2  #include<cmath>
3
4  int main()
5  {
6  setlocale(LC_ALL, "Russian");
7  double q, A, m, a, a_max ;
8  const auto n_c = 24;
9  const auto i = 1.2;
10 const auto n = 3600;
11 const auto t_g = 65;
12 const auto t_x = 5;
13 const auto C = 4.187;
14 std::cout<< " Введите удельную отопительную характеристику жилого здания (Вт/м2): " ;
15 std::cin>>q;
16 std::cout<< "Введите общую площадь здания (м2): " ;
17 std::cin>>A;
18 std::cout<< "Введите количество жителей : " ;
19 std::cin>>m;
20 std::cout<< "Введите норму расхода горячей воды: " ;
21 std::cin>>a ;
22 std::cout<< " Введите норму расхода горячей воды в часы наибольшего водопотребления: " ;
23 std::cin>>a_max ;
24 auto Q_o = q*A/1000;
25 auto G_cp= (m * a) / (n_c * n) ;
26 auto Q_cp= (i * m * a * (t_g- t_x) * C) / (n_c * n) ;
27 auto G_max= (m * a_max) / n ;
28 auto Q_max= (i * m * a_max * (t_g- t_x) * C) / n ;
29 std::cout<< " Тепловая нагрузка на отопление жилого помещения (кВт): " << Q_o <<std
::endl
30 << " Средненедельный расход горячей воды (кг/с): " << G_cp <<std::endl
31 << " Средненедельный тепловой поток (кВт): " << Q_cp <<std::endl
32 << " Максимальный расход горячей воды (кг/с): " << G_max <<std::endl
33 << " Максимальный тепловой поток (кВт): " << Q_max <<std::endl;
34 return 0;
35 }

```

Рис. 1. Программа для вычисления тепловых нагрузок жилого здания

По приведенным формулам в ручном режиме расчет занимает время, и не исключены недочеты или арифметические ошибки в силу «человеческого фактора». С целью избежать выше перечисленных проблем, рекомендуется использовать специализированные программы, одна из которых была разработана автором статьи. В частности, программа, позволяющая рассчитать тепловые нагрузки жилого здания, будет иметь следующий вид [5] (рис. 1) Введем исходные данные.

```
Введите удельную отопительную характеристику жилого здания (Вт/м2): 41.2
Введите общую площадь здания (м2): 2800
Введите количество жителей : 186
Введите норму расхода горячей воды: 80
Введите норму расхода горячей воды в часы наибольшего водопотребления: 7.6
```

Рис. 2. Ввод известных значений в программу

```
Тепловая нагрузка на отопление жилого помещения (кВт): 115.36
Средненедельный расход горячей воды (кг/с): 0.172222
Средненедельный тепловой поток (кВт): 51.9188
Максимальный расход горячей воды (кг/с): 0.392667
Максимальный тепловой поток (кВт): 118.375
```

Рис. 3. Вывод результатов расчетов в программе C++

Таким образом, сравнительный анализ расчетов, произведенных вручную и автоматически, показал, что результаты, полученные с помощью специализированной, разработанной автором программы, являются достоверными и наглядными, а также позволяют упростить и ускорить решение многих задач.

### Источники

1. Ильин В.К., Гусякин А.М. Курсовое проектирование по теплоснабжению предприятий: учеб.-метод. пособие. Казань: КГЭУ, 2018. 150 с.
2. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 63 с.
3. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. 2017. 68 с.
4. Ильин Е.Т., Печенкин С.П. Режимы работы и эксплуатация ТЭС. М.: МЭИ, 2012. 29 с.
5. Прата Стивен. Язык программирования C++. Лекции и упражнения. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 50-55 с.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕНОСА ФУНКЦИИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ НА СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ирина Николаевна Запольская<sup>1</sup>, Станислав Константинович Шаповалов<sup>2</sup>

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Ю.В. Ваньков

<sup>1</sup>Филиал АО «Татэнерго» - Казанские тепловые сети, г. Казань, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>zapolskayain@tatenergo.ru, <sup>2</sup>YDstanislav-shapovalov@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен опыт и результаты перехода от центральных тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным тепловым пунктам (ИТП) в городах с закрытой схемой теплоснабжения. Главной целью исследования является разработка методики и дальнейшее его использования для разработки программного комплекса для оценки влияния модернизации системы горячего водоснабжения на систему теплоснабжения городов с закрытой схемой. Для достижения этой цели был проведен анализ более 700 многоквартирных домов по г. Казани. При решении поставленной задачи были рассмотрены факторы и причины, влияющие на показатели работы системы теплоснабжения при переносе функций горячего водоснабжения в ИТП.

**Ключевые слова:** горячее водоснабжение, энергосбережение, тепловые потери, индивидуальный тепловой пункт, центральный тепловой пункт.

## METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPACT OF TRANSFERRING THE FUNCTION OF HOT WATER SUPPLY TO AN INDIVIDUAL THERMAL STATION ON THE HEAT SUPPLY SYSTEM

Irina N. Zapolskaya<sup>1</sup>, Stanislav K. Shapovalov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC Tatenergo branch, the Kazan thermal networks, Kazan, Russia

<sup>2</sup>KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan.

<sup>1</sup>zapolskayain@tatenergo.ru, <sup>2</sup>YDstanislav-shapovalov@yandex.ru

**Abstract.** The article discusses the experience and results of the transition from central thermal stations (CTS) to individual thermal stations (ITS) in cities with a closed heat supply scheme. The main purpose of the study is to develop a methodology and its further use for the development of a software package to assess the impact of modernization of the hot water supply system on the heating system of cities with a closed circuit. To achieve this goal, an analysis of more than 700 apartment buildings in Kazan was carried out. When solving the task, the factors and reasons affecting the performance of the heat supply system when transferring the functions of hot water supply to ITS were considered.

**Keywords:** hot water supply, energy saving, heat losses, individual thermal station, central thermal points.

По данным САЦ Минэнерго России, в 2019 г. произошло 212 аварий и инцидентов на объектах теплоэнергетики, что привело к прекращению теплоснабжения 1464 тыс. чел [1]. Основные причины в прекращении теплоснабжения [2]:

- порывы трубопроводов;
- устранение обнаруженных дефектов на тепловых сетях;
- износ оборудования на источниках тепловой энергии;
- повреждение оборудования и тепловых сетей.

В России и странах бывшего СНГ установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) началась в единичных зданиях с 1989 г. (клиники «Микрохирургия глаза» в 11 городах РФ), а теперь уже применяется в обязательном порядке при новом строительстве.

Пилотный проект, запущенный в г. Пермь, был направлен на устройство АИТП в 28 зданиях. Результатами этого проекта стало: повышение качества услуг (как отопления, так и горячего водоснабжения), снижение потребляемой абонентами тепловой энергии (в среднем на 18 %) и воды на нужды ГВС (на 30 %) [3]

С 2014-2017 гг. в г. Казани был реализован проект модернизации системы ГВС путем ликвидации ЦТП и сетей ГВС и установкой АИТП в многоквартирных домах. Проект показал снижение потребления тепловой энергии МКД более чем на 19 %, снижение потерь тепловой энергии в сетях отопления, а также снижение эксплуатационных расходов теплоснабжающей организации на содержание ЦТП и сетей ГВС [2, 4, 5].

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые был предложен алгоритм для оценки экономического эффекта при переходе на горячее водоснабжения от ИТП. Данный алгоритм впоследствии был использован при разработке программного комплекса «Transition2ИТР».

Для оценки экономического эффекта от перехода на горячее водоснабжения в ИТП необходимы следующие исходные данные:

- данные по МКД: количество ( $N$ ), год постройки, общая площадь ( $S$ ), потребление тепловой энергии на ГВС ( $Q_{\text{ГВС}}$ ), общее потребление тепловой энергии ( $Q_{\text{ОВ+ГВС}}$ );

- данные по тепловым сетям: протяженность сетей ГВС ( $L_{\text{ГВС}}$ ), потери теплоносителя ( $G_{\text{ТН}}$ ), количество насосных агрегатов в ЦТП ( $N_{\text{на}}$ ), нормативные технологические затраты электрической энергии насосной станции ЦТП ( $Z_{\text{НЭЭ}}$ );

– данные по источникам теплоснабжения: полезный отпуск тепловой энергии ( $Q_{ТЭ}$ ), тепловые потери с охлаждающей водой для ТЭЦ ( $Q_{ОКВ}$ ), себестоимость тепловых потерь для ТЭЦ ( $C_{ТП}$ );

– данные по тарифам на: тепловую энергию ( $T_{ТЭ}$ ), на потери тепловой энергии ( $T_{ТП}$ ), теплоноситель ( $T_{ТН}$ ), электрическую энергию ( $T_{ЭЭ}$ ).

Экономический эффект от перехода на горячее водоснабжения в ИТП складывается из эффекта для МКД ( $\mathcal{E}_{МКД}$ ), тепловыми сетями ( $\mathcal{E}_{ТС}$ ) и источниками теплоснабжения ( $\mathcal{E}_{ИТ}$ ):

$$\mathcal{E}_{ЭС} = \mathcal{E}_{МКД} + \mathcal{E}_{ТС} + \mathcal{E}_{ИТ} \quad (1)$$

В результате проведенных исследований на основе предложенного в исследовании алгоритма был разработан программный комплекс «Transition2ИТП» на базе MS OfficeExcel с применением языка программирования VisualBasicforApplications (VBA) и направлена заявка на его регистрацию в качестве программы для ЭВМ в Роспатент.

### Источники

1. Доклад «О состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2019 году». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/20641> (дата обращения: 01.11.2021)

2. Ваньков Ю.В., Запольская И.Н., Гапоненко С.О., Мухаметова Л.Р. Повышение надежности транспортировки тепловой энергии до потребителей в условиях модернизации системы горячего водоснабжения // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 12. № 4(48). С. 29-37.

3. Повышение эффективности систем ГВС установкой автоматизированных ИТП / И.Н. Запольская, Ю.В. Ваньков, Ш.Г. Зиганшин [и др.] // Вестник КГЭУ. 2017. № 4(36). С. 54-64.

4. Снижение тепловых потерь энергоснабжающей организации модернизацией систем горячего водоснабжения / Ю.В. Ваньков, И.Н. Запольская, Е.В. Измайлова [и др.] // Вестник КГЭУ. 2018. № 4(40). С. 13-24.

5. Снижение энергопотребления при переходе на горячее водоснабжение от индивидуальных тепловых пунктов / Ю.В. Ваньков, И.Н. Запольская, Е.В. Измайлова [и др.] // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 1(41). С. 19-27.

## ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОТУ ПРИБОРОВ И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Данил Рамилевич Каримов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.В. Рыжков  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
karimzhaan@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе рассматривается влияние показателей качества электрической энергии на работу электрооборудования. Современное общество трудно представить без использования электрической энергии. Она применяется во всех отраслях народного хозяйства: в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в строительстве, коммунальном хозяйстве и быту. Ухудшение качества энергии может приводить к нарушению нормальной работы электрооборудования.

**Ключевые слова:** приборы, электроприемник, напряжение, электроэнергия, качество энергии, электрооборудование.

## INFLUENCE OF ELECTRIC POWER QUALITY ON THE OPERATION OF DEVICES AND ELECTRIC RECEIVERS

Danil R. Karimov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
karimzhaan@mail.ru

**Abstract.** This paper evaluates the impact of quality indicators of electrical energy on the operation of electrical equipment. It is difficult to imagine modern society without the use of electrical energy. It is used in all sectors of the national economy: in industry, agriculture, transport, construction, utilities and everyday life. Deterioration in power quality can lead to malfunctioning of electrical equipment.

**Keywords:** devices, electrical receiver, voltage, electricity, energy quality, electrical equipment.

Объединение региональных электроэнергетических систем (ЭЭС), увеличение мощности электростанций, повышение качества энергетического оборудования, создание межсистемных связей и внедрение противоаварийной автоматики, высокий уровень устойчивости энергетических систем в значительной мере повысили надёжность обеспечения всех потребителей электрической энергии [1]. Вопрос об оптимальном соотношении надёжности энергетических объектов и качества электрической энергии является основным в комплексе предъявляемых к ЭЭС требованиям: надёжность, экономичность, качество электроэнергии, безопасность и экологичность [2].

Совокупность характеристик, при которых приемники электроэнергии способны выполнять заложенные в них функции, объединены общим понятием качества электроэнергии. Качество электроэнергии оценивается по технико-экономическим показателям, которые учитывают технологический и электромагнитный ущерб [3]. В последнее время за счет появления и распространения современных, многофункциональных средств измерения показателей электрических режимов и электронных вычислительных машин, возможен более глубокий анализ и учет влияния дополнительных факторов, которые ранее было трудно оценить. К числу дополнительных и мало исследованных факторов относится низкое качество электроэнергии и, в частности, несинусоидальность напряжения и тока [4].

Одним из показателей качества электроэнергии является длительность провала напряжения. Влияние провала напряжения на функционирование электроприемников следует рассматривать в двух аспектах: влияние на технологические установки в промышленности и на телекоммуникационные системы. В промышленности наибольшее распространение получили асинхронные короткозамкнутые электродвигатели. Вопрос влияния провалов напряжения на эти электроприемники необходимо увязывать с возможностью самозапуска привода. Информационные и телекоммуникационные системы восприимчивы ко многим видам помех и, особенно к провалам напряжения. К указанным потребителям относятся вычислительные центры, системы охранной и пожарной сигнализации и др. Прекращение электропитания их может привести к потере оперативной информации и значительному ущербу [5].

Подводя итог, можно констатировать, что отрицательное влияние ненормированных значений показателей качества электроэнергии на работу электротехнического и электронного оборудования очевидно. Особенно важно поддерживать у электроприемников требуемые значения отклонений напряжения [6].

### **Источники**

1. Биллингтон Р., Аллан Р. Оценка надёжности электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с.

2. Усачева И.В., Хуршудян Ш.Г. Повышение энергетической эффективности на основе модернизации электросетевой инфраструктуры как фактор экономического роста регионов Юга России // Известия Санкт-Петербургского Государственного Экономического Университета. 2015. №3 (93). С. 63–70.

3. Цифровые технологии в сетевом комплексе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/14737.pdf> (дата обращения: 19.06.2018).

4. Неганов Л., Тульский В., Олексюк Б. Концепция системы мониторинга показателей бесперебойности электроснабжения потребителей московской области // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. №1 (34). С. 28–33.

5. CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply // Council of European Energy Regulators. 2015.

6. Гук Ю. Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. Л.: Энергоатомиздат, 1988. 224 с.

УДК 621.3.048

## **ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФУРАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ**

Максим Владиславович Климовских

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Танеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан  
[klimovskih.maksim@yandex.ru](mailto:klimovskih.maksim@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрим хроматографические методы контроля трансформаторных масел, которые являются сложными для исследования объектами, так как состоят из разных компонентов по их физико-химическим свойствам.

**Ключевые слова:** трансформаторное масло, фурановые соединения, хроматография, анализ.

## **CHROMATOGRAPHIC METHODS OF CONTROL OF FURAN COMPOUNDS IN TRANSFORMER OIL**

Maxim V. Klimovskikh

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
[klimovskih.maksim@yandex.ru](mailto:klimovskih.maksim@yandex.ru)

**Abstract.** In the article, we will consider chromatographic methods for monitoring transformer oils, which are difficult objects for research, since they consist of different components according to their physicochemical properties.

**Keywords:** transformer oil, furan compounds, chromatography, analysis.

Диагностика силовых трансформаторов осложняется отсутствием максимально полной информации об условиях технической эксплуатации оборудования, характеристик электрических нагрузок, количества коротких замыканий в системе, температурных режимов испытаний при текущих и капитальных ремонтах и др. [1].

Трансформаторное масло и твердая изоляция в течение срока службы электрооборудования подвержены процессам износа и естественного старения, что ухудшает параметры изоляционных материалов. Скорость этого износа зависит от некоторых параметров – типа масла, рабочей температуры, герметичности системы, содержания воды в изоляции, типа и количества загрязнений [2].

К хроматографическим методам анализа относятся газовая хроматография, жидкостная хроматография, планарная хроматография (бумажная и тонкослойная) и хромато-масс-спектрометрия.

Газовая хроматография позволяет при однократном введении пробы осуществлять определение многих индивидуальных веществ в трансформаторном масле. Здесь важной проблемой является поиск оптимального по селективности сорбента, поскольку от его природы и физико-химических свойств зависит качество разделения компонентов. В качестве сорбентов используются различные материалы, которые могут взаимозаменяться – силикагели, активированные угли, алюмогели, цеолиты и др. [3].

В тонкослойной хроматографии движение подвижной фазы по слою сорбента происходит под действием капиллярных сил, в результате чего происходит разделение на индивидуальные компоненты либо группы веществ за счет различия в скоростях движения по тонкому слою сорбента. Чаще всего используют круговую тонкослойную хроматографию, поскольку этот метод обладает своими преимуществами перед другими методами определения – экспрессностью анализа и простотой проведения эксперимента [4]. Для определения суммарного содержания в трансформаторном масле фурановых соединений существует разработанный нормоконспект расходных материалов и технологического оборудования для проведения анализа. Под действием влаги образуется более 30 фурановых производных, к которым относят фурфурол, 5-оксиметилфурфурол, фурфуриловый спирт и др. Извлечение фурановых производных из масла производят путем экстракции гексаном, насыщенным ацетонитрилом [5]. При обработке тонкослойных пластинок химическим реагентом производится визуальное качественное обнаружение фурановых производных по окраске пятна. Количественный анализ проводят по сравнению полученного пятна с эталонными. В качестве сорбентов обычно используют силикагели, природные цеолиты.

Таким образом, хроматографические методы анализа позволяют осуществить достаточно полный контроль технического состояния маслонаполненного электрооборудования, что позволяет увеличить срок его эксплуатации.

### **Источники**

1. Ванин Б.В., Львов Ю.Н., Львов М.Ю., Неклепаев Б.Н., Антипов К.М., Сурба А.С., Чичинский М.И. О повреждении силовых трансформаторов напряжением 110-500 кВ в эксплуатации электрических станций // Электрические станции. 2001, № 9, С. 53-58.

2. Новиков В.Ф., Карташова А.В., Танеева А.В. Инструментальные методы анализа. В 3-х ч. Ч. III. Газохроматографический контроль производственных процессов в энергетике: монография. Казань: КГЭУ, 2018. 328 с.

3. Карташова А.А. Усовершенствованные хроматографические методы контроля содержания фурановых производных в трансформаторном масле: дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.13. Казань, 2015. 176 с.

4. Миназова Г.И. Тонкослойная хроматография в анализе природного сырья // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17. №5. С. 105-107.

5. Львов Ю.Н. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле электрооборудования // Электрические станции. 1993. №8. С.48-51.

УДК 622.691.4

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДА ИЗ СТАЛЬНЫХ И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ**

Раниль Мансурович Маннапов

Науч. рук. канд. филос. наук, доцент Р.Р. Тактамышева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ranil.mannapov@yandex.ru

**Аннотация.** Автором проведен сравнительный анализ подземного газопровода из стальных и полиэтиленовых труб.

**Ключевые слова:** подземный газопровод, стальные трубы, полиэтиленовые трубы.

# COMPARATIVE ANALYSIS OF AN UNDERGROUND GAS PIPELINE MADE OF STEEL AND POLYETHYLENE PIPES

Ranil M. Mannapov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ranil.mannapov@yandex.ru

**Abstract.** The author conducted a comparative analysis of an underground gas pipeline made of steel and polyethylene pipes.

**Keywords:** underground gas pipeline, steel pipes, polyethylene pipes.

Природный газ (углеводородное соединение) является наиболее важным первичным источником энергии, который транспортируется от источников до потребителей через наружный газопровод [2]. Газопровод представляет собой сооружение, предназначенное для транспортировки на большие расстояния горючих газов от места их добычи или производства к пунктам потребления. Наружный газопровод – это газопровод, проложенный вне зданий до наружной конструкции здания [1].

На сегодняшний день существуют множество классификаций газопроводов по различным признакам, в том числе и в зависимости от материала, из которого созданы трубы. В этой связи актуальным является сравнительный анализ имеющихся в настоящее время стальных и полиэтиленовых труб подземного газопровода.

Сделав технико-экономическое сравнение обоих вариантов, можно утверждать, что эксплуатация газопровода из полиэтилена гораздо дешевле, чем использование стальной трубы. Несмотря на низкую себестоимость, к удорожанию стальных труб приводят дорогостоящие монтажные и земляные работы.

Учитывая технические характеристики, считается более целесообразным и выгодным использование полиэтиленовых труб, так как благодаря герметичности, высокой гибкости (могут принимать форму рельефа), легковесности (их вес в 6 раз меньше по сравнению со стальными трубами), имеющейся сопротивляемости блуждающим токам, высокой устойчивости к коррозии (чего нельзя сказать о стальной трубе), отсутствию необходимости дополнительной антикоррозийной обработки срок службы полиэтиленовой трубы оказывается более длительным и надежным: расчетный срок их службы достигает до 150 лет, а нормативный – 50 лет (у остальных – до 25 лет) [3]. С этим связан и тот факт, что первая плановая оценка технического состояния полиэтиленовых подземных газопроводов должна проводиться через 40 лет после ввода их в эксплуатацию, а у стальных – уже через 30 лет [4].

Достоинствами стальных подземных газопроводов являются следующие признаки: стальные трубы имеют в десятки раз меньше линейное давление, чем полиэтиленовые, они прочны и герметичны (но это, в основном, зависит от качества сварки), и характеризуются устойчивостью к высокому внутреннему давлению. Представляется, что этим объясняется тот факт, что в районах с суровым климатом (при температуре ниже  $-45^{\circ}$ ) или с высокой сейсмической активностью применяются строго стальные трубы.

При всех положительных качествах, у стальных и полиэтиленовых труб имеются следующие недостатки, ограничивающие их использование. В частности, стальные трубы неустойчивы к коррозии, имеют высокую теплопроводность, большой вес, малую гибкость, сложны при монтаже.

В свою очередь полиэтиленовые трубы неустойчивы к высоким температурам, имеют ограниченную глубину залегания и категорически не используются в районах с суровым климатом или с высокой сейсмической активностью [5].

### **Источники**

1. ГОСТР 53865-2019. Системы газораспределительные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019.
2. Вострикова А.С. Сравнительная характеристика наземного и подземного газопроводов // Студенческая наука XXI века. 2016. №4. С. 120-121.
3. Скворцов А.А., Мартышкин А.Ю. Полиэтиленовые газопроводы – новый уровень промышленной безопасности систем газораспределения в России // Вестник науки и образования. 2016. №2. С. 18-21.
4. Постановление Госгортехнадзора РФ от 18.03.2003 N 9 Об утверждении правил безопасности систем газораспределения и газопотребления (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.04.2003 N 4376).
5. ГОСТ 32569-2013. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Глеб Александрович Мыскин

Науч. рук. канд. филос. наук, доцент Р.Р. Тактамышева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gleberggg@gmail.com

**Аннотация.** В статье описывается влияние влажности воздуха в помещении на самочувствие человека. Рассмотрены назначение датчика влажности воздуха, его классификация и правила эксплуатации.

**Ключевые слова:** датчик влажности, гигрометр, относительная влажность.

## USING AN AIR HUMIDITY SENSOR

Gleb A. Myskin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gleberggg@gmail.com

**Abstract.** The article describes the effect of indoor humidity on a person's well-being. The purpose of the air humidity sensor, its classification and operating rules are considered.

**Key words:** humidity sensor, hygrometer, relative humidity.

В настоящее время очень актуальна тема сохранения здоровья, но не многие знают, что одной из основных причин заболеваемости госпитализированных людей – внутрибольничные инфекции [1]. Есть медицинские способы защититься от вирусов – вакцинирование, использование иммуномодуляторов, противовирусных средств и т.д. [2], однако важным фактором является и поддержание оптимальных показателей микроклимата в помещении, например, степени влажности воздуха.

Свидетельством влияния влажности воздуха на количество заболевших является тот факт, что сезон гриппа и простуд начинается в холодное время года. Это обусловлено тем, что относительная влажность холодного воздуха ниже, чем теплого [3]. Ученые утверждают, что оптимальные показатели влажности воздуха колеблются в пределах 40–60 %, ведь сухой воздух – это среда обитания вирусов, помимо этого кожа и слизистые оболочки глаз при дефиците влаги теряют защитные функции и более уязвимы к проникновению вируса в организм человека.

Очевидно, что необходимо контролировать концентрацию воды в воздушном пространстве квартиры или рабочего кабинета. Это возможно сделать с помощью датчика влажности [4].

Наиболее важными техническими параметрами, которые влияют на выбор датчика влажности, являются точность, срок эксплуатации, восстановление от конденсата, стойкость к химическим и физическим загрязнениям, стоимость, ремонтпригодность, сложность конструкции, надежность усилителя сигнала и схемы обработки данных.

Существуют различные классификации гигрометров. В частности, по принципу действия, они делятся на емкостные (конденсаторы с воздухом (диэлектрик) в зазоре); резистивные (конструкция из пары электродов, нанесённых на подложку из электропроводящего полимера, покрытых сверху слоем токопроводящего и, одновременно, чувствительного к изменению влажности материала); термисторные (сравниваются данные, полученные с двух, включенных в схему термисторов, один из которых размещается в герметичной камере с сухим воздухом, а другой контактирует с воздухом из комнаты); оптические (является самым точным гигрометром, в основе работы которого лежит явление, связанное с понятием «точка росы»); электронные (принцип работы основан на изменении концентрации электролита, покрывающего собой любой электроизоляционный материал) [5].

В настоящее время, предусмотрено управление датчиками влажности через приложение и специальные программы.

Правила эксплуатации подразумевают соблюдение требований по безопасности использования и необходимых мер для увеличения срока использования гигрометров. Для того, чтобы результаты замеров были корректными, не рекомендуется устанавливать датчики влажности рядом с окнами, отопительными приборами, увлажнителями воздуха; длительно использовать при высокой относительной влажности. Не допускается попадание влаги на элементы прибора.

### **Источники**

1. Увлажнение воздуха в помещениях больниц и операционных как профилактика внутрибольничных инфекций. Каталог климатического оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.topclimat.ru> (дата обращения: 30.10.2021).

2. Как сухой воздух влияет на людей и микробов. Магазин StadlerForm [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.stadlerform.ru> (дата обращения: 30.10.2021).

3. Сезонная эпидемия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/science> (дата обращения: 24.10.2021).

4. Родионов Ю.А. Основы микросенсорики: учебн. пособие. Вологда: Инфра-Инженерия. 2019. С. 67-69.

5. Шерстобитова А.С. Датчики физических величин. СПб.: Университет ИТМО, 2019. С. 217.

УДК 66.045.53

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В МИНИ-ГРАДИРНЕ

Владислав Андреевич Окружнов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Е.А. Лаптева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[okruzhnoff.vlad@yandex.ru](mailto:okruzhnoff.vlad@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты эффективности охлаждения воды в градирне. Представлены графики зависимости охлаждения воды и газа от скорости воздуха в колонне.

**Ключевые слова:** градирня, охлаждение воды, охлаждение газа, эффективность.

## STUDY OF THERMAL EFFICIENCY IN A MINI-COOLER

Vladislav A. Okruzhnov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
[okruzhnoff.vlad@yandex.ru](mailto:okruzhnoff.vlad@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents the results of water cooling efficiency in a cooling tower. The graphs of dependence of water and gas cooling on the velocity of air in the column are given.

**Keywords:** cooling tower, water cooling, gas cooling, efficiency.

Градирни – это устройства, которые охлаждают огромный объем воды целенаправленным потоком атмосферного воздуха. Также их называют охладительными башнями. Сегодня градирни используются в системах оборотного водоснабжения для охлаждения теплообменных аппаратов на ТЭЦ и АЭС [1–4].

Исследования процессов теплообмена производились на лабораторном макете мини-градирни. Схема лабораторного макета мини-градирни приведена на рис. 1.

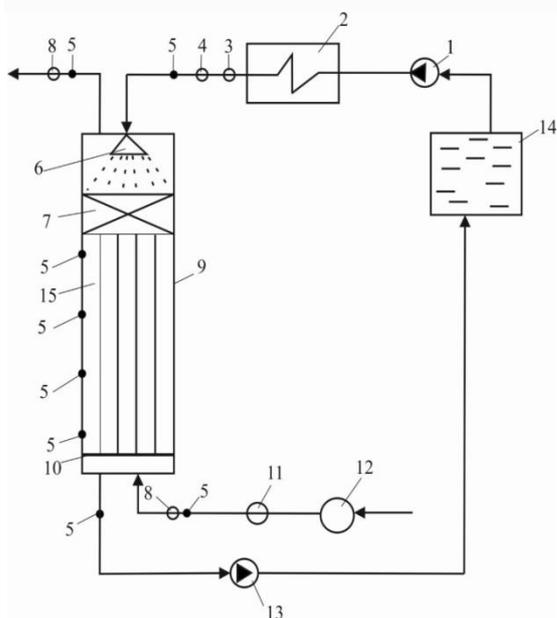


Рис. 1. Лабораторная установка с двумя насадками. 1 – насос; 2 – теплообменник; 3 – датчик перепада давления; 4 – расходомер; 5 – термопара на входе и выходе; 6 – распылитель; 7 – нерегулярная насадка «Инжехим 2002»; 8 – датчик для определения относительной влажности воздуха; 9 – корпус колонны; 10 – опорная решетка; 11 – расходомер по газу (воздуху); 12 – газодувка; 13 – циркуляционный насос; 14 – бак; 15 – насадка гофрированной трубы с дискретно – шероховатой поверхностью

Вода в баке 14 насосом 1 подается в теплообменник 2, где жидкость нагревается до температуры 30 °С, далее по трубопроводу поступает в распылитель 6, где теплая вода на охлаждение поступает по трубопроводу из теплообменника в верхнюю часть аппарата. Распределитель жидкости 6 орошает слой насадки. Жидкость попадает на первый слой насадки «Инжехим - 2002», далее идет на второй слой на трубы с дискретно-шероховатой поверхностью диаметром 50 мм. С помощью газодувки 12 в аппарате создается восходящий поток воздуха. В слое насадки при противоточном движении совершается взаимодействие потоков воздуха и воды. Воздух движется вверх между насадочными элементами и уходит в атмосферу. Охлажденная жидкость попадает в циркуляционный насос 13 и возвращается обратно в бак 14.

Тепловой КПД по охлаждаемой жидкости выражается в виде:

$$E_{\text{ж}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{к}}}{t_{\text{н}} - t^*}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{н}}, t_{\text{к}}$  – температура охлаждаемой воды на входе и выходе;  $t^*$  – температура воды по мокрому термометру.

Тепловой КПД по паровой фазе определяется:

$$E_{\Gamma} = \frac{I_{\kappa} - I_{\text{H}}}{I_{\kappa}^* - I_{\text{H}}}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{H}}, I_{\kappa}$  – начальная и конечная энтальпия влажного воздуха Дж/кг;  $I_{\kappa}^*$  – энтальпии влажного воздуха на выходе из блока контактных устройств.

Исследования проводились на орошаемой колонне при разных скоростях газа и различных плотностях орошения. Результаты экспериментов приведены на рис. 2,3.

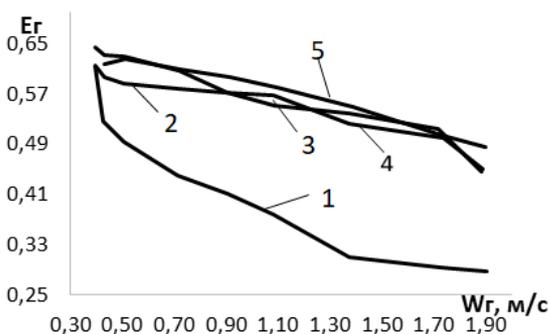
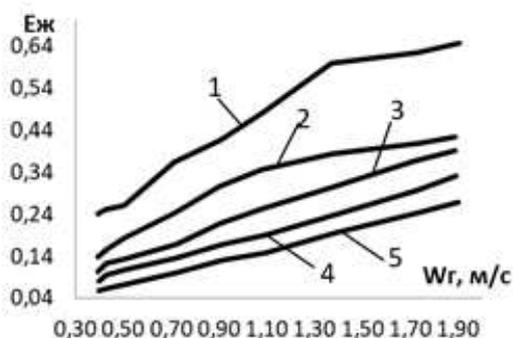


Рис. 2. График тепловой эффективности охлаждения по жидкой фазе от скорости газа при различных плотностях орошения: 1 -  $q=3,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 2 -  $q=7,1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 3 -  $q=10,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 4 -  $q=14,4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 5 -  $q=17,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$

Рис. 3. График тепловой эффективности охлаждения по газовой фазе от скорости газа при различных плотностях орошения: 1 -  $q=3,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 2 -  $q=7,1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 3 -  $q=10,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 4 -  $q=14,4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ; 5 -  $q=17,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$

Наиболее эффективное охлаждение воды при плотности орошения  $q=3,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ , а по газу  $q=17,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ .

Исследование выполнено в рамках научного проекта РФФ 18-79-101-36.

### Источники

1. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1998. С. 376.
2. Лаптев А.Г., Ведыгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен. Казань: КГЭУ, 2004. С. 177.
3. Бадриев А.И., Власов С.М., Чичирова Н.Д. Анализ нормальности распределения потоков в башенных испарительных градирнях // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 1(49). С. 232-241.

4. Бадриев А.И., Власов С.М. Оценка распределения потоков воды и воздуха на лабораторной градирне // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 5. С. 71-78.

УДК: 66:621.6; 662.6: 621.6

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШИРИНЫ ПОРИСТОЙ ВСТАВКИ СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДО-НЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

Юлия Фанисовна Сабирова

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент О.В. Соловьева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

julia.sabirova01@list.ru

**Аннотация.** В данной работе приведено исследование разделения водо-нефтяной эмульсии в сепараторе с пористыми вставками различной ширины. Результаты расчетов показали, что наибольший эффект разделения происходит при ширине вставки  $L=0,06$  м.

**Ключевые слова:** ламинаризатор, нефть, вода, разделение, численное моделирование.

## **DETERMINATION OF THE OPTIMAL WIDTH OF THE POROUS INSERT OF THE SEPARATION DEVICE FOR SEPARATING THE WATER-OIL EMULSION**

Yulia F. Sabirova

KSPEU, Kazan, Russia

julia.sabirova01@list.ru

**Abstract.** This paper presents a study of the separation of a water-oil emulsion in a separator with porous inserts of various widths. The calculation results showed that the greatest separation effect occurs at the width  $L=0.06$  m.

**Keywords:** laminarizer, oil, water, separation, numerical simulation.

На сегодняшний день актуальной проблемой является загрязнение сточных вод нефтью и нефтепродуктами [1]. Даже минимальный выброс отходов заставляет задуматься об очистке от нефтепродуктов. Сепарирующие устройства более эффективны для работы в составе турбинного привода энергетической установки [2]. Наиболее часто применяемым является гравитационно-динамический сепаратор, так как он прост и компактен в конструкции. В этом сепараторе легкая нефть собирается в верхней части, а более тяжелая вода скапливается в нижней части под действием силы тяжести [3]. Самым эффективным и экономичным является горизонтальный сепаратор. В нем главным компонентом выступает перегородка, которая задерживает фазы в состоянии покоя [4]. Пористые материалы используются как для интенсификации разделения эмульсии, так и для интенсификации теплообмена [5].

При постановке задачи были известны параметры массового расхода нефти и воды в эмульсии на входе, на выходе устанавливалось значение атмосферного давления, на границах задавались условия симметрии. Расчеты проводились в программном комплексе ANSYS (v.19.0), расчетная модель взаимодействия воды и нефти – модель «VolumeofFluid».

С целью определения целесообразности установки ламинаризаторов потока проведены расчеты движения эмульсии с пористыми вставками и без них. Результаты показали, что без пористых вставок разделение не наблюдается, а с установленными вставками наблюдается быстрое успокоение потока и интенсивное разделение фаз. В расчетах необходимо было определить оптимальную ширину пористой вставки, которая обеспечит наибольшее разделение эмульсии (рис. 1).

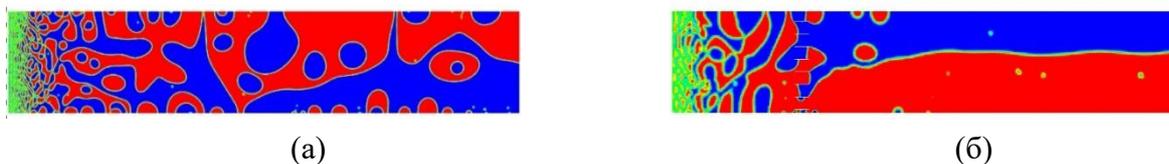


Рис. 1. Распределение нефти в элементе сепарационного устройства при отсутствии вставок (а) и для одного ряда вставок шириной  $L=0,03$  м (б)

На рис. 2 представлен график с кривыми для вставок различной ширины  $L$ .

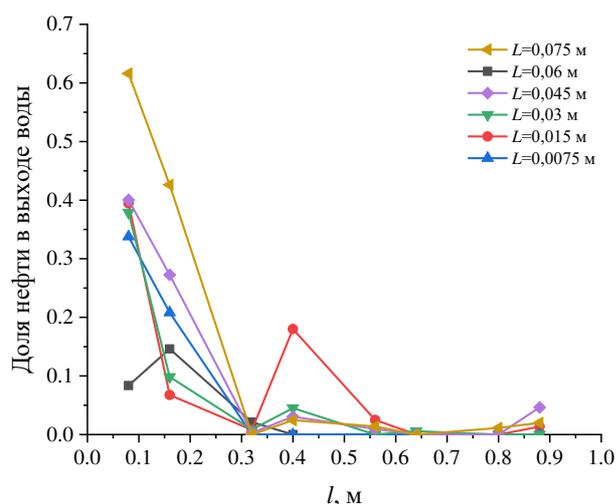


Рис. 2. Доля нефти в воде при различных значениях ширины вставки  $L$

До вставок возникает сопротивление потоку эмульсии, последующим понижением значения концентрации нефти в воде. Наибольшее разделение наблюдается при ширине вставки  $L=0,06$  м. После прохождения ламинаризаторов потока содержание нефти в воде сводится до минимального.

В работе было выявлено, что для интенсификации разделения водо-нефтяной эмульсии целесообразно устанавливать ламинаризаторы потока. Для более эффективного разделения была определена оптимальная ширина пористой вставки сепарационного устройства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>».

### Источники

1. Привалова Н. М., Двадненко М. В., Некрасова А. А., Попова О. С., Привалов Д. М. Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №. 113. С. 1-10.
2. Дремичева Е.С., Эминов А. Перспективы использования загрязненного нефтепродуктами торфа в энергетике // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 2(50). С. 133-141.
3. Krebs T., Schroën C., Boom R. M. Separation kinetics of an oil-in-water emulsion under enhanced gravity // Chemical Engineering Science. 2012.V. 71.P. 118-125.

4. Соколов В. Д. Повышение производительности горизонтального двухфазного нефтегазового сепаратора//Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов. 2016. С. 50.

5. Рыдалина Н. В., Аксенов Б. Г., Степанов О. А., Антонова Е. О. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 3. С. 3-13.

УДК 697.953

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Дина Игоревна Смышляева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.С. Бальзамов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, республика Татарстан  
dina199917@gmail.com

**Аннотация.** Проведен анализ факторов, определяющих энергоэффективность систем вентиляции, приведены способы повышения эффективности вентиляционных систем и оптимизации микроклимата в помещении.

**Ключевые слова:** система вентиляции, энергосбережение, энергопотребление, воздухообмен, вредные выделения, энергозатраты.

## **WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF VENTILATION SYSTEMS**

Dina I. Smyshlyeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
dina199917@gmail.com

**Abstract.** The analysis of the factors determining the energy efficiency of ventilation systems is carried out, methods of increasing the efficiency of ventilation systems and optimization of the indoor microclimate are given.

**Keywords:** ventilation system, energy saving, energy consumption, air exchange, harmful emissions, energy consumption.

Оптимизация параметров микроклимата в помещении и поиск решений для ее усовершенствования актуально в наши дни [1]. Это обуславливается сокращением площади помещений, вследствие пандемии Covid-19, неблагоприятной экономической ситуацией в стране и проблемами энергосбережения. Вентиляционные системы создают и поддерживают необходимые санитарно-гигиенические нормы воздуха в помещении, соблюдают экологические нормативы промышленных выбросов в атмосферу, выполняют предварительную подготовку воздуха, утилизацию теплоты и т.п. Проектные решения для данных систем принимаются исходя из расчета основных параметров, таких как производительность и аэродинамические потери.

По установочной мощности и КПД вентиляторной установки можно оценить уровни энергопотребления и энергосбережения, также по производительности и воздухообмену. Поэтому эффективность вентиляционных систем нужно рассматривать в комплексе, учитывая моменты в проектировании, организационные и технологические мероприятия. Проанализировав отечественную и зарубежную практику в области оптимизации энергопотребления и энергосбережения, можно отметить три основных направления по снижению энергопотребления в технических системах [2]:

- рациональное использование энергии и энергоресурсов;
- минимизация потерь энергии;
- использование вторичных энергоресурсов для повышения эффективности работы системы.

Зачастую эксплуатация производственных помещений сопровождается выделением вредных веществ, горючих газов и паров, поэтому санитарно-гигиенические требования к микроклимату таких помещений особенно строгие и организация вентиляции промышленных предприятий является достаточно сложной задачей. Существует три способа удаления вредностей из объема помещения: общеобменная вентиляция, вентиляция с местным отсосом и смешанная вентиляция. Необходимый метод расчета воздухообмена по количеству выделяемых вредных веществ приведен в своде правил [3].

Чтобы локализовать вредные выделения, уместным будет использование герметизирующих укрытий оборудования с местными отсосами [4]. Здесь кратности воздухообмена в пространстве укрытия и в помещении будут отличаться, этим обуславливаются более ограниченные процессы и более высокая турбулизация внутри объема укрытия, следовательно, удаление вредных веществ проходит интенсивней. Местные отсосы в сравнении с общеобменной вентиляцией являются более эффективными.

Приведен краткий обзор критерий оценки эффективности вентиляционных систем. Выделены направления рационального использования энергии:

- сокращение воздухообмена, не вызывающее снижение уровня комфорта в помещении;
- уменьшение установочной мощности оборудования [5];
- рекуперация воздуха, т.е. повторное использование энергии удаляемого воздуха. Рекуператор передает тепловую энергию от вытяжки к притоку. Наличие рекуператора желательно во всех энергоэффективных системах вентиляции.
- усовершенствование воздухораспределения;
- использование системы аспирации;
- снижение аэродинамических потерь, путем установки вентиляторов на каждую из веток системы.

### **Источники**

1. Ахметова И.Г., Мухаметова Л.Р. Актуальные вопросы повышения энергоэффективности теплоснабжающих организаций // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. №11-12. С. 108-113.
2. Скорик Т.А., Трубников А.А., Колошеин А.А. К вопросу энергоменеджмента работы вентиляционных систем // Известия РГСУ. 2010. №14. С. 126-129.
3. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Минстрой России, 2016. С. 121.
4. Сотников А.Г., Боровицкий А.А., Теоретически-экспериментальное обоснование метода оптимизации воздухообменов в системах промышленной вентиляции // MagazineofCivilEngineering.2012. №2.
5. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергоэффективности // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 2 (42). С. 103-115.

УДК 621.644.073

## **ВОДОПОДГОТОВКА ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

Алиса Олеговна Степанова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.И. Хайбуллина  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
alisa.alisa-stepanova@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается очистка воды от вредных примесей, этапы водоподготовки, а также приводятся различные фильтры для умягчения воды.

**Ключевые слова:** водоподготовка, коррозия, очистка воды, фильтры.

# WATER TREATMENT FOR HEATING SYSTEMS

Alisa O. Stepanova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

alisa.alisa-stepanova@yandex.ru

**Abstract.** The article discusses the purification of water from harmful impurities, the stages of water treatment, and also provides various filters for softening water.

**Keywords:** water treatment, corrosion, water purification, filters.

Водоподготовка в теплоэнергетике — это эффективный способ сохранить и повысить КПД отопительной системы, обеспечить долгий срок службы оборудования, сэкономить топливо и энергию. Вода, которая используется в качестве основного теплоносителя, должна поступать в систему очищенной от механических загрязнений, органики и поверхностно активных веществ, растворенных солей. В противном случае котлы могут прийти в непригодность, а теплообменники не смогут выполнять свои функции [1].

Водоподготовка для системы отопления — это изначально комплексный подход к вопросу очистки воды, результатом которого является соответствующее качество полученной воды. Качество воды имеет особое значение для долговечности трубопроводов, теплообменников и котлов централизованного отопления. Умягчение, деминерализация и деаэрация являются ключом к безотказной работе.

Промышленная водоподготовка представляет собой комплекс процессов, обеспечивающих очистку воды — удаление из нее вредных примесей, находящихся в молекулярно-растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии.

Водоподготовка происходит в несколько этапов. На первом этапе обязательно должна осуществляться очистка воды от механических примесей. Для этого можно использовать сорбционные фильтры, которые дают высокую степень очистки. Затем требуется дальнейшая фильтрация [2]. Коррозионную активность воды уменьшают с помощью фильтров, удаляющих из неё соли железа и марганца. В некоторых случаях рекомендуется использовать установки коррекции кислотности.

Для умягчения воды могут использоваться различные виды фильтров: магнитные, электромагнитные, ультразвуковые и ионообменные. Последние являются наиболее продвинутыми и эффективными [3]. В таких фильтрах жёсткая вода пропускается через ионообменную смолу. В процессе этого ионы магния и кальция, которые вызывают образование накипи, заменяются на ионы натрия.

Важной частью водоподготовки также является удаление из воды растворенных агрессивных газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) с целью уменьшения коррозии. Удаление газов осуществляют методом десорбции (термической деаэрации) путем нагревания паром [4]. Термическую деаэрацию проводят в аппаратах, называемых деаэраторами.

Воду, используемую для хозяйственно-бытовых нужд, обязательно подвергают обеззараживанию – удалению болезнетворных бактерий и окислению органических примесей, в основном хлорированием при помощи газообразного хлора, а также хлорной извести и гипохлорита кальция [5].

Если же вода используется из центральной системы водоснабжения, то водоподготовка для системы отопления будет включать в себя только фильтры-умягчители. Единственный момент, который относится ко всем системам водоподготовки для отопительного оборудования – всегда система очистки от солей жесткости будет включать в себя не менее двух фильтров, т.к. вода все равно будет делиться на бытовую и для личных нужд.

Грамотная водоподготовка для отопления, по сути, является жизненно важным этапом. Без нее, системы будут постоянно ломаться, а главное потреблять денежные ресурсы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что эффективная водоподготовка для системы отопления не только обеспечивает отсутствие накипи, но и поддерживает стабильность в работе всей системы водоснабжения: котлов, внутридомовых систем отопления, и т.д., а также способствует низкому уровню коррозии оборудования. Следовательно, изучение этой темы требует более глубокого анализа, так как водоподготовка в системах отопления является на данный момент важной проблемой теплоснабжения.

### **Источники**

1. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. М.: Энергия, 1973. 416 с.

2. Медведева Г.А., Садыков Р.А., Лабуткин А.Г. Современные методы защиты теплогенерирующих установок и систем теплоснабжения от накипи и коррозии // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 5-6. С. 35-42.

3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1974. 480 с.

4. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: учеб. пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2003. 254 с.

5. Шищенко В.В., Пащенко Ю.Е., Бельский В.С. Влияние метода водоподготовки на величину карбонатного индекса подпиточной воды для тепловых сетей // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 4. С. 14-16.

УДК 536.242

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ЯЧЕЙСТЫХ СРЕД РАЗЛИЧНОЙ ПОРИСТОСТИ

Азалия Радиковна Талипова

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент О.В. Соловьева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

talipovaazaliya@mail.ru

**Аннотация.** Проведено исследование течения газа через нагретый высокопористый ячейстый материал. Расчеты гидравлических и теплообменных характеристик проводились в программном комплексе ANSYS Fluent (v.19.0). Представлены результаты численного моделирования высокопористых ячейстых сред с неупорядоченной структурой с сохранением площади поверхности при разных значениях пористости среды: 0,8; 0,85; 0,9.

**Ключевые слова:** высокопористый ячейстый материал, численное моделирование, теплообмен, перепад давления.

## STUDY OF MODELS OF OPEN CELL FOAM MEDIA OF VARIOUS POROSITIES

Azalia R. Talipova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

talipovaazaliya@mail.ru

**Abstract.** In this work we studied the gas flow through a heated open cell foam material. Calculations of hydraulic and heat transfer characteristics were carried out in the ANSYS Fluent software package (v. 19,0). The results of numerical simulation of a random open cell foam media with the conservation of surface area at different values of the porosity are presented: 0,8; 0,85; 0,9.

**Keywords:** open cell foam material, numerical simulation, heat transfer, pressure drop.

В последние годы во многих отраслях техники важной проблемой является создание компактных и эффективных теплообменников [1]. Данная проблема может быть успешно решена лишь при интенсификации процессов теплообмена [2]. Одним из перспективных способов увеличения теплообмена является использование в теплообменных устройствах пористых металлов, обладающих извилистыми путями потока, большой удельной поверхностью, высокими пористостью и теплопроводностью [3,4]. Целью данной работы является определение влияния пористости среды на гидродинамику и интенсивность теплообмена.

Рассматривается течение газа через нагретый до 400 К высокопористый ячеистый материал для трех моделей с различной пористостью:  $\varepsilon = 0,8$ ;  $\varepsilon = 0,85$ ;  $\varepsilon = 0,9$  и фиксированной площадью поверхности  $F = 0.003 \text{ м}^2$ .

Численное моделирование проводится в программном комплексе ANSYS Fluent (v. 19.2) на основе решения системы уравнений сохранения массы, импульса и уравнения энергии методом контрольных объемов.

На рис. 1 изображены кривые зависимости перепада давления от скорости потока. При равной площади поверхности перепад давления у структуры с пористостью  $\varepsilon = 0,9$  оказался меньше. Характер кривых изменения перепада давления в зависимости от скорости потока, рассчитанных по выражениям, полученным на основе экспериментальных исследований в работе авторов [5], повторяет характер кривых, полученных по результатам численного моделирования.

На рис. 2 изображен график зависимости теплового потока от скорости газа. Тепловой поток в случае конвективного теплообмена для сред с различной пористостью не изменяется, поскольку определяющим параметром является площадь поверхности.

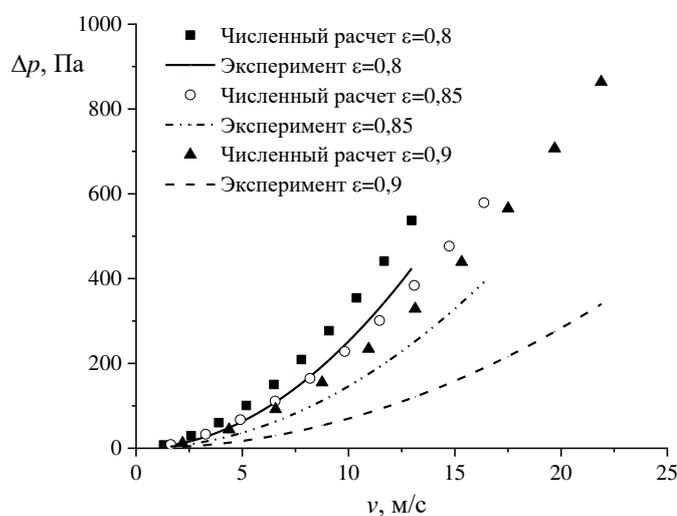


Рис. 1. График зависимости перепада давления от скорости

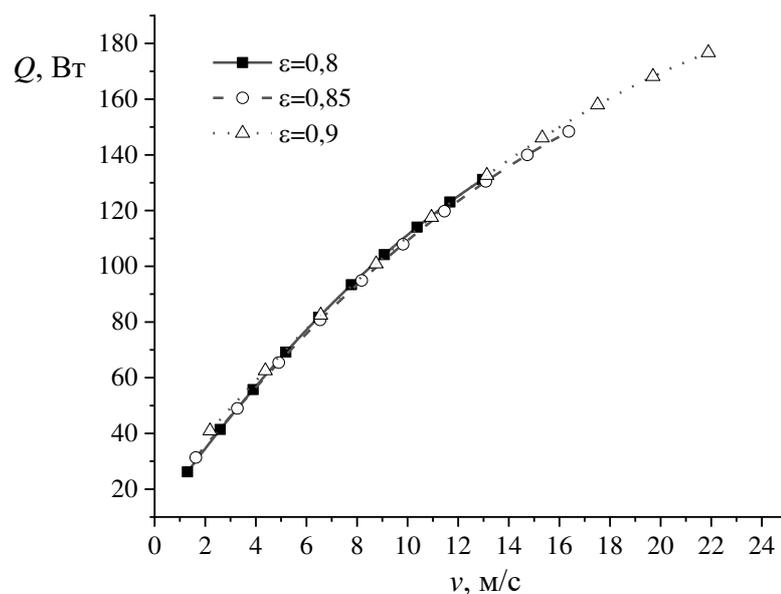


Рис. 2. График зависимости теплового потока от скорости

Исследования показали, что увеличение пористости среды при фиксированной площади поверхности приводит к уменьшению перепада давления, а, следовательно, гидродинамического сопротивления, с сохранением теплообменных характеристик.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>.

### Источники

1. Попов И.А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. Интенсификация теплообмена: монография / под общ. ред. Ю.Ф.Гортышова. Казань: Центр инновационных технологий, 2007. 240 с.

2. Рыдалина Н.В., Аксенов Б.Г., Степанов О.А., Антонова Е.О. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 3.

3. Rashidi S., Kashеfi M. H., Kim K. C., Samimi-Abianeh O. Potentialsofporousmaterialsforenergymanagementinheatexchangers—Acomprehensivereview // Appliedenergy. 2019. V. 243. P. 206-232.

4. Соловьева О.В., Яфизов Р.Р., Соловьев С.А. Определение эффективной длины пористой структуры при конвективном теплообмене // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 12. № 3. С. 47.

5. Inayat A., Klumpp M., Lammermann M., Freund H., Schwieger W. Development of anew pressure drop correlation for open-cell foams based completely on theoretical grounds: Taking into account strut shapeand geometric tortuosity // Chemical Engineering Journal. 2016. V. 287. P. 704-719.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Ли́я Андре́евна Токарева

Науч. рук, канд. техн. наук, доцент Л.С. Сабитов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
liyaandreevna1999@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрена практика применения башенных сооружений в энергетике. Представлены виды башенных сооружений, их конструктивные решения, которые со временем усложняются для энерго- и ресурсоэффективности и обеспечения эксплуатационной надежности.

**Ключевые слова:** сооружения башенного типа, конструкции, энергетика, установка, энергоэффективность, надежность.

## ANALYSIS OF STRUCTURAL SOLUTIONS OF TOWER STRUCTURES IN THE ENERGY SECTOR

Liya A. Tokareva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
liyaandreevna1999@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the practice of using tower structures in the energy sector. The types of tower structures and their design solutions are presented, which will be improved over time for energy and resource efficiency and operational reliability.

**Keywords:** tower-type structures, structures, power engineering, installation, energy efficiency, reliability.

Сооружениями башенного типа называют сооружения, высота которых значительно преобладает над стороной или диаметром основания самой конструкции [1]. Башни разнообразны по конструктивной форме и по назначению. По конструктивному решению башенные сооружения могут быть решетчатыми, сплошностенчатыми и комбинированными [2]. По характеру статической работы сооружения разделены на башни, мачты и смешанные конструкции. Сооружения башенного типа могут быть, как и отдельно стоящими, так и входить в систему совместно работающих опор, которые связаны между собой проводами, канатами и т.д.

подавляющее большинство башенных сооружений возводится для энергетической отрасли, соответственно, вопрос совершенствования конструктивных решений, увеличение эксплуатационной надежности башен, срока их службы, повышении энергоресурсоэффективности является актуальным на сегодняшний день.

В качестве башен ветроэнергетических установок (ВЭУ) находят применение конструкции, выполненные в виде слабokonичных трубчатых стержней с многогранным поперечным сечением, способные выдержать действие горизонтальной ветровой нагрузки и вертикальной, состоящая из массы башни и массы элементов [3].

Вытяжные башни часто возводятся на объектах энергетической промышленности, и для соблюдения санитарно-гигиенических норм необходимо, чтобы башня была значительной высоты и выдерживала ветровую нагрузку. Круглые профили из труб являются распространенными типами сечений элементов вытяжных башен. Трубчатые элементы выполняются из стандартных бесшовных или электросварных труб [4, 5].

При возведении башен сотовой связи используют трехгранные решетчатые конструкции, имеющие высокую несущую способность, прочность и минимальную металлоемкость.

Комбинированные конструкции нашли применение при возведении опор линий электропередач (ЛЭП), опор для размещения телекоммуникационного оборудования. Верхняя часть стойки выполняется из многогранного профиля, нижняя часть таких опор состоит из решетчатой конструкции, типы решений которой различны [5].

Таким образом, башенные сооружения имеют широкое применение при возведении энергетических установок. При проектировании опор важной задачей является выбор конструкции, так как это имеет влияние на условия эксплуатации, скорость и трудоемкость изготовления, затраты на сталь, безопасность и надежность. Конструктивные решения башен имеют различные решения и находятся на стадии дальнейшего совершенствования.

### **Источники**

1. Металлические конструкции: учебник для вузов / под ред. Ю.И. Кудишина. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 688 с.
2. Муханов В.В. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1976. 504 с.

3. Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.), Гриюков С.В. Ветроэнергетика: справочно-методическое издание / под общей ред. П.П. Берзруких. М.: «ИнтехэнергоИздат», «Теплоэнергетик», 2014. 304 с.

4. Кузнецов И.Л., Сабитов Л.С., Бадертдинов И.Р. Рациональная область применения опор из многогранных труб // 68-ая Всерос. научн. конф. по проблемам архитектуры и строительства: Сб. научн. тр. аспирантов и докторантов КГАСУ. Казань, 2016. С. 41.

5. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Хамидуллин И.Н. Способ изготовления стальной опоры многогранного сечения. Патент на изобретение RU 2556603. Заявка № 2012121172/03 от 26.05.2014

УДК 621.644.073

## СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИЕЙ, ШЛАМОМ И НАКИПЬЮ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Элина Фаилевна Урманчеева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.И. Хайбуллина  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
urmancheevaef@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема образования внутренней коррозии, шламов и накипи в системах теплоснабжения, а также приводятся основные методы борьбы с ней, рассматривается их эффективность, достоинства и недостатки.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, коррозия, накипь, очистка воды.

## METHODS FOR COMBATING INTERNAL CORROSION, SLUDGE AND SCALE IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

Elina F. Urmancheeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
urmancheevaef@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the problem of the formation of internal corrosion, sludge and scale in heat supply systems, as well as provides the main methods of combating it, considers their effectiveness, advantages and disadvantages.

**Keywords:** heat supply system, corrosion, scale, water purification.

В XXI век Россия вошла как достаточно небогатая и расточительная страна. Энергоемкость российской экономики в три раза превышает энергоемкость мировой экономики. По различным данным, нецелесообразное использование энергетических ресурсов составляет приблизительно от 500 до 800 млн т.у.т. Это больше четверти от общего потребления первичных энергоресурсов.

В случае сильной нехватки финансов на обслуживание, ремонт и усовершенствование оборудования систем отопления следует использовать такой способ обработки воды, с помощью которого можно будет не только решить проблемы образования накипи и коррозии, а также упростить и удешевить очистку воды [1].

В системах теплоснабжения внутренняя коррозия труб и оборудования не только значительно уменьшает срок их эксплуатации, а также приводит к авариям и образованию накипи, в связи с этим крайне необходимо принимать разные меры по её устранению. Однако для соли, которая образует шлам и накипь, ситуация более сложная: если рассматривать проблему с одной стороны, шлам и накипь нарушают процесс работы системы теплоснабжения, однако с другой – твердые отложения на поверхности трубы мешает попаданию кислорода к металлу, что дает возможность защитить их от коррозии [2]. Именно по этой причине в тепловых сетях не рекомендуется использование воды, в которой полностью отсутствуют соли накипи, так как это не считается рациональным решением проблемы (по сравнению с циклами ТЭС и котельных, где наличие накипи запрещается).

Абсолютно любая система отопления может иметь внутреннюю коррозию трубопроводов и оборудования, а также образование накипи и шлама различной степени. Это происходит главным образом из-за пополнения коррозионных газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) и солей (хлоридов, сульфатов, бикарбонатов и т. д.) [3].

Главными направлениями решения проблем, связанными с коррозией в системах теплоснабжения являются:

- уменьшение коррозионной активности воды с помощью снижения находящихся в ней агрессивных компонентов ( $O_2$ ,  $CO_2$  и т.д.);

- увеличение коррозионной стойкости систем отопления за счет нанесения на металлическую поверхность особой антикоррозийной пленки;

- применение коррозионно-стойких материалов для изготовления элементов системы отопления [4].

Для того чтобы снизить коррозионную активность воды используются два метода: физический – устранение агрессивных газов с помощью деаэрации, и химический – сочетание агрессивных компонентов и химических реагентов.

В наше время для систем теплоснабжения используют обработку воды метасиликатом натрия, при данном процессе свободный диоксид углерода связывается, а на поверхности металла происходит образование надёжной защитной пленки из оксида кремния  $\text{SiO}_2$  (другими словами, жидкое стекло). Также, чтобы снизить содержание  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в воде, сульфит натрия и щелочные реагенты иногда используются с целью ее обработки. Кроме того, подпитывая тепловую сеть умягченной водой или водой со стабилизированной жесткостью (индекс насыщения  $1 = 0$ ), можно предотвратить образование шлама и накипи в системах теплоснабжения [5, 6].

Сейчас антинакипины (ингибиторы образования накипи) и соединения фосфоновой кислоты все чаще используются в качестве альтернатив умягченной воде в системах отопления, но надо осознавать, что их применение имеет целый ряд ограничений. Таким образом, мы приходим к выводу о том, что устранение накипеобразования в трубопроводах тепловых сетей является важной проблемой, требующей дальнейшего изучения.

### **Источники**

1. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. М.: Энергия, 1973. 416 с.
2. Воронов В.Н. Проблемы организации водно-химических режимов на ТЭС // Теплоэнергетика. 2002. № 7. С. 26.
3. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: учеб.пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2003. 310 с.
4. Косачев В.Б., Гулидов А.П. Коррозия металлов // Новости теплоснабжения. 2002. №1.
5. Шарапов А.А., Родионова И.Г., Бакланова О.Н. и др. Повышение коррозионной стойкости сталей для труб тепловых сетей путем обеспечения чистоты по коррозионно-активным неметаллическим включениям // Новости теплоснабжения. 2005. № 9. С. 41-45.
6. Медведева Г.А., Садыков Р.А., Лабуткин А.Г. Современные методы защиты теплогенерирующих установок исистем теплоснабжения от накипи и коррозии // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 5-6. С. 35-42.

## WATER HEATING BOILERS

Daria A. Shapova

Scientific advisor Jhanna I. Aytuganova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

dar.shapoval2017@yandex.ru

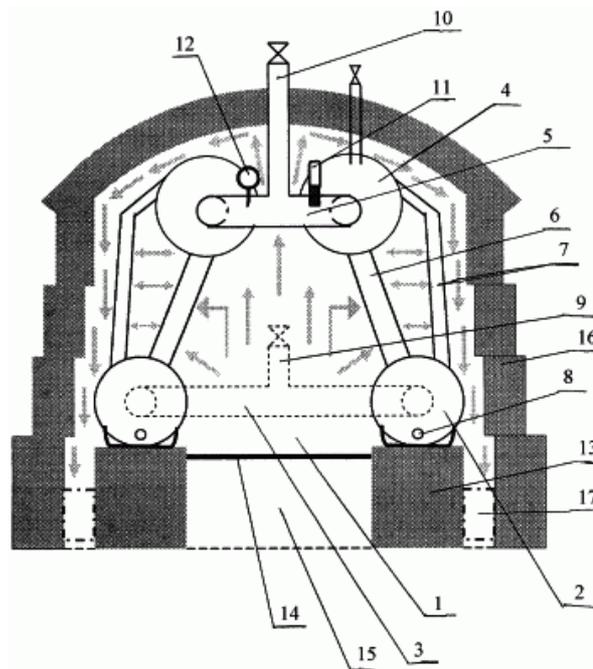
**Abstract.** The article views a water heating boiler, which is a device based on a closed vessel, in which the coolant is heated to a predetermined temperature and serves to provide consumers with heat and hot water. Its principle consists in the combustion of solid fuel in the boiler, heating the water and entering the tank expander.

**Keywords:** fuel combustion, hot water boilers, pipes of the lower and upper collectors, heat carrier, combustion chamber, pipe branch.

A boiler is a heat exchange equipments in which heat is transferred to water from the hot products of fuel combustion. Ultimately, water in steam boilers turns into steam, and in hot water boilers it is heated to the necessary temperature. Hot water boilers of low and medium heating capacity are heating device designed for autonomous heating with hot water in industrial and communal facilities and used in everyday life with guaranteed safety. An obligatory part of water boilers is its heating system, the task of which is to raise the efficiency of the heat transfer process and increase the coefficient of efficiency of the entire boiler [1, 2].

The principle of operation of hot water boilers is as follows. When a hot water boiler is operating, all pipes are filled through the water supply pipe to the boiler with the open position of the pipe, namely the pipes of the lower and upper collectors, the first and second connecting pipes, pipes of the primary and secondary screens, with water or other liquid heat carrier. After filling the internal cavities of the boiler with a liquid heat carrier, the combusted fuel is fed into the combustion chamber and ignited. With the help of a thermometer and a manometer located in the branch pipe, the state of the coolant is monitored by regulating the mode of fuel combustion in the combustion chamber. As the coolant heats up under the action of gravitational forces, the coolant from the heating system enters the first connecting pipe, spreading through the pipes of the lower and upper collectors, the second connecting pipe, pipes of the primary and secondary screens, displacing the heated coolant through the pipe into the heating system.

The thermal energy released during fuel combustion in the form of heated air and smoke touches the surfaces of the pipes, heating the liquid heat carrier in them. To increase the efficiency of the combustion process, air from the blowing and ash removal niche is fed through the grate into the combustion chamber. The supply is reinforced through the niche using any air supply system. Through the grate, solid products of combustion and ash removal enter the blowing niche, then they are removed from there [3]. The gaseous products of combustion pass by the surfaces of the pipes of the upper header, the second connecting pipe, pipes of the primary and secondary screens and along the lining enter the chimney. In this case, ash particles partially settle in the area between the pipes of the secondary shield and the lining. ~~Totemporarilydeletethemusewindows.~~



1 – combustion chamber pipe, 2 – lower collector, 3 – first connecting pipe, 4 – upper collector pipe, 5 – second connecting pipe, 6 – primary screen pipe, 7 – secondary screen pipe, 8 – boiler filling and water drainage pipe, 9 – return water pipe, 10 – water supply pipe to the system, equipped with a valve, 11 – thermometer pipe, 12 – pressure gauge pipe, 13 – strip foundation, 14 – grate, 15 – air supply and ash removal niche, 16 – boiler lining, 17 – chimney cleaning window

Thus, despite the existing shortcomings, the model is simple and safe to operate, modern boilers are not tied to outdated communications and ensure the production of the required amount of heat energy. «...The operating costs of electric machines and hot water heating are almost equal, both heating systems will be able to heat a room quickly enough» [4]. The use of the recommended design of a water heating boiler allows to reduce the cost of the heat energy received by about 17 % by reducing the metal consumption during its manufacture by almost half, compared with the closest analogue.

### Источники

1. Водогрейный котел: пат. 2005102135/06 Рос.Федерация 31.01.2005.№2282112; заявл. 31.01.2005; опубл. 2006.
2. Russell J., Cohn R. Boiler (power generation) //Bookvika publishing. 2013. P. 107.
3. Тугов А.Н., Рябов Г.А., Штегман А.В., Майданик М.Н. Опыт освоения современных котельных установок российского производства // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. № 7-8. С. 87-98.
4. Рыжков Д.С. Сравнительный анализ использования водяного отопления и теплых полов в жилищно-коммунальном хозяйстве // XXII Всерос. асп.-маг. науч. семинар, посв. Дню энергетика. Казань, 2019. Т. 2. С. 28.

УДК 664; 573.6; 579.3

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КРУПНОТОННАЖНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ильдар Камилевич Яппаров

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент А.В. Ахмеров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
yapparov99il@mail.ru

**Аннотация.** Проведен анализ факторов, определяющих энергоэффективность аппаратурно-технологических решений по переработке крупнотоннажного растительного сырья, приведены способы повышения эффективности способов переработки.

**Ключевые слова:** пульсационный аппарат, энергосбережение, энергопотребление, переработка сырья, энергозатраты.

## ENERGY-EFFICIENT HARDWARE AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PROCESSING LARGE-TONNAGE VEGETABLE RAW MATERIALS

Ildar K. Yapparov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
yapparov99il@mail.ru

**Abstract.** The analysis of factors determining the energy efficiency of hardware and technological solutions for processing large-tonnage plant raw materials is carried out, ways to increase the efficiency of processing methods are given.

**Keywords:** pulsating apparatus, energy saving, energy consumption, processing of raw materials, energy consumption.

Некоторые страны сталкиваются с проблемой сохранения достаточного количества сырья после сбора урожая для обеспечения продовольственной безопасности. Производственные мощности в этих странах неадекватны, и это приводит к большим потерям продуктов питания, особенно в течение производственного цикла: использование неадекватных или устаревших технологий, плохое обслуживание растений приводит к появлению загрязненных или некачественных товаров, выставленных на продажу.

Существующие крупные предприятия по переработке сельхозпродукции имеют низкую эффективность с точки зрения энергопотребления и экономии сырья.

Традиционные методы проектирования оборудования обычно основаны на устаревших принципах организации технологических потоков, а также на использовании механических средств для организации межфазного взаимодействия и внутрипроизводственной транспортировки сырья.

Основные недостатки обычных аппаратов:

- наличие подвижных частей внутри аппаратов (мешалки, роторы, шнеки и т.д.) Или конструктивных элементов (перегородки, лопасти и т.д.).

- низкий КПД из-за неполного использования (всего до 40-70 %) рабочего объема аппарата и периодически организованного процесса.

- большая зона контакта с воздухом, что влияет на качество вытяжки.

- высокая потребляемая мощность аппаратами (до 350 кВт).

- большие размеры и вес аппаратов.

- высокая стоимость аппаратов из-за чрезмерного расхода металла и трудоемкости.

- высокие эксплуатационные расходы.

Цели исследования:

- разработка и внедрение аппаратов пульсирующего типа для крупных энергоемких предприятий переработки в системах: «жидкость-твердое тело» [1];

- разработка и внедрение аппаратов пульсирующего типа непрерывного действия для повышения качества и стабильности обрабатываемого сырья;

- внедрение инновационных технологий и аппаратов пульсирующего типа с целью повышения энергосбережения и экономии сырья [2];

- разработка технических решений для многозадачных процессов в сложных условиях обработки и эксплуатации.

У пульсирующих аппаратов есть несомненные преимущества, такие как:

– отсутствие транспортирующих устройств (роторов, шнеков и др.)  
И полное использование площади контакта активной фазы и объема аппарата дает снижение металлоемкости до 35–40 % в пульсирующих аппаратах по сравнению с механическими аппаратами аналогичной конструкции;

– отсутствие контакта жидкой фазы с воздухом, непрерывное противотечение фаз в слое сырья с плотностью, близкой к его кажущейся плотности, и возможность работы в условиях изменения качества сырья позволяют получать продукт более высокой чистоты [3];

– интенсификация процесса извлечения и теплообмена снижает энергозатраты на единицу продукта до 25–30 % [4];

– стабильность технологических режимов и их управляемость, а также отсутствие вспомогательного механического разрушения дисперсий внутри аппарата снижают эксплуатационные расходы до 35 % [5].

### **Источники**

1. Гурьянов А.И. Моделирование и конструирование колонных интенсифицированных экстракторов на основе структурного подхода: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.17.08. Казань, 1996. 355 с.

2. Карпачева С.М., Захаров Е.И., Рагинский Л.С., Муратов В.М. Пульсирующие экстракторы. М.: Атомиздат, 1964. 299 с.

3. Карпачева С.М. Интенсификация химико-технологических процессов применения пульсационной аппаратуры // Журн. прикл. химии. 1990. № 8. С.1649-1658.

4. Ефремов И.Б., Николаев Н.А., Ефремов Б.А. Экспериментальные и теоретические основы разработок пульсационных экстракторов для переработки природного сырья с пористой упругой клетчаткой // Депонированная рукопись № 140-В2010 11.03.2010

5. Гурьянов А.И., Синявин А.А., Иовлев Д.П., Файзуллин И.К., Фассахов Р.Х. Энерго- и ресурсоэффективность диффузионного аппарата // Сахар. 2008. № 2. С. 44-47.

## СЕКЦИЯ 4. Энергетическое машиностроение

УДК 628.336.6

### ИССЛЕДОВАНИЕ БИОГАЗА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТОПЛИВА ДЛЯ ПГУ

Леонард Владимирович Бабичевский  
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Титов  
ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань, Республика Татарстан  
necrolit27@gmail.com

**Аннотация.** В настоящий момент наряду с природным газом в энергетике начинают использовать биогазы различного состава. В статье рассмотрено получение биогаза, его применение в ПГУ.

**Ключевые слова:** ГТУ, альтернативные топлива, топливный газ, ПГУ, биогаз, КПД.

### RESEARCH BIOGAS AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR CCGT

Leonard V. Babichevsky  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
necrolit27@gmail.com

**Abstract.** At the moment, along with natural gas, biogases of various composition are starting to be used in the power industry. The article discusses the production of biogas, its use in the CCGT.

**Keywords:** GTU, alternative fuels, fuel gas, CCGT unit, biogas, efficiency.

В условиях постоянного повышения цен на основные энергоносители и истощения углеводородных ресурсов Земли все большее количество стран рассматривают и внедряют альтернативные топлива для газотурбинных установок [1].

Перспективным альтернативным источником энергии является биогаз, который можно получать из отходов жизнедеятельности людей, растительного и животного мира. Однако в связи с плохо прогнозируемыми затратами на сбор, транспортировку, хранение и подготовку сырья данный метод не получил массового распространения. Использование биотоплива является экономически целесообразным в местах, которые расположены вблизи аграрных производств с развитой инфраструктурой сбора и подготовки биомассы, которая будет использована в энергоустановках. Одно из направлений повышения энергетической эффективности парогазовых установок – это применение биогазовых технологий [2].

В качестве альтернативного вида топлива для парогазовых энергоустановок предлагается рассмотреть в тепловых схемах эффективные биогазовые генераторы. В зависимости от необходимой мощности и назначения, тепловые схемы установок могут отличаться основными элементами [3].

Выработка биогаза сопровождается получением экологически чистого удобрения, имеющего определенную ценность для аграрного сектора. Реализация этих удобрений должна сократить срок окупаемости биогазовой установки приблизительно до 3 раз.

Для получения биогаза необходимо изменить и увлажнить органические отходы, короче после закладываются в емкость – реактор. В реакторе биомасса подвергается процессу сбраживания метановыми анаэробными бактериями [4,5].

В случае с некоторыми видами сырья для его преобразования в чистом виде требуется особая «спиртовая барда». Перечень органических отходов, которые возможно преобразовывать в биогаз, очень широк. От навоза до отходов производства чипсов. Максимальный выход биогаза составляет порядка  $1300 \text{ м}^3$  с содержанием метана до 87 %, который можно получить из жира [6].

Мощные ГТУ и ПГУ потребляют большое количество топлива, в связи с этим остро встает вопрос окупаемости, как самой установки подготовки топливного газа, так и вспомогательного оборудования. На данный момент использование различных биотоплив предпочтительнее на ГТУ малой мощности.

Принципиальные тепловые схемы биогазовой ПГУ бывают различны, однако наиболее эффективной из них является схема с ВППГ, КПД которой равен 47 %. По результатам исследования выявлена экономическая эффективность использования биотоплива для маломощных ГТУ и наиболее эффективная схема ПГУ на биогазовом топливе.

### **Источники**

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Зунино П., Менделеев Д.И. Влияние состава топлива на энергетические параметры газотурбинной установки // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 5. С. 41-51.

2. Мазуренко А.С., Денисова А.Э., Нго Минь Хиэу. Экономическая эффективность парогазовых установок на биотопливе // Энергетика: экономика, технологии, экология. 2013. №1 (32). С. 15-19.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М. Критерии выбора составов топлив при их сжигании в газотурбинных установках с незначительными переделками топливной системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 2 (151). С. 356-365.

4. Han J., Mintz M., Wang M. Waste to Wheel analysis of Anaerobic digestion based renewable natural gas Path ways with the GREETModel. U.S. Department of Energy Argonne National Laboratory, Argonne, LLC, 2011.

5. Караева Ю.В., Тимофеева С.С Исследование процесса анаэробного сбраживания коровьего навоза и растительных отходов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4 (48). С. 6-10.

6. T. Bőjti, K. Kovács, B. Kakuk, R. Wirth, G. Rákhely and Z. Bagi, "Pretreatment of poultry manure for efficient biogas production as monosubstrate or co-fermentation with maize silage and corn stover", Anaerobe, 2017.

УДК 620.92

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ МВС НА РАБОТУ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Максим Дмитриевич Блязиков

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор М.А. Таймаров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
blyazikovtec2@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние состава метано-водородной смеси на работу паровых турбин. Представлены зависимости плотности, объемной теплоты сгорания и объемного числа Воббе метано-водородной смеси от объемной концентрации водорода

**Ключевые слова:** метано-водородная смесь, характеристики ВСГ, число Воббе.

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF AMM COMPOSITIONS ON THE OPERATION OF STEAM TURBINES

Maxim D. Blyazikov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
blyazikovtec2@yandex.ru

**Abstract.** The article examines the influence of the composition of the methane-hydrogen mixture on the operation of steam turbines. The dependences of the density, volumetric heat of combustion and volumetric Wobbe number of a methane-hydrogen mixture on the volumetric concentration of hydrogen are presented.

**Keywords:** methane-hydrogen mixture, characteristics of WASH, Wobbe number.

В 2015 г. Российская Федерация подписала Парижское соглашение, в соответствии с которым взяла на себя обязательства по снижению выбросов в атмосферу парниковых газов.

К основным парниковым газам, которые образуются при сжигании ископаемых видов топлив, относятся водяной пар, углекислый газ и оксиды азота. Состав различных видов топлива и содержание веществ в выхлопе указаны в статье «Влияние состава топлива на энергетические параметры газотурбинной установки»

Одним из способов уменьшения выбросов в атмосферу углекислого газа является переход на сжигание водородсодержащих газов (ВСГ), включая сжигание чистого водорода.

Различают два основных способа получения водородсодержащих газов из природного газа:

- паровая конверсия;
- пиролиз.

При паровой конверсии водяной пар с температурой выше 600°C смешивается с природным газом и на катализаторе часть метана превращается в водород. На выходе из установки паровой конверсии метана получается смесь природного газа, водорода и водяного пара.

Ниже представлены зависимости плотности, объемной теплоты сгорания и объемного числа Воббе метано-водородной смеси от объемной концентрации водорода (рис. 1–4).

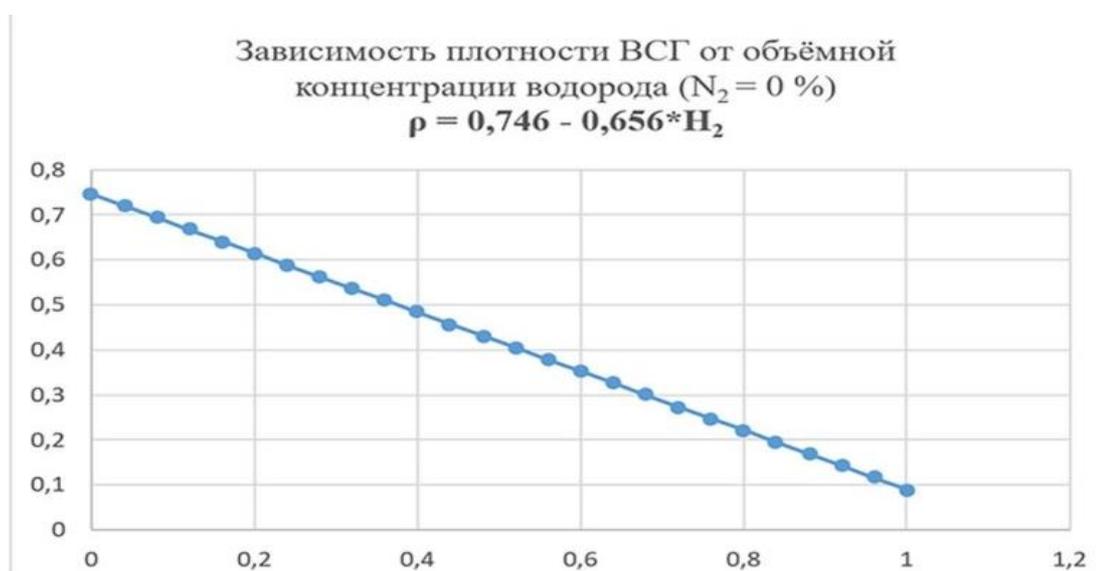


Рис. 1. Зависимость плотности ВСГ от объёмной концентрации водорода

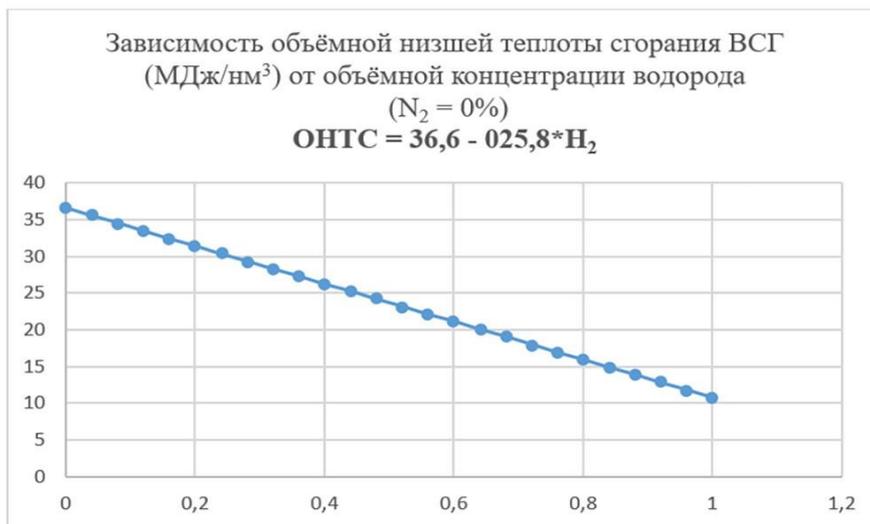


Рис. 2. Зависимость объёмной низшей теплоты сгорания ВСГ (МДж/нм<sup>3</sup>) от объёмной концентрации водорода



Рис. 3. Зависимость массовой теплоты сгорания (МДж/кг) от объёмной концентрации водорода

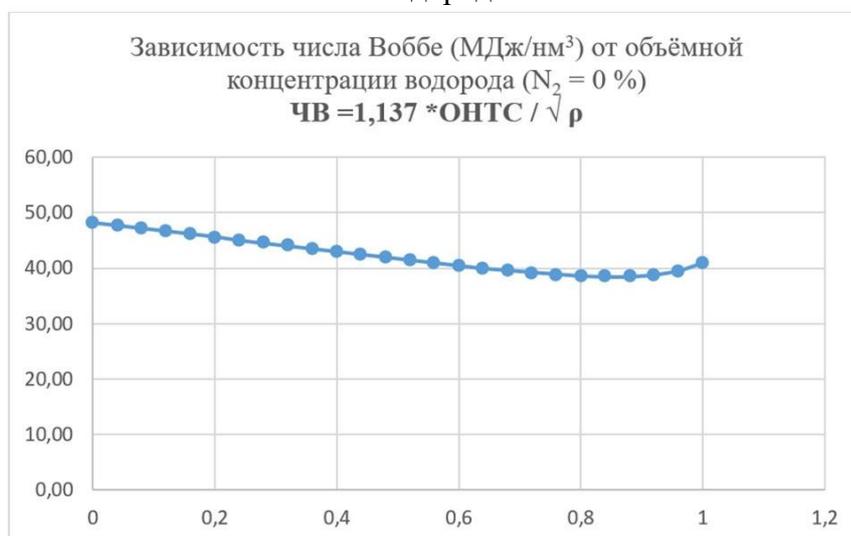


Рис. 4. Зависимость числа Воббе (МДж/нм<sup>3</sup>) от объёмной концентрации водорода

Поскольку значения объемного числа Воббе водородосодержащего газа ниже, чем значение числа Воббе природного газа ( $48,1 \text{ МДж/нм}^3$ ), то подмешивание водорода к природному газу приведёт к уменьшению числа Воббе (W) топливного газа.

Число Воббе является основным критерием взаимозаменяемости газообразных топлив. В теории, если в устройство, предназначенное для сжигания природного газа, подавать газ с другим химическим составом, который имеет такое же число Воббе, то процесс горения, а также концентрация выбросов оксидов азота в дымовых газах не должны измениться.

Факт того, что число Воббе водородосодержащих газов и чистого водорода не очень сильно отличаются от значений числа Воббе, характерных для природного газа, даёт надежду, что горелочные устройства, предназначенные для сжигания природного газа, могут быть использованы для сжигания водородосодержащих газов. При этом допустимая доля водорода в ВСГ будет зависеть от конкретной конструкции горелочного устройства.

Отметим задачи по модернизации котлов для сжигания ВСГ:

- замена горелочного устройства (горелочное устройство должно быть оборудовано защитой распространения пламени вверх по потоку);
- система подготовки ВСГ должна иметь специальную систему мониторинга состояния оборудования и газопроводов;
- газопроводы и запорно-регулирующая арматура должны быть изготовлены из материалов, позволяющих избежать водородного охрупчивания;
- должна быть перепроектирована система подготовки топливного газа, в частности потребуются разработка устройства смешения водорода и природного газа;
- потребуются разработка автоматизированной системы продувки газопроводов;
- потребуются модернизация системы автоматизированного управления котла;
- проходные сечения газопроводов и оборудования системы подготовки топливного газа (фильтров, запорно-регулирующей арматуры, теплообменников) должны быть увеличены по отношению к проходному сечению газопроводов, рассчитанных на работу на природном газе.

## Источники

1. Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Романов К.В. и др. Вклад газовой отрасли в формирование энергетической модели на основе водорода // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2017. № 5 (33). С. 12–20.

2. Бакланов А. В. Влияние способа подачи газообразного топлива в котёл на образование оксидов углерода в продуктах сгорания // Вестник Московского авиационного ин-та. 2019. Т. 26. № 1. С. 111–125.

3. A. Sadiki, S.Repp, C. Schneider et al. Numerical and experimental investigations of confined swirling combustng flows // Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal. 2003.Vol. 3, No. 2-4. P. 78–88.3.

4. Степанов В.С., Степанова Т.Б., Старикова Н.В. Энергетические характеристики топлив и способы их определения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. №7-8. С.34-42

5. Гатина Г.З., Гафуров Н.М.,Зайнуллин Р.Р. Перспективы развития малой энергетики с использованием топливных элементов // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10. №1 (37). С. 89-94

УДК 621.45.042

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАКТОРОВ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Булат Рамилевич Валиуллин

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Г.Р. Мингалеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
bulat-valiullin@mail.ru

**Аннотация.** В работе описаны преимущества газификации перед прямым сжиганием топлива. Анализ литературных источников показал, что в процессе газификации существует возможность очистки полученного генераторного газа от примесей до его попадания в установку. В настоящее время наиболее перспективными являются поточные газогенераторы, основными преимуществами которых является простота, высокая степень выгорания топлива, высокая эффективность, возможность использования топлива различной влажности и фракционного состава. Предложена классификация газогенераторов поточного типа.

**Ключевые слова:** газификация, горючий газ, сжигание, топливо, газогенератор, генераторный газ, промышленные отходы.

# COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBON-CONTAINING RAW MATERIAL GASIFICATION REACTORS

Bulat R. Valiullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bulat-valiullin@mail.ru

**Abstract.** The paper describes the advantages of gasification over direct fuel combustion. Analysis of literature sources showed that in the process of gasification there is a possibility of cleaning the produced generator gas from impurities before it enters the installation. Currently, the most promising are in-line gas generators, the main advantages of which are simplicity, high degree of fuel burn up, high efficiency, the ability to use fuel of different moisture content and fractional composition. Classification of gas generators of flow type is proposed.

**Keywords:** gasification, combustible gas, combustion, fuel, gas generator, generator gas, industrial waste

Газификация представляет собой один из процессов термической переработки твердых и жидких углеродсодержащих веществ, в результате которого получается горючий газ, содержащий в основном CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>. Полученный газ, состав которого значительно изменяется в зависимости от состава исходного сырья и режимных параметров процесса, может сжигаться в котельных установках или подаваться в реакторы для производства химической продукции [1]. Газификация является серьезной альтернативой прямому сжиганию топлива. Основным преимуществом является возможность очистки полученного генераторного газа от золы и сернистых соединений до подачи в энергетическую установку. Основное влияние на состав и параметры получаемого газа оказывает конструкция газогенератора. Наиболее перспективными в настоящее время являются поточные газогенераторы, в которых реализуется наиболее полное преобразование исходного сырья в генераторный газ. Конструкции поточных газогенераторов очень разнообразны [2]. Целью настоящей работы является анализ известных конструкций поточных газогенераторов, выявление конструктивных элементов для последующего моделирования унифицированного газогенератора, позволяющего перерабатывать различные виды твердых топлив и промышленных отходов.

Предлагаемая классификация поточных газогенераторов представлена на рисунке.



Классификация поточных газогенераторов

Различают следующие виды поточных газогенераторов: по способу подачи компонентов, по способу подвода теплоты для газификации и по способу охлаждения газа. По способу подачи компонентов можно выделить 5 основных типов, принципы их работы и конструктивные особенности подробно описаны в работах [2-4]. По способу подвода теплоты для газификации можно выделить газогенераторы с электрическим нагревом [5], с нагревом паром, нагрев продуктами сгорания и инфракрасным нагревом. Полученный газ может быть охлажден путем распыления воды [6] или при помощи теплообменника, в который подается вода.

В результате проведенного анализа выявлены режимные параметры газогенераторов, влияющие на состав получаемого газа, что позволит создать модель поточного газогенератора, в котором могут перерабатываться различные виды топлив.

### Источники

1. Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р. Возможности промышленного использования генераторного газа // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. №11-12. С. 22-31.

2. Higman C., Burt M. Gasification. Houston (USA): Elsevier science, 2003. Vol. 391.

3. Абаимов Н.А., Рыжков А.Ф. Разработка модели поточной газификации угля и отработка аэродинамических механизмов воздействия на работу газогенераторов // Теплоэнергетика. 2015. № 11.С. 3-8.

4. Патент №172709 Российская Федерация. Газогенератор для бескислородной газификации водоугольного топлива / Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р.; заявитель ФГБОУ ВО «КГЭУ»; опубл. 21.07.2017. 7 с.

5. Hotz C., Haas M., Wachter S., Fleck S., Kolb T. Two-phase free jet model of an atmospheric entrained flow gasifier // Fuel. V. 304. P. 1-12.

6. Wu X., Guo Q., Gong Y., Liu J., Luo X., Wu T., Yu G. Influence of burner geometry on atomization of coal water slurry in an entrained-flow gasifier // Chemical Engineering Science. 2022. V. 247 (2022). P.1-13/

УДК 62-9

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОТУ ГАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ИНДОНЕЗИИ**

Джессе Иммануел Демократиа

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Б.М. Осипов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

immanueljc19@gmail.com

**Аннотация.** Рост народонаселения планеты приводит к росту потребления энергии как развивающихся, так и развитых стран. Так мировое производство энергии с 1990 года по настоящее время увеличилось более чем в 2 раза. При планировании строительства электростанций Индонезия учитывает влияние выбросов при производстве электроэнергии и стремится поддерживать их на уровне ниже определенного. Газотурбинные электростанции – это вариант выработки электроэнергии с низким уровнем выбросов парниковых газов. Однако на производительность газовой турбины сильно влияет состояние окружающей атмосферы, в которой расположена газовая турбина.

**Ключевые слова:** газотурбинная электростанция, энергоэффективность, сокращение выбросов, климатические условия.

# THE IMPACT OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE OPERATION OF GAS POWER PLANTS IN INDONESIA

Jesse Immanuel Democratia  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
immanueljc19@gmail.com

**Abstract.** The growth of the planet's population leads to an increase in energy consumption in both developing and developed countries. Thus, world energy production has increased more than 2 times since 1990 to the present. In planning the construction of power plants, Indonesia considers the impact of electricity generation emissions and seeks to keep them below a certain level. Gas turbine power plants are an option for generating electricity with low levels of greenhouse gas emissions. However, the performance of the gas turbine is strongly influenced by the state of the surrounding atmosphere where the gas turbine is placed.

**Keywords:** gas turbine power plant, energy efficiency, emission reduction, climatic conditions.

Прогноз Национального энергетического совета Республики Индонезия, предполагает увеличение спроса на электроэнергию до 2,214 ТВт·ч к 2050 г. [1]. К 2028 г. в Индонезии угольные электростанции будут преобладать среди типов электростанций, которые будут построены, достигая 21,4 ГВт или 38 %, электростанция комбинированного цикла мощностью – 16,2%, газовая электростанция и двигатель внутреннего сгорания – 3,3 ГВт или 5,8%, другие электростанции на новой и возобновляемой энергии – 16,9 ГВт или 29,9 % [2].

На 21-й Конференции по изменению климата (КС-Конференция Сторон РКИК ООН-Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата) в Париже, Франция, Индонезия взяла на себя обязательство сократить выбросы парниковых газов. Для сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в энергетическом секторе правительство Индонезии прилагает следующие усилия: 1) уделять приоритетное внимание использованию возобновляемых источников энергии в качестве попытки сократить выбросы CO<sub>2</sub>. 2) выполнение переключения топлива с угля на природный газ. Прямое переключение на топливо также сократит выбросы парниковых газов, поскольку коэффициенты выбросов природного газа ниже, чем выбросы угля.

Газовые турбины имеют очень низкие выбросы по сравнению с другими технологиями генерации на ископаемом топливе [3, 4]. Из-за их относительно высокой эффективности и зависимости от природного газа в качестве основного топлива газовые турбины выделяют значительно меньше диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) на киловатт-час, вырабатываемого, чем другие ископаемые технологии в коммерческом использовании [5]. Повышение экологической безопасности производства тепловой и электрической энергии в настоящее время является центральной и для её достижения перспективно применение гибридных технологий производства энергии в различных отраслях производства продукции [3, 4], также необходимо учитывать изменение электрической нагрузки связанное с широким применением энергоэффективного оборудования, для правильного выбора возобновляемых источников энергии [6, 7].

Расположение электростанции играет важную роль в ее работе. Климат Индонезии экваториальный, влажный, в некоторых регионах имеет субэкваториальный. Среднемесячная температура составляет около 26±3 °С. О влиянии температуры окружающей среды сообщалось несколькими авторами в [3–5, 8], что при каждом повышении температуры окружающей среды выше условия ISO газовая турбина теряет тепловой КПД и свою валовую (полезную) выходную мощность. Высокая температура окружающей среды снижает плотность воздуха. Таким образом, массовый поток воздуха, поступающий в компрессор газовой турбины, уменьшается. Мощность, вырабатываемая турбиной, близка к линейной функции массового расхода воздуха, поэтому мощность, вырабатываемая турбиной, уменьшается.

### **Источники**

1. Dewan Energi Nasional. Outlook Energi Indonesia. Jakarta, 2019.
2. PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2019 – 2028. Jakarta, 2019.
3. Mendeleev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 643. article number 012099.

4. Mendeleev D.I., Marin G.E., Akhmetshin A.R. The Implementation and Use of Gas Turbines with Absorption Refrigerating Machine in the Technological Schemes of Thermal Power Plants // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2019. article number 8934431.

5. U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership. Catalog of CHP Technologies. 2017.

6. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., Akhmetshin A.R. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. vol. 860. article number 012026.

7. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энергоресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №1(23). С. 156-166.

8. Оганесян Л.С., Хачатрян Р.Г. Влияние природно-климатических условий на работу газотурбинных установок армянской энергосистемы // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. 2015. С. 49-61.

УДК 62-622

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ГТУ В ПЕРИОДЫ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК, ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ВОДОРОДА В ИСХОДНОЕ ТОПЛИВО**

Александр Вениаминович Ишалин<sup>1</sup>, Юлия Валерьевна Сопина<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Титов

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>2</sup>АО «ТАТЭНЕРГО» Казанская ТЭЦ-1, г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>Aiv1999@yandex.ru, <sup>2</sup>julia.sjv97@yandex.ru

**Аннотация.** В статье предложен метод повышения мощности ГТУ во время пиковых нагрузок при помощи водорода, который подмешивают в исходное топливо. Преимущества и недостатки такого метода и влияние на энергетическое оборудование.

**Ключевые слова:** водород, ГТУ, топливо, турбина, мощность, природный газ.

# METHODS FOR INCREASING THE POWER OF A GAS TURBINE UNIT DURING PERIODS OF PEAK LOADS, WITH THE ADDITION OF HYDROGEN TO THE INITIAL

Alexander V. Ishalin<sup>1</sup>, Yulia V. Sopina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>2</sup>JSC "TATENERGO" branch Kazan CHPP-1, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>Aiv1999@yandex.ru, <sup>2</sup>julia.sjv97@yandex.ru

**Abstract.** The article proposes a method for increasing the power of a gas turbine unit during peak loads using hydrogen, which is the mixing of hydrogen into the initial fuel. The advantages and disadvantages of this method, as well as the impact on power equipment.

**Keywords:** hydrogen, GTU, fuel, turbine, power, natural gas.

Проблема неравномерности распределения нагрузки в течении дня весьма актуальна, так как она вынуждает производить регулирование работы энергетического оборудования [1]. Регулирование заключается в изменении нагрузки энергетическим оборудованием. На данный момент при пиковых нагрузках эффективнее всего включать газовые турбины, включение и выход на режим генерирования мощности происходит в течение 15-20 мин. Основными недостатками при включении оборудования являются: 1. Затраты на пуск. 2. Задержки при включении оборудования. 3. Износ оборудования при пусковых операциях.

Неравномерность электрической нагрузки напрямую влияет на работу энергетической системы, количество включенных турбин, на режим в котором они вырабатывают электрическую и тепловую энергию, на эффективность работы, на качество генерируемой электроэнергии [2, 3]. На рисунке показано изменение нагрузки в течение суток.



Переменный режим работы энергетического оборудования в течении суток

Как видно из рисунка изменение нагрузки происходит в широком диапазоне от 20 до 100 % мощности. При достижении пиков мощности необходимо вводить в работу резервные турбины (горячий и холодный резерв), но это дополнительные затраты на пусковые операции.

Одним из способов повышения мощности является ввод водородного топлива в стандартную систему топливоподготовки. Добавка водорода повысит энергетические характеристики топлива и позволит частично или полностью покрыть пиковую нагрузку.

Удельная теплота сгорания различных видов топлива

| Топливо (По массе)        | Удельная теплота сгорания, МДж/кг |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Водород                   | 118–120                           |
| Метан                     | 49–51                             |
| Водород 50 % + метан 50 % | 83–85                             |
| Водород 10 % + метан 90 % | 58–60                             |

Как видно из таблицы добавление 10 % водорода к метану, способно повысить его удельную теплоту сгорания на 18–20 %. Ограничением повышения мощности, является максимальная температура в камере сгорания, это препятствует применению водорода. В номинальном режиме в камеру сгорания поступает природный газ. В пиковые часы, подмешивается водород, после чего метано-водородное топливо поступает в камеру сгорания [4].

По результатам исследований определено влияние водородного топлива на основное и вспомогательное оборудование ГТУ.

### Источники

1. Менделеев Д.И., Галицкий Ю.Я., Марьин Г.Е., Федотов А.Ю. Особенности работы блока ПГУ-220 Казанской ТЭЦ-2 по заданному графику // В сб.: Электроэнергетика глазами молодежи - 2018. Матер. IX Междун. молод. науч.-техн. конф. В 3-х томах. 2018. С. 307-310.

2. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4–10 кВ // Энергетика Татарстана. 2012. № 1 (25). С. 3-7.

3. Benato A., Stoppato A., Bracco S. Combined cycle power plants: A comparison between two different dynamic models to evaluate transient behaviour and residual life // Energy Conversion and Management. 2014. Vol. 87. Pp. 1269-1280.

4. Марьин Г.Е., Менделеев Д.И. К вопросу подготовки топливного газа для парогазовых энергоблоков // В сб. «Тинчуринские чтения - 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: Матер. Междун. молод. науч. конф. Т. 2. С. 199-201.

УДК 536.7

## **ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА КПД ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ**

Евгений Васильевич Клейн<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Титов<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>zombee1997@mail.ru, <sup>2</sup>al.v.titov@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены перспективы применения теплоты уходящих газов газотурбинной установки. Одним из основных направлений использования уходящих газов является подогрев рабочего тела перед камерой сгорания, для повышения КПД газотурбинной установки.

**Ключевые слова:** газотурбинная установка, теплота, уходящие газы, повышение КПД, модернизация.

## **THE EFFECT OF USING THE HEAT OF THE EXHAUST GASES ON THE EFFICIENCY OF A GAS TURBINE**

Evgeny V. Klein

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>zombee1997@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the prospects of using the heat of exhaust gases. One of the main uses of such gases is to heat the working fluid in front of the combustion chamber to increase the efficiency of a gas turbine installation.

**Keywords:** gas turbine installation, heat, exhaust gases, efficiency improvement, modernization.

В настоящее время газотурбинные установки создаются в основном на базе авиационных двигателей предыдущего поколения, в связи с этим они обладают умеренными параметрами рабочего процесса, их эффективный КПД достаточно низок и составляет порядка 25–30 %, а температура уходящих газов велика. В таких случаях остро встаёт вопрос снижения потерь. Для этого требуется утилизировать теплоту, теряемую с уходящими газами в атмосферу [1].

В настоящее время применяют следующие методы для повышения эффективности ГТУ:

- форсирование параметров цикла;
- усложнение термодинамического цикла [2];
- впрыск воды или водяного пара в проточную часть ГТУ [3].

Одним из наиболее эффективных способов является подогрев воздуха перед камерой сгорания, с помощью утилизации тепла выхлопных газов газовой турбины. Теплообмен происходит в теплообменнике, установленном после компрессора, за счёт теплоты уходящих газов [4]. Часть теплоты, которая раньше вместе с отработавшими продуктами сгорания выбрасывалась в атмосферу, теперь полезно используется на подогрев воздуха перед камерой сгорания. Это позволяет экономить топливо для нагрева топливоздушную смеси. Однако данный способ может быть реализован только в том случае, когда температура воздуха после компрессора ниже, чем температура уходящих газов. Данная модернизация не изменяет внутренний относительный КПД цикла, но внутренний КПД установки увеличивается [5].

Намного реже теплоту уходящих газов используют для подогрева топлива, поступающего в камеру сгорания, т.к. это приводит к меньшему повышению КПД [6].

Если ГТУ используется в парогазовой установке, то теплоту уходящих газов передают теплоносителю, не участвующему в цикле ГТУ, по средствам использования водогрейных или паровых котлов, котлов утилизаторов [7].

Для оценки возможностей применения на газовой турбине 9НА.01 в дальнейших исследованиях планируется провести комплексное исследование, сопоставление и анализ всех доступных данных, а также создание математической модели ГТУ с использованием теплоты уходящих газов на подогрев сжатого воздуха перед камерой сгорания [7]. Оценка эффективности такой модернизации и её целесообразность. При выборе мини ГТУ для обеспечения оптимального КПД необходимо также учитывать изменение нагрузки [8].

### **Источники**

1. Гриценко Е.А., Данильченко В.П., Лукачев С.В., Резник В.Е., Цыбизов Ю.И. Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения. Самара: СНЦ РАН, 2014. 266 с.

2. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Галицкий Ю.Я., Ахметшин А.Р. Исследование влияния условий эксплуатации на эффективность использования абсорбционно-холодильной машины в цикле газотурбинных и парогазовых установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 4 (153). С. 821-831.

3. Марьин Г.Е., Менделеев Д.И., Ахметшин А.Р. Подвод различных веществ в проточную часть газовой турбины для повышения ее энергетических характеристик // В сб.: Современные проблемы теплофизики и энергетики: матер. III междунар. конф. 2020. С. 601-602.

4. Беденьгов И.В., Мингалеева Г.Р. Разработка теплообменника-регенератора для газотурбинных установок // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 2(42). С. 39-46.

5. Ahmed A.M., Tariq M. Thermal analysis of a gas turbine power plant to improve performance efficiency // International journal of mechanical engineering and technology (IJMET). 2013. – V.4. 128 с.

6. Marin G., Mendeleev D., Osipov B., Akhmetshin A. Study of the effect of fuel temperature on gas turbine performance // В сб.: E3S Web of Conferences. Сер. "High Speed Turbomachines and Electrical Drives Conference, HSTED 2020" 2020. С. 01033.

7. Титов А.В., Осипов Б.М. Инструментальная среда для исследования газотурбинных установок на математических моделях // Вестник КГЭУ. 2017. № 4 (36). С. 17-21.

8. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И., Энергоресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №1(23). С.156-166

УДК 62-622

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МОЩНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГОСИСТЕМУ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Георгий Евгеньевич Марьин<sup>1</sup>, Александр Михайлович Цветкович<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Б.М. Осипов

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1,2</sup>АО «ТАТЭНЕРГО» г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>george64199@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены основные производители мощных газовых турбин. Показано, что внедрение в энергетику газотурбинных технологий будет доминирующим при строительстве новых тепловых электрических станций. Требуется строительство высокоэффективных, маневренных и экономичны ГТУ. В качестве объекта исследования рассмотрен энергоблок ПГУ-850 МВт.

**Ключевые слова:** ГТУ, ПГУ, топливо, турбина, мощность, природный газ, тепловая станция.

# PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF POWERFUL GAS TURBINE INSTALLATIONS INTO THE POWER SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

George E. Marin<sup>1</sup>, Alexander M. Tsvetkovich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1,2</sup>"TATENERGO" Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>george64199@mail.ru

**Abstract.** In this paper, the main manufacturers of high-power gas turbines are considered. It is shown that the introduction of gas turbine technologies into the energy sector will be dominant in the construction of new thermal power plants. It requires the construction of highly efficient, maneuverable and economical GTU. The PSU-850MW power unit is considered as an object of research.

**Keywords:** GTU, CCGT, fuel, turbine, power, natural gas, heat station.

Стратегия развития энергетики до 2035 года предусматривает ввод нового генерирующего оборудования на базе газотурбинных установок. Данные мощности могут быть введены взамен устаревшего оборудования, либо как новая тепловая станция. Наиболее быстрым и эффективным способом строительства является возведение новых цехов на территории действующих станций. При таком условии электроснабжение, теплоснабжение, водоснабжение будет осуществляться от действующих линий, что сократит затраты. Для снабжения топливом можно использовать действующие газопроводы (основные и резервные) [1, 2].

На данный момент ГТУ большой мощности наиболее экономичны [3-5]. Можно выделить основных производителей табл. 1.

Таблица 1

Основные производители ГТУ

|                               | General Electric 9HA02 | Mitsubishi M701JAC | Siemens SGT5-8000HL | Ansaldo GT-36 |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| Мощность, МВт                 | 570                    | 575                | 590                 | 540           |
| $\eta_k, \%$                  | 44                     | 43,4               | 42,8                | 42,8          |
| Степень сжатия, $P_k$         | 23.8                   | 25                 | 24                  | 24            |
| Расход воздуха, кг/с          | 1040                   | 1030               | 1050                | 1020          |
| Температура уходящих газов, С | 635                    | 645                | 670                 | 625           |

Высокие температуры в камере сгорания (1500–1700 С) и большие значения в камере сгорания  $\Pi_K=23-25$  обеспечивают наименьшие расходы. Эти турбины относятся к классу Н. Конструктивно такие мощные турбины выполняются одновальными. Совершенствование конструкции газовых турбин позволило снизить выбросы вредных выбросов ( $CO_x$ ,  $NO_x$ ), увеличению скорости набора нагрузки [6].

В данной работе рассмотрен энергоблок ПГУ-850 МВт. Технико-экономические показатели работы ПГУ-850 МВт для режима ISO (температура наружного воздуха +15 °С, при условиях влажности  $\varphi=60$  % и атм давления 1,013 бар) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономические показатели работы ПГУ-850 МВт

| №п/п | Наименование               | Единица измерения | Величина |
|------|----------------------------|-------------------|----------|
| 1    | Температура воздуха        | С                 | +15      |
| 2    | Мощность турбины           | МВт               | 576      |
| 3    | КПД                        | %                 | 43,4     |
| 4    | Расход воздуха             | кг/с              | 1020     |
| 5    | Температура уходящих газов | С                 | 640      |

Конфигурация газовой турбины – одновальная, со сборным ротором. Конструкция ротора турбины обеспечивает надёжную работу при циклических нагрузках со сниженными потерями горячих газов через систему уплотнений.

Компрессор газовой турбины состоит из 14 ступеней с регулируемыми входными направляющими лопатками и регулируемые лопатками статора, которые используются при пусках, наборе и сброса нагрузки.

### Источники

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р) // Справочная Правовая Система Консультант Плюс (последнее обновление 26.03.2018).

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М. Критерии выбора составов топлив при их сжигании в газотурбинных установках с незначительными переделками топливной системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 2 (151). С. 356-365.

3. Cho H.M., He Bang-Quan. Combustion and emission characteristics of a lean burn natural gas engine // International Journal of Automotive Technology. 2008. Vol. 9. No. 4. P. 415-422. DOI: 10.1007/s12239-008-0050-5

4. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 3 (43). С. 47-56

5. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е. Исследование влияния состояния оборудования блоков ПГУ и режимов их работы на выполнение заданного графика выработки электроэнергии // В кн.: ЭНЕРГИЯ-2018. 13-я междунауч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 7.

6. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.

УДК 536.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ

Артем Робертович Хизбуллин<sup>1</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент С.С. Тимофеева<sup>2</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>khizbullin-artem@mail.ru, <sup>2</sup>zvezdochka198512@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены перспективы применения технологических газов и их транспортировки. Одним из основных направлений использования таких газов является сжигание топлива в камерах сгорания энергетических установок. В качестве объекта исследования рассматривается состав отходящих газов глубокой переработки нефтяных остатков. В результате исследований рассчитаны характеристики газа, а также определены пропускная способность газопровода и затраты мощности компрессорной станции.

**Ключевые слова:** технологические газы, отходящие газы нефтепереработки, транспортировка, газоперекачивающий агрегат, газотурбинная установка.

# PROSPECTS FOR APPLICATION AND TRANSPORTATION OF PROCESS GASES

Artem R. Khizbullin<sup>1</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>khizbullin-artem@mail.ru

**Abstract.** The article considers the prospects of application of technological gases and their transportation. One of the main directions of using such gases is the combustion of fuel in the combustion chambers of power plants. The composition of off-gases of deep refining of oil residues is considered as an object of research. As a result of the research the characteristics of gas are calculated, as well as the throughput capacity of the gas pipeline and the cost of compressor station capacity are determined.

**Keywords:** process gases, waste gases from oil refining, transportation, gas compressor unit, gas turbine unit.

В настоящее время существует необходимость утилизации горючих отходов нефтепереработки, а также других технологических газов, получение которых сопровождает процессы добычи и переработки различного органического сырья, металлургического производства. Утилизация отходов и побочных продуктов нефтехимического производства обеспечивает прямую экономию затрат на прирост первичных сырьевых ресурсов, расширение возможности экспорта природного сырья [1, 2]. Газообразные горючие отходы различных производств могут служить альтернативой традиционному топливу, а также выступать в качестве самостоятельного источника постоянно пополняемых топливно-энергетических ресурсов или добавок к основному топливу. Одним из основных направлений использования таких газов является сжигание топлива в камерах сгорания энергетических установок [3, 4]. Немаловажным аспектом применения горючих газов является подготовка и транспортировка. При транспортировке газообразных топлив необходимо учитывать состав и качество газа, а также технологический газ не должен вызывать трудностей при его использовании в качестве топлива. Как правило, основная транспортировка газообразных топлив осуществляется при помощи трубопроводного транспорта – газопроводов различного диаметра [5]. Целью настоящей работы является исследование характеристик технологического газа и рассмотрение возможностей его применения и транспортировки.

В первую очередь, для оценки применения технологического газа необходимо рассмотрение его характеристик относительно показателей природного газа. В качестве объекта исследования рассматривается состав отходящих газов глубокой переработки нефтяных остатков, который представляет собой следующую смесь компонентов (% об.):  $H_2O$ -0,48;  $CO$ -0,6;  $CO_2$ -0,1;  $H_2S$ -0,00265;  $H_2$ -49,57;  $CH_4$ -30,697;  $C_2H_4$ -14,88;  $C_3H_4$ -0,01;  $C_3H_8$ -2,66;  $iC_4H_{10}$ -0,54;  $nC_4H_{10}$ -0,46. Теплота сгорания газа составляет 21,7 МДж/м<sup>3</sup>. Газ характеризуется преобладающим значением в своем составе водорода. Также газ содержит метан, смесь углеводородных газов (этана, пропана, бутана, изобутана, пентана), окись углерода, а также инертные примеси. Состав газа соответствует требованиям, предъявляемых к качеству газов, подаваемых в газопроводы [6].

Оптимальный режим эксплуатации газопроводов заключается прежде всего в максимальном использовании их пропускной способности при минимальных энергозатратах на компримирование и транспортировку газа по газопроводу [5]. В результате расчетов пропускной способности газопровода при рассмотрении газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом расход газа составил 56 млн нм<sup>3</sup>/сут, затраты мощности компрессорной станции на перекачку – 30 МВт.

Для оценки возможностей применения в энергетике и транспортирования в дальнейших исследованиях планируется провести комплексное сопоставление и анализ технологического газа с природным газом по составу и теплотехническим показателям, а также оценить техническое состояние газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом.

### Источники

1. Gorbiychuk, M., Zamikhovska, O., Zamikhovskyi, L., Zikratyi, S., Shtaiier, L. Evaluation of dynamic properties of gas pumping units according to the results of experimental researches // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. №2 (98). С. 73–81.

2. Ачитаев А.А., Русина А.Г., Жидков А.А., Евсеенко П.Н. Реализация проектов генерации на свалочном газе // Вестник КГЭУ. 2019. Т.11. №3(43). С. 67-77.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №3(158). С. 84-92.

4. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е. Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник КГЭУ. 2019. Т.11. №3(43). С. 47-56.

5. Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. М.: Нефть и газ, 1999.- 463 с.

6. ОСТ 51.40-83. Газы горючие природные, подаваемые в магистральные газопроводы.

## СЕКЦИЯ 5. Автоматизация технологических процессов и производств

УДК 681.516.32

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДЫМОУДАЛЕНИЯ

Даниил Булатович Абзалов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
esports\_707@mail.ru

**Аннотация.** Грамотно спроектированная система дымоудаления является одним из факторов обеспечения безопасности персонала предприятий, а также гражданского населения при возникновении пожаров.

**Ключевые слова:** автоматизация, дымоудаление, вентиляционные клапаны, безопасность, огнезадерживающие клапаны.

### AUTOMATION OF SMOKE REMOVAL SYSTEM CONTROL

Daniil B. Abzalov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
esports\_707@mail.ru

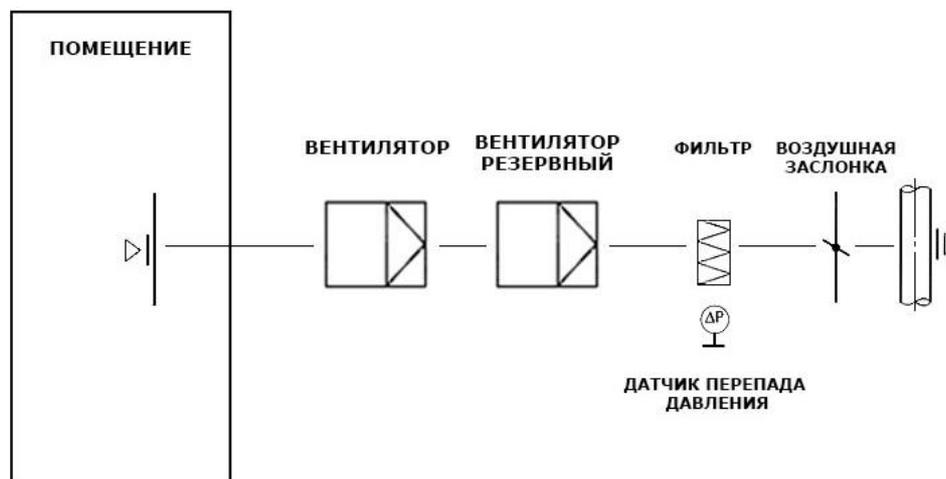
**Abstract.** A well-designed smoke removal system is one of the factors of ensuring the safety of personnel of enterprises, as well as the civilian population in the event of fires.

**Keywords:** automation, smoke removal, ventilation valves, safety, fire-retaining valves.

Система автоматизации дымоудаления необходима для обеспечения помещений воздухом и выпуска дымовых газов наружу, а, следовательно, безопасности людей. Система автоматизации дымоудаления осуществляет контроль системы вентиляции при помощи персонального компьютера. Установка системы автоматизации дымоудаления позволяет не допускать возникновения аварии и чрезвычайных происшествий и не требует значительных затрат на проектирование и реализацию.

Для проектирования и монтажа системы дымоудаления необходимо точно сформулировать требования к её параметрам и критериям для жилых, производственных и общественных зданий.

Автоматизированная система дымоудаления может быть любой сложности: от простых приточных систем до современных инновационных комплексов распределения воздушного потока, что даст возможность не только отслеживать установленные параметры, но и поддерживать их на определенном уровне [4].



Функциональная схема автоматизации дымоудаления

Система дымоудаления на рисунке состоит из:

- дымоприемного устройства, которое обеспечивает прием дымовых газов;
- вентиляторов дымоудаления, предназначенных для удаления газов из помещения;
- вентиляционных каналов (воздуховоды), шахт, предназначенных для транспортировки дымовых газов наружу, которые производятся из негорючих материалов [5].
- вентиляторов подпора воздуха, предназначенных для создания избыточного давления на лестницах и лифтах для того, чтобы исключить их задымление [1];
- датчика перепада давления, чтобы вести контроль избыточного давления воздуха;
- огнезадерживающих клапанов, устанавливаемых в системах общеобменной вентиляции с целью ограничения распространения дымовых газов.

Вентиляторы дымоудаления будут работать только в том случае, если система пожарной сигнализации покажет наличие дыма в помещении [3]. После срабатывания пожарной сигнализации вентиляторы подачи воздуха перейдут в режим реверса, и общеобменная система вентиляции преобразуется в систему дымоудаления [2].

Основные преимущества такой системы:

- контроль температуры воздуха внутри помещения;

– возможность управления производительностью вентиляционных систем с учетом определенных параметров и факторов окружающей среды;

– система может работать в ручном режиме управления, когда отсутствует возможность автоматической работы.

Современные системы дымоудаления устанавливаются в промышленных, общественных и других зданиях, так как одной из первостепенных задач автоматизации является безопасность жизнедеятельности человека.

### Источники

1. Рябова В.И., Андреев А.А. Система дымоудаления в многоквартирном доме // Научные горизонты. 2019 № 9. С. 184-188.

2. Казанина И.В., Разбицкий Е.В., Автоматизация систем управления метрополитена г. Алматы // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 12. С. 96-101.

3. Колесниченко Е.Л., Сивков Ю.В. Автоматизация системы пожаротушения и дымоудаления в здании ДК «Строитель» г. Тюмени // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации). 2014. № 12. С. 240-243.

4. Киселева А.А., Смирнов В.Д. Внедрение современных систем дымоудаления в производственных помещениях // Техносферная безопасность. 2019. С. 104-106.

5. Системы вентиляции: виды, устройство, назначение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tion.ru/ventilyaciya/> (дата обращения 30.11.21).

УДК 628.47:504

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СОРТИРОВКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Ангелина Романовна Андреева<sup>1</sup>, Евгения Викторовна Захарова<sup>2</sup>,

Альбина Ильдаровна Шарафиева<sup>3</sup>

Науч. рук. ст. преп. А.С. Марченко

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>belladonahades@gmail.com, <sup>2</sup>evgzakharova45@yandex.ru, <sup>3</sup>al.sharafieva1606@icloud.com

**Аннотация.** В статье рассмотрены пути внедрения автоматизации в сортировку отходов и ускорение её работы, применяя принципы физики оптики, спектрального анализа и искусственного интеллекта. Представлены преимущества автоматизированной механической сортировки перед ручной.

**Ключевые слова:** сортировка отходов, оптическое распознавание, твердые отходы, робот, экологическое состояние.

## AUTOMATIC SORTING OF SOLID WASTE

Angelina R. Andreeva<sup>1</sup>, Evgeniya V. Zakharova<sup>2</sup>,

Albina Ildarovna Sharafieva<sup>3</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarsan

<sup>1</sup>belladonahades@gmail.com, <sup>2</sup>evgzakharova45@yandex.ru, <sup>3</sup>al.sharafieva1606@icloud.com

**Abstract.** The article discusses ways of introducing automation into waste sorting and accelerating its work, applying the principles of physics of optics, spectral analysis and artificial intelligence. The advantages of automated mechanical sorting over manual sorting are presented.

**Keywords:** waste sorting, optical recognition, solid waste, robot, ecological state.

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды является одной из самых острых и актуальных. Экологическая обстановка с каждым годом стремительно ухудшается, что приводит к непоправимым последствиям [1]. Для уменьшения пагубного влияния на экологию необходимо заниматься сортировкой отходов и его дальнейшей переработкой. В развитых странах Европы и Азии ручная сортировка отходов уже стала неотъемлемой частью жизни, законодательства и менталитета. Но постоянно растущий темп жизни, приводящий к увеличению отходов и уменьшению свободных временных ресурсов человека, требует внедрение автоматизации данного процесса.

Для реализации данного внедрения можно использовать оборудование автоматической сортировки материалов с системой оптического распознавания. Использование физики, оптики и сенсоров оптического определения позволяет сортировать отходы по данным спектрального анализа без участия ручного труда [2]. Создав базу с имеющимися данными отходов, а точнее цвет материала и его химический состав, появляется возможность сортировки с помощью датчиков определения этих критериев. Пневматические клапаны, в свою очередь, отстреливают определенные компоненты с помощью сжатого воздуха. Таким образом, можно выделить определенное количество фракций, увеличивая количество пневматических клапанов.

Данная технология не только улучшит качество сортировки за счет двойного анализа, но и ускорит сам процесс. По данным только скорость сортировки пленки значительно разнится между ручной и автоматической – 4000 кг/ч автоматическая, и 70 кг/ч производит ручная [3].

Это преимущество особенно важно для большого объема отходов. Помимо оптической сортировки, объединение автоматизации и робототехники помогает в использовании искусственного интеллекта для решения экологической проблемы. Так, робот, оснащенный камерой, нейросетью с технологией компьютерного зрения и программным комплексом, способен на анализ и сравнение поступающих отходов с базой данной [4]. А совершенствуя нейросеть искусственного интеллекта и добавляя знания о критериях отходов можно добиться наилучшей отдачи и совершенной скорости. Существует еще одна разновидность в сфере автоматической сортировке мусора: дельта-роботы. Они работают по принципу роботов с искусственным интеллектом, но отличие в высокой скорости работы – до 150 операций в минуту. Скорость больше чем у обычных роботов благодаря присоскам, выдергивающих отходы из потока, в то время как механические клешни тратят время на процесс передвижения материала [5]. Такие роботы заменяют работу двух человек.

Темп жизни ускоряется с каждым днём и с каждым днём растёт количество отходов, ухудшение экологической обстановки и недостаток скорости в ручной сортировке приводит нас к внедрению автоматизации в процесс распределения отходов. Забота об экологии мира - наша задача, а применение автоматизированных технологий способно улучшать обстановку без потери времени

### **Источники**

1. Поплавский И.А., Романов В.Г., Савченко А.А. Автоматическая сортировка мусора // XXII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. 2019. Т. 2. С.183

2. Слюсарь Н.Н., Борисов Д.Л., Григорьев В.Н. Разработка комплексной технологической схемы сортировки твердых бытовых отходов // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2011. № 3. С. 75–82.

3. Оптико-механическая сортировка отходов: перспективы использования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=260> (дата обращения 8.11.2021).

4. Искусственный интеллект на службе городу: в Москве тестируют робота-сортировщика мусора [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mos.ru/news/item/89849073/> (дата обращения 8.11.2021).

5. Искусственный интеллект и роботы скоро заменят человека на сортировке мусора [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://m.realnoevremya.ru/articles/222263-iskusstvennyy-intellekt-i-roboty-smogut-zamenit-lyudey-na-sortirovke-musora> (дата обращение 7.11.2021).

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЁТА МАТЕРИАЛОВ

Вадим Павлович Артемьев<sup>1</sup>, Азат Альбертович Зиятдинов<sup>2</sup>, Илья Андреевич Лаптев<sup>3</sup>  
Науч. рук. ст. преп. А.С. Марченко

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>Vadim.artemiev.25@mail.ru, <sup>2</sup>azatziat16@yandex.ru <sup>3</sup>laptevilya@list.ru

**Аннотация.** В данной работе рассматривается создание простейшей автоматизированной программы, позволяющей рассчитать, сколько понадобится Х/Б ткани для пошива обмундирования солдат РККА как: пилотка, гимнастерка и галифе.

**Ключевые слова:** расчет ресурсов, автоматический расчет.

## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PROGRAM FOR CALCULATING MATERIALS

Vadim P. Artemiev<sup>1</sup>, Azat A. Ziyatdinov<sup>2</sup>, Ilya A. Laptev<sup>3</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>azatziat16@yandex.ru, <sup>2</sup>Vadim.artemiev.25@mail.ru, <sup>3</sup>laptevilya@list.ru

**Abstract.** In this paper, we consider the creation of a simple automated program that allows you to calculate how much cotton fabric is needed for sewing uniforms for soldiers of the Red Army as: garrison cap, tunic and breeches.

**Keywords:** calculation of resources, automatic calculation.

На сегодняшний день в нашем обществе молодое поколение все чаще и чаще стало забывать о том подвиге, который совершили миллионы наших отцов и прадедов, павших в боях и сражениях в Великой Отечественной войне 1941 по 1945 гг. И все больше и больше людей начинают по-другому воспринимать историю нашей страны. Переиначивается подвиги и поступки солдат и офицеров, людей, героизм которых спас немало жизней как фронте, так и в тылу.

Но все же есть люди, целые клубы и музеи, организации, которые разными способами стараются, чтобы люди помнили, какую жертву пришлось заплатить нашим предкам и что пришлось им отдать за мирное небо над нашими головами. К примеру, проводятся и организовываются такие мероприятия, как лекции о жизни в те трудные времена, о вооружении обмундировании солдат и офицеров РККА, о быте и их образе жизни, выходе в полном обмундировании на поля, с марш бросками с полным погружением в прошлое, а также реконструкции битв и сражений времен ВОВ 1941-1945 гг. [1].

Военно-исторические реконструкции – это объединения любителей военной истории, поставивших своей целью исторически достоверное воссоздание подразделений армий минувших эпох. При этом воссоздаются не только предметы обмундирования, снаряжения и макетов вооружения, но также строевые приемы, воинская иерархия, традиции, способы лагерного размещения, марши, эпизоды сражений [2].

Перейдем к сути нашей задачи, ни для кого не секрет, что автоматизировать можно абсолютно любые даже привычные для человека вещи [3]. Представим такую ситуацию: от одного Военно-Исторического Клуба «Казанский рубеж» есть заказ на пошив обмундирования на 10 человек. А это 10 пар галифе, гимнастеров и пилоток со своими размерами, обхватами и ростом. В таких случаях трудно быстро рассчитать, сколько понадобится ткани. Были известны случаи, когда при ручном расчете материала допускались ошибки, что приводило к убыткам, нехватке времени, порой даже приходилось шить из другого материала, что существенно снижало визуальное составляющее и добавляло историческую неточность. И тут на помощь приходит наша программа, которая в быстрые сроки позволит подсчитать площадь ткани на всех людей разной формы и размера. Стоит вбить данные на каждого человека, например, обхват головы, туловища, рост, длина ног и рук достаточные для того, чтобы с приблизительной погрешностью 15 % высчитать площадь ткани на определенное количество человек. Это не только ускорит шитье одежды, но и позволит рассчитать стоимость комплекта на человека и сэкономить ткань для будущих проектов.

Таким образом, мы получаем программу, которая рассчитывала бы сколько понадобится материи на людей с разными параметрами, например с разной высотой ног, длины рук, обхватом туловища, груди и головы и т.д., что значительно ускоряет работу швейных мастеров, а также увеличивается точность расчетов материалов [4].

### **Источники**

1. Песчаненко Т.Е. Обмундирование и знаки отличия РККА 1919-1945 гг. С. 56-58.
2. Униформа и снаряжение частей Красной Армии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://topwar.ru/7146-uniforma-i-snaryazhe...snoy-armii.html> (дата обращения: 13.11.21).
3. Клокотов И.Ю. Автоматизация технологических процессов // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. №4-1.

4. Романов В.А, Милюкова А. В. Автоматизированный расчет площади отделываемой поверхности евроокон и нормы расхода лакокрасочного материала // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. Выпуск 40. Брянск: БГИТА, 2014. С. 112–114

УДК 681.5

## ARDUINO И TRACE MODE

Мария Тимуровна Бекмурзина<sup>1</sup>, Александра Михайловна Пирогова<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.А. Данилов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>bekmurzina2000@yandex.ru, <sup>2</sup>alexndra200204@gmail.com

**Аннотация.** В статье предложен способ связи автоматизированных систем на базе Arduino со SCADA-системой Trace Mode. Данное решение позволяет расширить возможности реализации проектного подхода. В работе приведены программно-аппаратные инструменты и процесс настройки на примере измерения температуры и управления индикатором.

**Ключевые слова:** Arduino, SCADA-система, Trace Mode, обучение.

## ARDUINO AND TRACE MODE

Maria T. Bekmurzina<sup>1</sup>, Alexndra M. Pirogova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>bekmurzina2000@yandex.ru, <sup>2</sup>alexndra200204@gmail.com

**Abstract.** The article proposes a method for communicating Arduino-based automated systems with the Trace Mode SCADA system. This solution allows you to expand the possibilities of implementing the project approach. The paper presents hardware and software tools and the setup process using the example of temperature measurement and indicator control.

**Keywords:** Arduino, SCADA system, Trace Mode, training.

Платформа Arduino находит все большее распространение в современном техническом образовании в России, в том числе в связи с развитием робототехники [1-4]. Подход, при котором под одним и тем же брендом Arduino существуют различные производители, привел к появлению широкого спектра комплектующих, различающихся ценой и качеством.

В результате этого большее число разработчиков смогли найти для себя подходящий инструмент в виде Arduino для реализации своих проектов. Кому важно качество и есть финансовые возможности – могут купить оригинальные платы Arduino. Для начинающего разработчика или для учебных и тестовых проектов – достаточно купить вполне рабочие, но более дешевые платы Arduino от других производителей.

При этом Arduino позволяет создать работающие проекты АСУ, на которых можно получить начальные навыки проектирования, монтажа и программирования. Arduino необходимо рассматривать не как замену промышленному оборудованию, а как инструмент, дополняющий процесс обучения и дающий дополнительные возможности, полезный на начальном этапе освоения специализированных дисциплин. Для качественного обучения специалиста важным является получение опыта работы с профессиональным программным обеспечением.

Одним из важнейших элементов в области автоматизации является человеко-машинный интерфейс. Поэтому актуальным представляется организация связи Arduino со SCADA-системами, используемым в промышленной автоматизации. Например, Trace Mode предназначен для разработки программного обеспечения АСУТП. Используется более чем в 30 странах и в 50 отраслях промышленности. Данная SCADA-система активно применяется в образовательном процессе [5, 6].

В рамках данной работы было необходимо проверить возможность организации связи Arduino и Trace Mode на примере измерения температуры и управления светодиодом. Для реализации данного проекта были выбраны следующие средства: плата Arduino UNO с микроконтроллером ATmega328; датчик DHT11 для измерения температуры; светодиод; резистор 220 Ом; монтажная плата; набор проводов и кабель USB 2.0; среда программирования FLProg; MasterOPC Universal Modbus Server; Trace Mode.

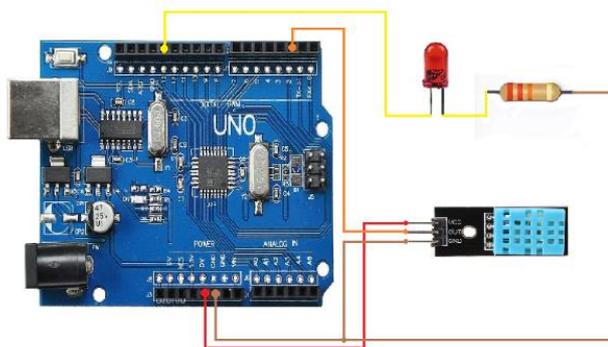


Рис. 1. Схема подключения датчика DHT11 и светодиода к плате микроконтроллера

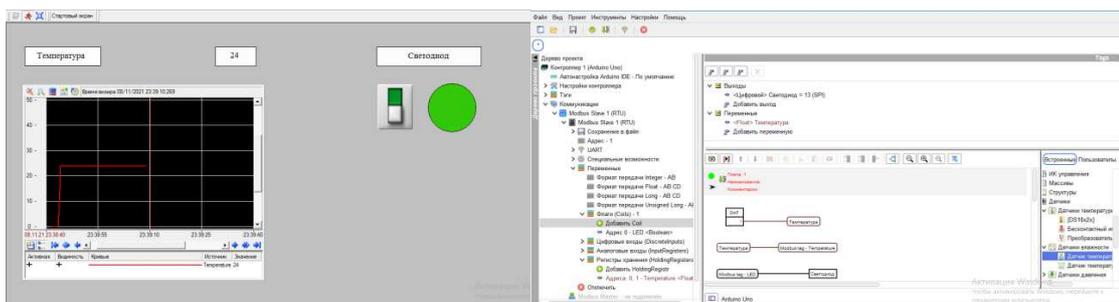


Рис. 2. Проект в программе FLProg и интерфейс в Trace Mode

На рис. 1 приведена схема подключения датчика и светодиода к плате Arduino UNO. Затем создан проект в FLProg на языке FBD (рис. 2) и настроена связь с OPC-сервером. В Trace Mode был создан операторский интерфейс (рис. 2) и настроена связь с OPC-сервером.

В результате реализации проекта была проверена возможность взаимодействия Arduino и Trace Mode, разработана мнемосхема с индикацией измеряемой температуры и состояния светодиода с ее управлением. Полученные результаты открывают новые возможности для использования Arduino в учебном процессе. Например, появляется возможность создания системы дистанционного контроля и управления объектами в рамках реализации учебных проектов на Arduino.

### Источники

1. Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Зозуля Е.С. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino в учебном процессе // *Механика и технологии*. 2019. № 4(66). С. 193-198.
2. Kosarev O.V., Tsvetkov P.S., Makhovikov A.B., Vodkaylo E.G., Zulin V.A., Vykasov D.A. Modeling of Industrial IoT complex for underground space scanning on the base of Arduino platform // *Topical issues of rational use of natural resources* (ed. Litvinenko). 2019. 407-412.
3. Романов П.С., Моисеенко А.С. Разработка Android приложения для управления Arduino роботом // *Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета*. Серия: Естественные и технические науки. 2019. № 12. С. 113-120.
4. Рябых И.А., Богданов А.Н., Каюмова А.Р., Абдрахманов А.М. Обучение автоматизации в энергетике с помощью робототехники // *Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. II Всерос. науч.-практ. конф.* Казань, 2020. С. 91-96.
5. Морокина Г.С., Энхбаатар О., Григоров Д.О. О применении программной среды trace mode для преподавания бакалаврам и магистрам // *Современные образовательные технологии в преподавании естественнонаучных и гуманитарных дисциплин: сб. науч. трудов IV Междунар. науч.-метод. конф.* СПб., 2017. С. 355-360.

6. Тамбовцев М.А., Андреев О.П. Моделирование имитационной системы в реальном времени управления теплообменными процессами // Международный технико-экономический журнал. 2018. № 1. С. 87-90.

УДК 004.896

## ОБЗОР РОБОТИЗИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДОВ

Юлия Александровна Блинова<sup>1</sup>, Даниил Михайлович Русин<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Богданов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>blinovaya17@yandex.ru, <sup>2</sup>333ddesign@mail.ru

**Аннотация.** В статье раскрыта актуальность автоматизации складов, выполнен обзор существующих роботизированных решений для его модернизации. Представлено разрабатываемое решение на основе роботизированной мобильной платформы, а также приведён ряд преимуществ автоматизированного складского хозяйства.

**Ключевые слова:** автоматизация, роботизация, склад, процесс, мобильная платформа.

## OVERVIEW OF ROBOTIC WAREHOUSE AUTOMATION SOLUTIONS

Yulia A. Blinova<sup>1</sup>, Daniil M. Rusin<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>blinovaya17@yandex.ru, <sup>2</sup>333ddesign@mail.ru

**Abstract.** The article reveals the relevance of warehouse automation, provides an overview of existing robotic solutions for its modernization. The developed solution based on a robotic mobile platform is presented, as well as a number of advantages of an automated warehouse.

**Keywords:** automation, robotization, warehouse, process, mobile platform.

Неотъемлемой частью любого развивающегося предприятия является склад. Работа склада непосредственно влияет на эффективность организации и ее процессов. Сейчас идёт активное развитие в области автоматизации и роботизации складов [1–3].

Работа склада состоит из процессов: погрузочно-разгрузочные работы, подготовка сырья, учёт товара, подготовка документов, отправка на переработку, доставка продукции, обеспечение безопасности, накопление объёма товара, эффективное использование площади склада [4].

Практически все бизнес-процессы можно улучшить за счет автоматизации. Например, погрузка продукции на поддоны, транспортировка товаров между отделами, упаковка и распаковка, проверка качества и другие. Для автоматизации таких операций обычно задействуют специальное роботизированное оборудование: роботы погрузчики и сортировщики, конвейеры, упаковочные машины, стеллажи различного вида, автоматические штабелеры [5]. Внедрение роботизированной техники в работу склада обеспечивает наиболее эффективное использование рабочего персонала и технического оборудования.

Помимо прочего, к инструментам автоматизации относят сканеры штрих-кодов, терминалы сбора данных, видеокамеры, RFID-метки, системы голосового управления.

Стоит отметить, что все техническое оборудование подбирается на основании масштабов помещения, ширины входных проёмов, характеристик товара и материальных возможностей.

В рамках проекта мы разрабатываем автоматизированную систему для складского хозяйства на основе роботизированной мобильной платформы. Целью данной платформы будет модернизация процесса транспортировки груза на складе. Предполагается, что вся территория складского помещения будет помечена специальной разметкой. Управление платформой будет осуществляться с помощью мини ПК Raspberry NUC Pi 3 Model B+, передвижение с помощью электродвигателей, а ориентироваться платформа будет с помощью специальных датчиков и технического зрения. Для каждой такой платформы устанавливается траектория, по которой она должна доставить товар из точки А в точку В. Чтобы предотвратить возможные столкновения, регулирование движения будет осуществляться за счёт светофоров.

В качестве примера существующих мобильных роботизированных платформ для перемещения грузов на складе можно рассмотреть роботы компаний Omron и MiR.

Линейки автономных мобильных роботов этих фирм состоят из нескольких моделей, отличающихся грузоподъемностью. Самая мощная версия Omron, HD-1500, способна выдержать нагрузку до 1,5 т. Модель оснащена лидарами и сонарами для более безопасной эксплуатации. OMRON LD-60 – самый компактный робот в линейке. Он имеет грузоподъемность в 60 кг. Эта модель предназначена для транспортировки складских тележек.

Самая грузоподъемная версия в другой линейке – MiR1000. Она предназначена для внутренней транспортировки тяжелых грузов весом до 1000 кг. Помимо прочих моделей, различающихся в основном только грузоподъемностью, выделяют MiR200 и MiR100 с захватным устройством. Такие роботы оснащены специальным захватным механизмом для перемещения товаров и имеют свои колеса – тележек и стеллажей на колесиках. Роботизированные устройства этой фирмы помогают на производстве FORD, Whirlpool, Visteon и ICM [6].

Компании, уже использующие складскую робототехнику, оценили преимущества автоматизации складских процессов во время вспышки коронавируса, когда основной задачей стало минимизировать участие человека [7].

### **Источники**

1. Зачем нужно автоматизировать склад [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.instocktech.ru/video-stati/stati-ot-specialistov/avtomatizaciya-sklada/> (дата обращения 8.11.2021).

2. Чурбакова Е.А., Жукова Э.Г. Использование робототехники в ведении складского хозяйства // OPEN INNOVATION: 5-я междун. науч.-практ. конф. 2018. С. 133-135.

3. Ведерников М.Ю. Робот-погрузчик. Разработка и моделирование движения на территории склада // Молодежная наука сибирского региона. Тр. XXIII Межвуз. науч.-практ. студ. конф. КрИЖТ ИрГУПС. 2019. С. 47-52.

4. Автоматизация склада: как автоматизировать работу и бизнес-процессы склада [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kazan.1cbit.ru/blog/avtomatizatsiya-sklada-kak-avtomatizirovat-rabotu-i-biznes-protsessy-sklada/> (дата обращения 8.11.2021).

5. Автоматизация склада как метод оптимизации бизнес-процессов, 14.06.2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ekam.ru/blogs/pos/avtomatizatsiya-sklada> (дата обращения 8.11.2021).

6. Автоматизация складов с помощью роботов, 08.09.2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/warehouse-and-logistics-robots-review.html> (дата обращения 9.11.2021).

7. Роботы на складах: 5 примеров автоматизации, 16.04.2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wareteka.com.ua/blog/roboty-na-skladah-primery-avtomatizacii/> (дата обращения 8.11.2021).

УДК 62-529:331.45

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Анжелина Юрьевна Васина

Науч.рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[vasinaanzhelinansk@gmail.com](mailto:vasinaanzhelinansk@gmail.com)

**Аннотация.** В работе рассмотрены перспективы интегрирования коллаборативных роботов с целью повышения уровня безопасности условий труда на предприятиях, изучены автоматические системы управления коботами, проведен сравнительный анализ коллаборативных и промышленных роботов.

**Ключевые слова:** автоматизация, безопасность, коллаборативные роботы, производительность.

## **THE USE OF AUTOMATIC COLLABORATIVE ROBOTS TO IMPROVE PERSONNEL SAFETY IN ENTERPRISES**

Anzhelina Y. Vasina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
[vasinaanzhelinansk@gmail.com](mailto:vasinaanzhelinansk@gmail.com)

**Abstract.** The article considers the prospects of integrating collaborative robots in order to improve the safety of working conditions in enterprises, studied automatic control systems of cobots, a comparative analysis of collaborative and industrial robots.

**Keywords:** automation, safety, collaborative robots, productivity.

Основным ресурсом современных предприятий являются рабочие кадры, так как они в наибольшей степени обеспечивают устойчивый экономический рост компании [1]. Создание благоприятных условий работы и обеспечение безопасности жизни и здоровья трудящихся остается наиболее ценным фактором развития.

Большинство промышленных роботов отличаются крупными габаритами, высокой стоимостью, кроме того, они представляют опасность для людей, и место их установки приходится ограждать [2, 3]. Случаи производственного травматизма также связаны с тяжестью или монотонностью труда, приводящей к утомлению и ухудшению внимания. Внедрение коллаборативной робототехники (коботов) позволяет решить эти проблемы.

В отличие от промышленных роботов, коботы более компактны и часто имеют легкие рамы с мягкими закругленными краями и минимальным числом точек возможного заземления. Они оснащены датчиками, позволяющими определить момент, когда человек входит в общее для совместной работы пространство, а также, когда с ним установлен прямой контакт. Но при четко определенных границах, при отсутствии человека в зоне риска, устройство автоматически перестраивается и функционирует на более высоких скоростях, повышая производительность при выполнении тех или иных заданных ему операций.

Согласно международному стандарту ISO 10218 существует четыре типа коллаборативных роботов [4].

1. Роботы с ограничением силы. Устройство останавливается при сильном сопротивлении на своем пути. Имеет округлую форму и не имеет открытых двигателей. Может функционировать в непосредственной близости с человеком.

2. Роботы, оснащенные системой «компьютерного зрения», отслеживающих перемещения работников. Как только человек попадает в рабочую зону, устройство замедляется до безопасной скорости, а если работник подходит слишком близко, то механизм останавливается.

3. С ручным наведением. Этот тип используется для «ручного обучения» робота, оснащенного специальными устройствами, распознающими давление руки. Для обучения кобота необходимо вручную переместить его по необходимой траектории движения. При выполнении автоматическим устройством данного типа своих функций, человек должен находиться за границами его рабочей зоны.

4. С защитным механизмом остановки. Такое устройство работает преимущественно автономно, но человеку при этом иногда требуется зайти в его рабочее пространство. При приближении сотрудника срабатывает механизм, останавливающий устройство. Работа продолжается, когда человек покидает рабочее пространство.

Основной сферой применения роботов является производство электроники и автомобилестроение, а наиболее популярными операциями являются погрузка/перемещение, сборка, полировка, сварка, дозирование. Однако потенциальная область применения может быть расширена.

Ведущими производителями на сегодняшний день являются такие крупные компании, как ABB, Kuka, Fanuc, Universal Robots. Линейки отличаются грузоподъемностью, радиусом действия, углом поворота, повторяемостью, назначением для предприятий разных масштабов.

Устройства оснащены, как правило, интеллектуальной системой технического зрения, удобными, интуитивно понятными программными инструментами, что делает процесс внедрения автоматизации и управление системой более легким [5]. Наиболее популярными программным обеспечением являются компоненты и пакеты приложений экосистемы UR+ компании Universal Robots, продукты которой нашли широкое применение на рынке. Программное обеспечение (ПО) RoboDK позволяет запрограммировать роботов большинства мировых производителей на компьютере вне производственной среды. ПО Robotiq Force Copilot, в свою очередь, позволяет раскрыть максимальное количество возможностей промышленного робота компании Universal Robots, используя силомоментный датчик.

Применение автоматических коллаборативных роботов в процессе производства помогает освободить человека от монотонных или тяжелых физических операций, не допускает возможности причинения вреда рабочему благодаря особенностям своей конструкции, обладает понятным интерфейсом. Автоматизированный процесс обеспечивает большую точность выполняемых действий, позволяя сократить количество брака и уменьшить производственные издержки.

### **Источники**

1. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10. №1(37). С. 133-139.
2. Варшавский А.Е. Основные тенденции и показатели развития робототехники // Концепции. 2015. № 1 (33). С. 16-25.
3. Control Problems in Robotics / eds. Antonio Bicchi, Domenico Prattichizzo, Henrik Iskov Christensen // Springer Tracts in Advanced Robotics, 2003.
4. ISO 10218-1:2011 (Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы), ISO 10218-2:2011 (Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 2. Робототехнические системы и их интеграция.)

5. Варшавский А.Е., Дубинина В.В. Мировые тенденции и направления развития промышленных роботов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. №3. С. 294-319.

УДК 681.516.32

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Валерий Юрьевич Горбов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
valera322gg@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрен метод усовершенствования для автоматизированной установки вентиляции общественного назначения. Актуальность данного решения заключается в необходимости повышения эффективности использования теплоносителей и электричества в современных реалиях.

**Ключевые слова:** вентиляция, приточно-вытяжная система, вода, помещение, рекуператор.

## IMPROVEMENT OF SOLUTIONS FOR PUBLIC AIR CONDITIONING UNITS

Valeriy Y. Gorbov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
valera322gg@gmail.com

**Abstract.** The article discusses an improvement method for an automated installation of public ventilation. The relevance of this solution lies in the need to increase the efficiency of using water and other heat carriers in modern realities.

**Keywords:** ventilation, supply and exhaust system, water, room, recuperator.

Вентиляция – основной элемент в создании благоприятного климата, служащий для подачи свежего воздуха снаружи и удаления загрязненного воздуха внутри помещения. Принудительная замена отработанного воздуха в помещении на свежий, называется механической вентиляцией [5]. При этом используется специальное оборудование, позволяющее подводить и отводить воздух из помещений в требуемом количестве, независимо от изменяющихся условий окружающей воздушной среды. Рассмотрим пример системы, которая в настоящее время часто применяется для обеспечения вентиляции общественных мест.

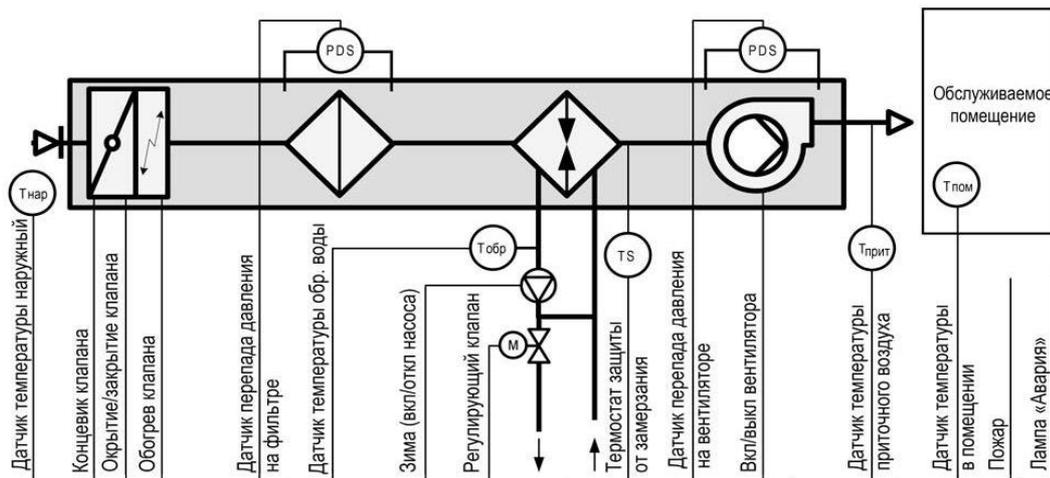


Рис. 1. Стандартная схема приточно-вытяжной вентиляции

В данной системе реализована фильтрация поступающего воздуха и закрытие подачи воздуха в случае ошибок. Установка датчика перепада давления помогает контролировать загрязнения фильтра [4]. Для предотвращения замерзания калорифера необходима подача теплоносителя, что влечет повышенные затраты теплоносителя и электричества на его подачу [3].

Их можно уменьшить путем установки рекуператора. Рекуператор – устройство, которое использует вытяжной воздух для нагрева наружного воздуха, который подается в помещение [2]. Схема с рекуператором представлена на рис. 2.

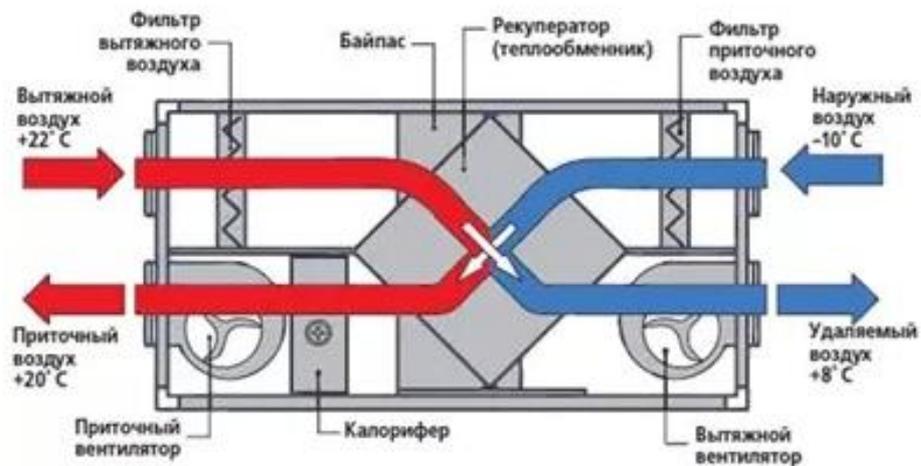


Рис. 2. Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуператором

Таким образом, для оптимизации системы вентиляции требуется наличие рекуператора. Все это необходимо для увеличения эффективности использования мировых запасов воды и электричества, так как величина потребляемой вспомогательной подсистемой электроэнергии может достигать существенных значений [1].

## Источники

1. Мельников В.Д., Нестеренко Г.Б., Лебедев Д.Е., Мокроусова Ю.В., Удовиченко А. В. Проблемы, перспективы применения и методика расчета нормированной стоимости накопления электрической энергии // Вестник КГЭУ. 2019. Т.11 №4(44). С. 30-36.

2. Немова Д.В. Системы вентиляции в жилых зданиях как средство повышения энергоэффективности // «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2012. №3.

3. Галкина Н.И. КПД систем вентиляции // Инженерный вестник Дона. 2017. №2.

4. Ситников Н.Р. Оптимизация систем вентиляции различными способами // Научный электронный журнал «Оригинальные исследования». 2020. С. 10-19.

5. Системы вентиляции: виды, устройство, назначение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tion.ru/ventilyaciya/> (дата обращения 30.11.21).

УДК 681.5:621.311

## УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА SPPA-T3000

Анастасия Владимировна Касьян

Науч. рук. канд. техн. наук, зав. каф. В.В. Плотников  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[anastasiakasiyan@gmail.com](mailto:anastasiakasiyan@gmail.com)

**Аннотация.** В статье описаны преимущества улучшения технологических процессов на электростанциях путем внедрения программно-технического комплекса SPPA-T3000, который разработан специально с учетом особенностей энергетической отрасли. Такая система обеспечит надежность работы электростанции, повышение эффективности оперативной деятельности и безопасность персонала.

**Ключевые слова:** SPPA-T3000, электроэнергия, комплексная система автоматизации, гомогенная архитектура, операторский интерфейс, АРМ.

# IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AT THE SPPA-T3000 SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM FOR POWER PLANTS

Anastasia V. Kasian  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
anastasiakasiyan@gmail.com

**Abstract.** The article describes the benefits of improving technological processes at power plants by implementing the SPPA-T3000 software and hardware system, which is designed specifically with the power industry in mind. Such a system will ensure the reliability of power plant operation, increase operational efficiency and personnel safety.

**Keywords:** SPPA-T3000, power, integrated automation system, homogeneous architecture, operator interface, ARM.

Для предприятий энергетической отрасли максимальная стабильность, безопасность и отказоустойчивость оборудования жизненно необходимы. Система SPPA-T3000 специально разработана с учетом специфики процессов энергогенерации и выполняет все задачи автоматизации оборудования электростанции. Помимо выполнения основного управления энергетическими установками, система SPPA-T3000 предоставляет возможности адаптации ее применения к различным условиям конкретной задачи, что обеспечивает повышение эффективности оперативной деятельности электростанции [1].

Одной из главных особенностей рассматриваемой системы является накопленная база знаний, полученная с более чем 1500 систем управления Siemens. Это позволяет системе соответствовать всем требованиям производства электроэнергии и иметь инструменты, позволяющие легко адаптироваться под изменения технологического процесса. SIMATIC T3000 основан на идее полностью комплексных систем автоматизации, ядром которого является интеграция с системой DCS. Информация, которую система хранит в базе данных, вводится один раз, что существенно повышает точность и целостность информационных систем [2].

В SPPA-T3000 представлены специальные цифровые технологии, алгоритмы управления, библиотеки функций и концепты, разработанные с учетом многолетнего опыта Siemens в сфере энергетики. Система Siemens SPPA-T-серии использует объектно-ориентированное проектирование, и встроенную службу компонентов Embedded Component Services™ (ECS™) [3].

Единый компонент, в который помещены все данные, имеющие отношение к какому-либо объекту процесса, выполняет любую интеграцию с объектом процесса при эксплуатации, управлении задач, диагностике или даже простом просмотре данных. На данном подходе основывается гомогенная архитектура системы, которая упрощает её структуру, устраняет необходимость в подсистемах, которые используются в классических системах управления [4].

Операторский интерфейс SPPA-T3000 отвечает не только за управление и контроль, но и сфокусирован на управлении информацией и данными. Все функции, необходимые для управления станцией или информационного доступа, всесторонне объединены в АРМ системы SPPA-T3000. Видеодиаграммы, графики с высокой разрешающей способностью, сигнализация и множество «окон», реализованные в режиме реального времени, обеспечивают оператору возможность обзирать и анализировать текущие и «исторические» данные технологического процесса.

Основные преимущества SPPA-T3000: простота в эксплуатации – симуляция, мини-графики и настройка регуляторов предоставляет быструю и удобную информацию о каждом объекте; защита персонала и оборудования при угрозе аварии; высокая надежность, экономичность, безопасность и долговечность оборудования [5].

В заключении можно сказать, что надежность и предсказуемость работы электростанции во многом зависит от способности оператора диспетчерской предпринять правильные действия в нужное время. SPPA-T3000 специально разработан с учетом задач и требований оператора. Интуитивно понятное и безопасное управление, эргономичный дизайн и адаптируемость к специфике конкретных процессов поддерживают оператора как в контроле традиционных задач, так и в критических ситуациях. Это повышает эффективность и действенность оператора - и напрямую влияет на доступность всей производственной деятельности электростанции.

### **Источники**

1. Kaspersky Industrial CyberSecurity: сайт. – Москва, 1997 – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ics.kaspersky.ru/media/SPPA-T3000-V.9.pdf> (дата обращения: 31.10.2021).

2. Федотов А.В. Компьютерное управление в производственных системах: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2021. 620 с.

3. Барков И.А. Объектно-ориентированное программирование: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2019. 700 с.

4. Готман Н.Э., Шумилова Г.П. Идентификация изменения состояния линии по векторным измерениям на основе сетей глубокого обучения // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2020. Т. 22. №6. С. 55-67.

5. Баширов М.Г., Юсупова И.Г., Биткулов Р.Д. Способ разработки программно-вычислительных комплексов для проектирования систем электроснабжения // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. № 1(49). С. 37-51.

УДК 681.51

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Родион Васильевич Куликов

Науч.рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

rodion.clash@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье проведен сравнительный анализ распределенных систем управления и систем на программируемом логическом контроллере, и сделаны выводы об их целесообразности их использовании на различных предприятиях.

**Ключевые слова:** распределенная система управления, программируемый логический контроллер, система, процесс, сравнительный анализ.

## **CHOOSING THE OPTIMAL METHOD FOR ORGANIZING AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AT VARIOUS TYPES OF ENTERPRISES**

Rodion V. Kulikov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarsan

rodion.clash@gmail.com

**Abstract.** This article, a comparative analysis of distributed control systems (DCS) and systems on a programmable logic controller (PLC) is carried out, and a conclusion is made about their expediency of their use in various enterprises.

**Keywords:** distributed control system, programmable logic controller.

Для поддержания конкурентоспособности и сохранения положения в рынке, современные предприятия стремятся увеличить эффективность производства. Выбор правильной системы автоматизации позволяет компаниям минимизировать расходы на установку и эксплуатацию системы, достигнуть необходимого уровня безопасности технологического процесса, оптимизировать производственный процесс, быстро реагировать на изменения рынка. Поэтому у компаний возникает выбор - использовать распределенную систему управления (PCY) или основанную на программируемом логическом контроллере (ПЛК).

С зарождения автоматизации ПЛК использовались для управления станками, а PCY были лучшим выбором для нефтегазовой и химической промышленности, такое разделение сохраняется до сих пор. ПЛК все еще применяются для управления отдельными машинами, когда PCY может управлять большим числом процессов на производстве [1].

PCY представляет собой компьютеризированную систему управления для процесса или завода, в котором, в отличие от ПЛК, контроллеры распределены по всей системе и являются автономными, но отсутствует центральный операторский контроль.

В PCY реализована резервирование элементов, за счет чего достигается высокая надежность системы. Также за счет распределения вычислений между контроллерами при выходе из строя узла, остановка всего производственного процесса не необходима, а замена вышедшего из строя оборудования относительно быстра, в отличие от ПЛК [2]. Благодаря детальному отображению информации о производственном процессе и системе тревог, возможно предупреждение и быстрое устранение аварий. Поэтому PCY отлично подойдет для производств с большой стоимостью партий продукции, где малейший простой чреват большими экономическими потерями, также предприятий, где простой может привести к повреждению оборудования, или возврат к нормальному режиму работы занимает слишком много времени. Например, в фармацевтике, нефтегазовой отрасли и т.д.

Благодаря библиотекам, предлагаемым производителями систем, разработка PCY для производства намного быстрее и дешевле. С другой стороны, в настоящее время и производители ПЛК разрабатывают ПО с подобным уровнем интеграции, хоть и не настолько обширным [3].

Из-за большого числа узлов в PCY, их дублирования, для одного и того же производства система ПЛК значительно дешевле PCY, поэтому возникает вопрос в целесообразности и экономической эффективности установки распределенной системы для компании.

За счет распределения нагрузки между несколькими процессорами, РСУ способен управлять намного большим числом контуров регулирования, чем ПЛК. Поэтому он используется в больших предприятиях с множеством числом операций. Но при этом ПЛК более отзывчивы, благодаря близкому расположению к управляемому устройству. Поэтому ПЛК разумно применять в системах сборки конкретных изделий, за счет скорости и возможности оптимизации производственного процесса, а РСУ в производстве, требующем изменений рецептов, благодаря простоте программирования [4].

В РСУ информация постоянно и детально отображается на пульте, ПЛК же дополнительно требует человеко-машинный интерфейс для улучшения возможности визуализации и контроля некоторой информации о процессах, но обычно с меньшей подробностью [5].

Выбор между РСУ и ПЛК стоит делать, основываясь на специфике производства. Так, РСУ больше подходит для больших и непрерывных производств, со сложными технологическими процессами, остановка которых влечет за собой большие экономические потери. ПЛК же лучше применять в небольших предприятиях с простыми рецептурными процессами.

### **Источники**

1. Бисвас К., Корнилов В.Ю. Автоматизированная система управления распределительными кругами элеватора №1, ЗАО ЭФЕС, Казань. // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. №1-2. С. 123-132.

2. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов. М.: Академия, 2014. С. 352.

3. Окружнов А.В., Хайбунасов Р.Р., Хасанов И.Р., Андреева М.М. Обзор современного рынка распределенных систем управления в нефтяной и газовой промышленности // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. №2. С. 383-389.

4. Лучкин Н.А. Применение распределенных систем управления в промышленности // Объектные системы. 2011. №3. С. 14-17.

5. Шестаков Н.В., Мишин С.П. Повышение эффективности промышленных предприятий России за счёт передовых решений в автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2016. № 3. С. 3–5.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Тагир Ильшатович Латыпов<sup>1</sup>, Родион Васильевич Куликов<sup>2</sup>, Алмаз Айратович Гаянов<sup>3</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>latypov-14@mail.ru, <sup>2</sup>rodion.clash@gmail.com, <sup>3</sup>almazi9@bk.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены принципы работы и преимущества интеллектуальных контроллеров, датчиков и исполнительных механизмов в распределенных системах управления (PCY).

**Ключевые слова:** интеллектуальный контроллер, датчик, исполнительный механизм, PCY.

## INTELLIGENT DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS

Tagir I. Latypov<sup>1</sup>, Rodion V. Kulikov<sup>2</sup>, Almaz A. Gayanov<sup>3</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarsan

<sup>1</sup>latypov-14@mail.ru, <sup>2</sup>rodion.clash@gmail.com, <sup>3</sup>almazi9@bk.ru

**Abstract.** This article discusses the principles of operation and advantages of intelligent controllers, sensors and actuators in distributed control systems (DCS).

**Keywords:** intelligent controller, sensor, operating mechanism, DCS.

Интеллектуальный контроллер (ИК) – микропроцессор, включающий в себя аппаратное и программное обеспечения с целью осуществления управления технологическим процессом, главным особенностью которого является трудноуправляемый или плохо схематизируемый объект управления.



Рис. 1. Структурная схема нечеткого контроллера

Так, простейшим примером интеллектуальной системы (интеллектуальность в малом) может послужить нечеткий контроллер (рис. 1).

Отличительной чертой интеллектуального контроллера является фаззификатор – дополнительное устройство, выполняющее функции преобразования точных переменных входных сигналов в нечеткие величины. Следом на основе заложенной программы или же системы правил выводится нечеткое множество управляющего воздействия. Принимаемые решения по изменению выходных значений фаззификатора в соответствии с базой правил осуществляются с помощью механизма логического вывода. Именно это воздействие с помощью дефаззификатора приводится к четким значениям.

Дополнительная работа по двойному преобразованию сигнала дает такие особенности, как:

- нелинейное, параллельное управление;
- возможность организации управления в виде диалога с оператором.

Говоря об интеллектуальном контроллере, нельзя не упомянуть контроллеры с применением искусственного интеллекта (ИИ), потенциал которых безграничен. По структуре контроллер с применением искусственного интеллекта не сильно отличается от своих предшественников (рис. 2). Главное отличие – в ядре управления. В нем содержится ядро искусственного интеллекта, в которое заложена библиотека программных компонентов и модель машинного обучения [1].

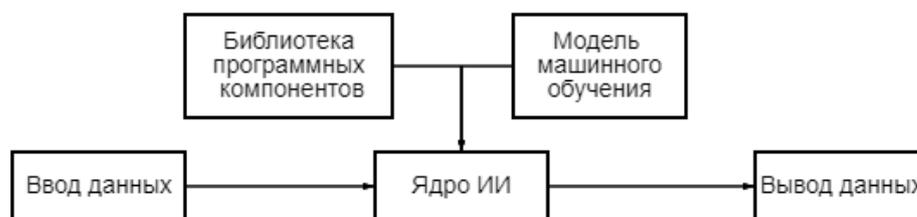


Рис. 2. Структура контроллера на основе искусственного интеллекта

Работа искусственного интеллекта в контроллере способна выявлять отклонения в технологическом процессе без непосредственного программирования. Автоматизация определения проблем производства и использование результатов машинного обучения во время работы контроллера значительно снижают расходы по времени и ресурсам для конечных пользователей [2].

Нижний или же полевой уровень РСУ – это система, которая непосредственно получает данные с окружающей среды и исполняет команды или программы РСУ [3]. В отличие от РСУ, где на полевом уровне датчики и исполнительные устройства подключаются к контроллеру и могут только передавать информацию об измеряемой величине или же исполнять команды, интеллектуальные датчики и исполнительные механизмы способны анализировать измеряемое значение величины и на их основе предпринимать действия, которые заложены в программе датчиков.

Интеллектуальные датчики (ИД) и исполнительные механизмы (ИМ) совмещают в себе возможности датчиков и частично контроллеров. ИМ способны как выполнять управляющую команду, так и анализировать выполнение команды [4]. Благодаря самоанализу, ИМ выполняет часть функций контроллера. ИМ самостоятельно определяет, какое задающее воздействие нужно подать на объект управления, и сам же его регулирует.

Главными преимуществами полномасштабных РСУ являются: развитая многоуровневая система, клиент-серверный режим работы, возможность взаимодействия в сети предприятия и сети Интернет, широкий диапазон, большой масштаб рабочих станций, вариативность используемых контроллеров, мощное программное обеспечение. Полномасштабные РСУ используются на электростанциях, крупных агрегатах типа «котел-турбина», химических заводах [5].

### **Источники**

1. Разработка алгоритма для эффективного управления технологическим процессом промышленного предприятия на базе программируемого логического контроллера TM171PDM27S Schneider Electric // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 75-85.

2. Ковязин Р.Р., Постников Н.П. Разработка проблемно-ориентированных процессоров // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2010. Вып. 70. С. 81–85

3. Тесленко В.А. Датчики в системах сбора данных и управления // ПиКАД: Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика. 2004. №2. С. 50-56.

4. Датчики: справочное пособие / под общ. ред. В.М. Шарапова, Е. С. Полищука. М.: Техносфера, 2012. 624 с.

5. Энциклопедия АСУ ТП // Энциклопедия АСУ ТП. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bookasutp.ru> (дата обращения: 09.11.2021).

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПОФАСАДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Анастасия Павловна Лобанова  
Науч. рук. ст. преп. С.Р. Саитов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
nstlbnv@mail.ru

**Аннотация.** Модернизировать тепловой пункт менее затратно, нежели чем создать и внедрить новый. В данной работе будет рассмотрен способ модернизации индивидуального теплового пункта внедрением системы пофасадного регулирования.

**Ключевые слова:** модернизация, индивидуальный тепловой пункт, регулирование, датчик, контроллер, энергоэффективность.

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTING FACADE REGULATION

Anastasia P. Lobanova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
nstlbnv@mail.ru

**Abstract.** It is less costly to modernize a heating point than to create and introduce a new one. This paper will consider a way to modernize an individual heating point by introducing a system of facade control.

**Keywords:** modernization, individual heating point, regulation, sensor, controller, energy efficiency.

Целью данной работой является оценка эффективности внедрения системы пофасадного регулирования. Для этого поставлены следующие задачи: рассмотреть принцип работы пофасадного регулирования, провести обзор состава оборудования, рассчитать экономическую эффективность.

### 1. Принцип действия пофасадного регулирования.

Датчики температуры внутреннего и наружного воздуха считывают температуру и передают сигнал контроллеру. Контроллер сравнивает полученные показания с датчиков температуры и выбирает предустановленную программу для коррекции температуры здания. После выбора программы контроллер подает сигнал на регулирующий двух- или трехходовой клапан, который регулирует поток теплоносителя, тем самым поддерживая требуемую температуру здания, не позволяя перерасходовать тепло [2, 5].

## 2. Состав оборудования для модернизации.

Состав оборудования: контроллер, датчики температуры, циркуляционный насос, регулирующий клапан [6].

Контроллер АГАВА ПЛК-40. Для работы контроллера необходимо задать минимальное количество констант, а остальные недостающие параметры самонастраиваемы в процессе эксплуатации [4].

Программное обеспечение состоит из двух частей: отладочное и рабочее. В начале работы первым делом запускается отладочная программа, она и определяет точные значения констант. Самонастройка, как правило, длится не более 2 дней, после её завершения управление переходит рабочей программе.

Контроллер при работе использует 3 источника информации: прямо подключенных к прибору первичных преобразователей; измеряемые другими приборами параметры; данные, получаемые из Интернета посредством облачных технологий [4].

Датчик температуры – это устройство в системе автоматического регулирования и контроля, воспринимающее через чувствительный элемент изменение контролируемой температуры воздуха или теплоносителя и осуществляющее ее функциональное преобразование во входной сигнал для электронного регулятора [3].

## 3. Расчет эффективности фасадного регулирования.

Формула для расчета теплоносителя по часам в здании с внедренным пофасадным регулированием [1]:

$$Q_{ow} = (Q_{ot} + Q_{быт}) (t_g - t_n^{cp}) / (t_g - t_n) \left( b + 0.5(1-b) (W_i / W_p)^2 \right) - Q_{быт}, \quad (1)$$

где  $Q_{ot}$  – расчетный расход тепловой энергии, кВт;  $Q_{быт}$  – бытовые тепловыделения, кВт;  $t_g$  – температура внутреннего воздуха, °С;  $t_n^{cp}$  – средняя текущая температура наружного воздуха за рассматриваемый период, °С;  $t_n$  – температура наружного воздуха, °С;  $b$  – безразмерный коэффициент учитывающий влияние ветра на теплоснабжения здания.

Рассчитаем часовой расход теплоты с учетом скорости ветра для жилого многоквартирного 12-этажного дома, расположенного в городе Сочи, Краснодарский край.

Исходные данные:

Расчетный расход тепловой энергии – 54 кВт/час;

$Q_{быт}$  бытовые тепловыделения – 1,8 кВт;

Средняя текущая рассматривая температура воздуха – –2 °С;

Расчетная температура наружного воздуха =  $-6,6$  °С;

Скорость ветра не превышает 5 м/с;

Продолжительность отопительного сезона = 94 суток.

Расчёт эффективности проводился по (1), результаты занесены в таблицу.

#### Результаты расчётов эффективности

| $W$ , м/с | $Q_{от}$ , кВт/час | $Q_{быт}$ , кВт/час | $b$  | $t_{в}$ , °С | $t_{н}$ , °С | $Q_{ов}$ , кВт/час |
|-----------|--------------------|---------------------|------|--------------|--------------|--------------------|
| 0         | 54                 | 1,8                 | 1    | 20           | -6,6         | 44,19              |
| 3         | 54                 | 1,8                 | 0,95 | 20           | -6,6         | 41,86              |
| 5         | 54                 | 1,8                 | 0,8  | 20           | -6,6         | 39,54              |

Экономия в течении отопительного сезона составила 10490,26 кВт/год. По тарифам ООО «ГОРОД СОЛНЦА» цена 1 Гкал составляет 3900 руб., таким образом, экономия денежных средств составляет 35178 руб/год.

#### Источники

1. Золотухин И.В., Куракин К.Э., Гула Д.Н. Пофасадное регулирование систем отопления зданий и сооружений // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. С.138-140.

2. Лукашева В.Ю. Система пофасадного регулирования отпуска тепла на отопление // Сб. ст. II Междунар. науч.-практической конф., Оренбургский государственный университет. 2018. С. 80-82.

3. Lawal B.Y., Dada J.B., Ahmed-ade F. Construction of an Automatic Temperature Controller for Monitoring Heating and Cooling Systems // Journal of Sustainable Technology. 2016. Vol. 7. No. 1. С. 2-4.

4. Daniel Popescu, Calin Ciufudean. Automatic Control System for Heating Systems in Buildings Based on Measuring the Heat Exchange through Outer Surfaces // 8th WSEAS International Conference on SIMULATION, MODELLING and OPTIMIZATION Santander, Cantabria, Spain, 2008. С. 177-121.

5. Датчик температуры: пат. № 2327122, подача заявки: 2006-10-30, публикация патента: 20.06.2008.

6. Звонарева Ю.Н., Зверев О.И. Совершенствование систем теплоснабжения путем внедрения АИТП // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. №1 (41). С. 10-12.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ MES-СИСТЕМЫ

Руслан Рамилевич Мавлеев<sup>1</sup>, Айдан Рафилевич Казиханов<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>ryslik592@gmail.com, <sup>2</sup>aidan220601@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности управления производственными процессами. Рассмотрены основные функции MES системы, и приведены примеры реализации на отечественных промышленных производствах.

**Ключевые слова:** оптимизация, производственный процесс, система управления производственными процессами, MES - система, функции MES, диспетчеризация, оперативное управление.

## OPTIMIZE PRODUCTION PROCESSES WITH THE MES-SYSTEM

Ruslan R. Mavleev<sup>1</sup>, Aidan R. Kazikhanov<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>ryslik592@gmail.com, <sup>2</sup>aidan220601@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the issues of improving the efficiency of production process management. The main functions of the MES system are considered, examples of implementation in domestic industrial plants.

**Keywords:** optimization, production process, production process control system, MES - system, MES functions, dispatching, operational management.

Современные производственные предприятия – это сложные системы, в которых ежедневно протекают различные технологические процессы, но не каждая компания рационально использует свои возможности. Несвоевременное техобслуживание, перегруженность производственных линий, нерациональное использование человеческих ресурсов – всё это негативно сказывается на показателях компании [5].

Для того чтобы решить эту проблему, компании используют систему управления производством MES (от англ. manufacturing execution system). Это специализированная система, предназначенная для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции.

Основные функции MES: контроль состояния и распределения ресурсов, оперативное/детальное планирование, сбор и хранение данных, управление персоналом, управление качеством продукции, управление производственными процессами, отслеживание истории продукта, анализ производительности [2].

Алгоритмы работы MES-системы находят решение проблем, принимая во внимание все особенности производственного процесса, повышая эффективность управления и планирования. Оптимизация осуществляется путём составления точного графика работы оборудования и сотрудников, для выполнения заказов точно в срок и обеспечения надлежащих экономических показателей [3].

На отечественном рынке разработчиков MES-систем, одним из лидеров, является компания «Цифра». Их ведущей разработкой является MES-система «Диспетчер».

Так, например компания ПКО «Теплообменник» один из лидеров в производстве наукоемких изделий для авиационной промышленности нуждалась в повышении эффективности производственных процессов и обратилась к компании «Цифра». Компания «Цифра» первоначально запустила пилотный проект, по итогам которого доказала работоспособность системы и ее пользу для предприятия. По прямому сетевому протоколу подключили один станок. Следующим шагом определили состояние оборудования и причины простоя, организовали работу со стандартными отчетами. Достигнутый результат – рост доли машинного времени с 15 до 27 %. По итогам пилотного принято решение подключить еще 83 ед. оборудования [4].

Благодаря внедрению MES-системы «Диспетчер» удалось достичь ощутимых эффектов: 25 % – увеличение средней доли машинного времени; 13,8 млн. руб. – годовой экономический эффект от внедрения системы мониторинга; разработаны и контролируются KPI (ключевые показатели эффективности, показатели для измерения результативности и эффективности предпринятых действий) для начальников цехов и производства; постоянный контроль за производством со стороны высшего руководства.

Внедрение MES-системы несет значительный экономический эффект на производственных предприятиях: уменьшение вероятности выхода оборудования из строя – до 7 %; увеличение срока эксплуатации оборудования – до 8 %; уменьшение времени простоя оборудования – до 16 %; сокращение трудовых затрат за счет автоматизации процессов планирования, контроля и оценки качества проведенных работ [1].

## Источники

1. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10. №1(37). С.133-139.
2. Леньшин В.Н., Куминов В.В., Фролов Е.Б., Будник Р.А. Производственные исполнительные системы (MES) – путь к эффективному предприятию // САПР и графика. 2003. №6.
3. Загидуллин Р.Р. Вопросы синтеза математических моделей оперативно календарного планирования. М.: Технология Машиностроения. 2006. № 1. С.76–78.
4. Загидуллин Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с
5. Фролов Е.Б., Загидуллин Р.Р. MES-системы как они есть, или эволюция систем планирования производства // Металлообрабатывающее оборудование. 2008. № 10. С. 31-37.

УДК 614.4

## ПРИЕМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПОСОБА ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Айнур Марсович Минниахметов<sup>1</sup>, Анжелина Юрьевна Васина<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>aynur.minniakhmetov@mail.ru, <sup>2</sup>vasinaanzhelinansk@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассмотрены различные способы дезинфекции, проведен сравнительный анализ современных классических и автоматизированных способов обработки помещений.

**Ключевые слова:** автоматизированная дезинфекция, безопасность, сравнительный анализ, обработка помещений.

## ADVANTAGES OF AUTOMATED ROOM DISINFECTION

Aynur M. Minniakhmetov<sup>1</sup>, Anzelina Y. Vasina<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>aynur.minniakhmetov@mail.ru, <sup>2</sup>vasinaanzhelinansk@gmail.com

**Abstract.** In the work various methods of disinfection are considered, a comparative analysis of modern classical and automated methods of processing premises is carried out.

**Keywords:** automated disinfection, safety, benchmarking, room treatment.

Учитывая постоянные изменения эпидемиологической обстановки в современном мире, проблема дезинфекции помещений остается актуальной. Для обеспечения безопасности жизни и здоровья населения применяются различные устройства и методы обработки.

На сегодняшний день наиболее популярными способами дезинфекции являются: ручная обработка, кварцевые лампы-рециркуляторы открытого и закрытого типов и мобильные автоматические гигиенические центры (МГЦ) [1, 2].

Ручная обработка поверхностей производится с помощью распыления спиртосодержащих и химических растворов посредством помповых опрыскивателей. Каждый химический состав воздействует на определенную группу патогенов, имеет разную степень активности, широту распространения и область использования.

При кварцевании воздух, постоянно нагнетаемый вентилятором, проходит в корпусе вдоль ламп, обогащаясь озоном: нагретые пары ртути в лампе образуют ультрафиолетовое излучение, а стекло, из которого она изготовлена, пропускает волны излучения определенного диапазона [3].

Работа современных МГЦ осуществляется в автоматическом режиме. От зарубежных аналогов его отличает наличие механизма регулировки дисперсности аэрозоля. Принцип работы основан на аэрозольном мелкодисперсном распылении дезинфицирующих средств, что позволяет проводить одновременную обработку воздуха и поверхностей [4]. Генерация стабильного аэрозоля с различной дисперсностью возможна в четырех режимах: сухой туман (от 3,5 до 10 мкм), увлажненный туман (от 10 до 30 мкм), влажный туман (от 30 до 50 мкм) и орошение (от 50 до 100 мкм). Работа МГЦ может быть организована в следующих помещениях: медицинские учреждения, торговые центры, администрации, учреждения культуры, общественный транспорт, офисы, центры образования, учреждения общественного питания [5].

## Сравнительный анализ средств обработки и дезинфекции помещений

| Способ обработки | Стоимость                                      | Безопасность                                                                                                       | Время работы      | Область обработки    | Управление                                                                                        |
|------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ручная        | От 3,5 до 10тыс.руб в день                     | Риск поражения глаз, раздражения дыхательных путей или кожи                                                        | До 2ч             | Поверхности          | Распыление с помощью опрыскивателя вручную                                                        |
| 2. Кварцевание   | Стоимость одной установки: от 3,5 до 35тыс.руб | В больших количествах может принести вред: раздражение глаз, кашель, затруднение дыхания, сухость во рту, отдышка. | В течение 8ч      | Воздух               | Посредством кнопок управления                                                                     |
| 3. МГЦ           | Стоимость одной установки: 500тыс.руб          | Безопасность обуславливается отсутствием необходимости непосредственного участия человека в процессе обработки     | От 10 до 60 минут | Поверхности и воздух | Удаленное управление через планшетный компьютер. Возможность автоматической работы по расписанию. |

Обработка помещений с помощью автоматических МГЦ позволяет проводить дезинфекцию как поверхностей, так и воздуха, исключает необходимость участия человека в процессе распыления, позволяет устанавливать необходимый режим работы, контролировать процесс распыления удаленным способом, обеспечивает качественную дезинфекцию. Такие виды обеззараживания как ручное распыление и кварцевание должны работать в совокупности, так как в отдельности не предусматривают оба вида обработки. При выборе средства дезинфекции следует учитывать специфику места установки и рассчитывать эффективность согласно индивидуальным требованиям.

### Источники

1. Иванов Б.Л., Рудаков А.И., Зиннатуллин Н.Х., Лушнов М.А. Дезинфекция производственных помещений и оборудования // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. №21. С. 130-132.

2. Юферев Л.Ю., Довлатов И.М., Рудзик Э.С. Автоматизация обеззараживания воздуха и освещения в сельскохозяйственных помещениях // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017;(5):43-48.

3. Якименко В.В. Микробиологическая безопасность: обзор систем обеззараживания воздуха и поверхностей ультрафиолетом // Все о мясе. 2016. №5. С. 46-47.

4. Свентицкий Е.Н., Черняева Е.В., Егорова Т.С., Конторина Н.В., Толпаров Ю.Н., Искрицкий В.Л. Дезинфекция помещений с помощью аэрозолей электроактивированных растворов // Медицина экстремальных ситуаций. 2011. №4 (38).

5. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития экономики Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т.10. №1(37). С. 133-139.

УДК 681.51:66.047

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ – СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА**

Ольга Алексеевна Молокова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

molokova-olya@mail.ru

**Аннотация.** В статье описывается автоматизированная система управления технологическим процессом объекта автоматизации – системы отопления сушильного барабана при производстве кормовых фосфатов натрия на предприятии БФ АО «Апатит»- ФосАгро. Рассмотрены актуальность темы, технологический процесс сушки продукта, назначение АСУ ТП, а также контур регулирования системы.

**Ключевые слова:** барабан горячего сушения (БГС), калорифер газовый (КГ), горелка, шкаф управления (ШУ), датчик, управление, фосфат натрия.

# AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE AUTOMATION OBJECT - DRYER HEATING SYSTEMS

Olga A. Molokova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
molokova-olya@mail.ru

**Abstract.** The paper describes an automated control system for the technological process of an automation object - a drying drum heating system for the production of feed sodium phosphates at the BB JSC "Apatit" -PhosAgro. The relevance of the topic, the technological process of drying the product, the purpose of the ACS TP, as well as the regulatory contour of the system are considered.

**Keywords:** hot drying drum (HDD), gas heater (GH), burner, control cabinet (CC), sensor, control, sodium phosphate.

Вопрос повышения показателей домашнего скота и птицы не теряет актуальности, поэтому в стандартный рацион животных входят кормовые добавки [1].

С кормами, дополненными монокальцийфосфатом, питомцы получают фосфор и кальций, которые способствуют формированию прочной костной ткани и скелета, улучшают обмен веществ, работу нервной системы, иммунной и репродуктивной систем, увеличивая их продуктивность. Минеральные добавки такого состава особенно рекомендуются для вскармливания травоядных животных [2].

Технологический процесс сушки: во внутреннюю часть барабана через загрузочную камеру поступает готовая смесь из мела и фосфорной кислоты, после происходит высушивание за счет подачи горячего воздуха от горелки. При вращении барабана лопатки внутри перемешивают и вводят материал во взвешенное состояние, что способствует перемещению и равномерному просыханию фракции. БГС устанавливаются под наклоном, чтоб просушенный продукт без задержки удалялся через разгрузочную камеру [3].

В случае нарушения технологического процесса происходит забраковка продукта, что повышает эксплуатационные затраты и уменьшает производительность. Поэтому для минимизации затрат и рисков необходимо внедрение автоматизированной системы.

Назначение данной АСУ ТП является поддержание заданных температуры и объема теплоносителя, подаваемых в сушильный барабан, с постоянным контролем параметров (давления, температуры, расхода газа и воздуха, разряжения в дымоходе после сушильного барабана, температуры заданной и текущей и т.д.) и выдачей предупредительных и аварийных сигналов при нарушениях хода технологического процесса, а также отключение подачи газа на горелку (с одновременной подачей светового и звукового сигнала) при отклонении заданных параметров от нормы [4].

Нижний уровень управления состоит из шкафа управления горелкой (ШУ), пульта управления горелкой (ПУГ), датчиков и исполнительных механизмов (ИМ).

ШУ предназначен для автоматического управления работой двухступенчатой (1-ая – пилотная горелка, 2-ая – основная) газовой скоростной горелкой ГСС-3000ИС ТЕСКА и оборудованием ее обвязки с целью подачи теплоносителя с заданными параметрами (температура 300–650 °С, давление 0–4кПа) в БГС согласно технологическим требованиям путем задания определенного алгоритма и режимов работы горелки. Тепловая мощность может регулироваться в диапазоне 1:12 изменением подачи газа на горение дроссельной заслонкой, установленной перед основной горелкой.

Розжиг, контроль пламени и управление газовыми клапанами осуществляется пультом управления горелкой (ПУГ) на базе блока управления горелкой DUNGS.

Данная автоматизированная система повышает качество продукции, снижает эксплуатационные затраты путём исключения внеплановых ремонтов и способствует безопасному и надёжному производству продукции [5].

### **Источники**

1. Федоркова М.В. Биологическая подвижность радиоцезия в агроценозе на дерного-подзолистой песчаной почве: дисс. ... канд. биол. наук: 06.04.01; 03.01.01. М., 2018. С. 3-5.

2. Преимущества использования кормовых фосфатов. Каталог продукции БФ АО «Апатит»-ФосАгро. Балаково, 2021. С. 34-36.

3. Описание технологического процесса сушки добавок, вводимых в цемент в сушильных барабанах [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studbooks.net/1453640/tovarovedenie/tehnologicheskiiy\\_razdel](https://studbooks.net/1453640/tovarovedenie/tehnologicheskiiy_razdel) (дата обращения: 30.10.2021).

4. Назначение АСУ ТП системы отопления сушильного барабана // Пояснительная записка к АСУ ТП объекта автоматизации - системы отопления сушильного барабана БФ АО «Апатит» ЦМС ФОК-2. Балаково, 2020. С. 8.

5. Шувалов Е.В., Шарпар Н.М., Жмакин Л.И. Методы регулирования теплотребления барабанной сушильной машины с канальной системой нагрева паром контактной поверхности // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 11-12. С. 103.

УДК 681.5

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ-СОБАКОЙ

Аделина Ренатовна Насибуллина

Науч. рук. канд. техн. наук М.А. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

suleimanova-29042000@inbox.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено понятие «робот-собака», их устройство и система управления. Изучены разные вариации роботов по их назначению.

**Ключевые слова:** робот-собака, робототехника, система управления, датчики.

## AUTOMATIC ROBOT-DOG CONTROL

Adelina R. Nasibullina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Suleimanova-29042000@inbox.ru

**Abstract.** The article considers the concept of "robot-dog", their device and control system. Different variations of robots according to their purpose are studied.

**Keywords:** robot-dog, robotics, control system, sensors.

Современный мир сложно представить без роботов. Эти автоматические устройства, созданные человеком для образовательных, производственных, развлекательных и др. целей, стали неотъемлемой частью нашей жизни.

Сегодня в мире работают большое количество самых различных роботов – от промышленных, домашних до роботов-игрушек. Одними из самых популярных игрушек на данный момент считаются роботы-собаки. Эти автономные устройства появились на свет еще в далекие 60-е гг. XX века [1]. Спустя некоторое время, зооморфные механизмы с искусственным интеллектом образовали отдельное направление в робототехнике.

Самыми популярными изобретениями, которые дали толчок этому направлению, стали робот-собака «BigDog» от Boston Dynamics, «Q-UGV» от Ghost Robotics и «AIBO» от компании Sony. Каждый из них был создан для военных целей, которые могли бы помочь в экстремальных ситуациях. Со временем AIBO превратили в интерактивную игрушку, в отличие от BigDog и Q-UGV, которые продолжили свое существование для помощи на военных базах. Проекты BigDog и Q-UGV были созданы в надежде на то, что они смогут передвигаться, на непроходимых транспортными территориях [2].

Quadrupedal Unmanned Ground Vehicle (Q-UGV- четвероногие беспилотные наземные машины) совместно с SPUR, которая установила контроль над работой вооружения, создали робота-собаку, оснащенную высокопроизводительной автоматизированной системой управления [3]. Главной ее задачей является сбор и обработка информации, формирование команды для осуществления работы механизмов. Управление роботом происходит при помощи пульта, который так же можно подключить в своем смартфоне [4].

На спине робопса находится снайперская винтовка Creedmoor калибра 6,5 мм производства SWORD International. Руководство оружием совершается автономно без оператора [5]. С телефона, куда будут передаваться сигналы с камер, возможно контролировать работу робототехнического комплекса (РТК) в реальном времени.

С системой управления соединены системы навигации, «зрение» и датчики на ходовой части. Робот оснащен тепловизионной камерой от Teledyne с разрешением 640x512 и полем зрения 18°, а также объектив 30х, электронно-оптическим датчиком, датчиками движения и датчиком освещенности. Производители продумали и то, что при повреждении датчиков, сохраняется работоспособность робопса.

Таким образом, в последние годы автоматизирование роботов-собак имеет значительный прогресс. Такие платформы хорошо выполняют свои задачи и уже дошли к экспериментальной части использования их на военных базах. Это направление находится на ранних стадиях развития, но, несмотря на это, успешно реализуется и оказывает значительную помощь специалистам в области обеспечения безопасности.

### **Источники**

1. Шурков В.Н. Основы автоматизации производственных и промышленных роботов // М.: Машиностроения, 1987. 240 с.

2. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/326.pdf/download/326.pdf>

3. Военное обозрение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://topwar.ru/188038-proekt-spur-robot-sobaka-stanovitsja-snajperom.html>

4. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2004. 480 с.

5. Асфальт Р. Роботы и автоматизация производства / пер. с англ. М.Ю. Евстегнеева, Б.И. Копылова, к.т.н. А.С. Чубукова. М.: Машиностроение. 1985.

УДК 665.637.73

## **УЛУЧШЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ РАФИНАТОВ НА МАСЛЯНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Егор Сергеевич Петров

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[tigr421@mail.ru](mailto:tigr421@mail.ru)

**Аннотация.** Процедура депарафинизации масел селективными растворителями представляется особо непростым, трудозатратным и дорогостоящим при изготовлении данных нефтепродуктов и требует огромных финансовых вложений и рабочих расходов. В статье рассмотрены инновационные способы с использованием селективных растворителей - консистенции кетонов с ароматическими углеводородами (аренами) также консистенции дихлорэтана с метилхлоридом, а также применения консистенции метилэтилкетона (МЭК) с метилизобутилкетона (МИБК).

**Ключевые слова:** депарафинизация, селективные растворители, кетон, метилэтилкетон, метилизобутилкетон, арены.

# IMPROVEMENT OF RAFFINATE DEWAXING METHODS IN OIL PRODUCTION

Egor S. Petrov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
tigr421@mail.ru

**Abstract.** Procedure of oil dewaxing by selective solvents is particularly difficult, labor-consuming and expensive in manufacturing of these oil products and requires huge financial investments and working costs. The article discusses innovative methods using selective solvents - the consistency of ketones with aromatic hydrocarbons (arenes) and the consistency of dichloroethane with methylene chloride, as well as the use of the consistency of methyl ethyl ketone (IEC) with methyl isobutyl ketone (MIBC).

**Keywords:** deparaffinization, selective solvents, ketone, methyl ethyl ketone, methyl isobutyl ketone, arenes.

Процедура депарафинизации состоит в удалении высокоплавких частей фракций с содержанием масла, с целью уменьшить температуры застывания этих частей [1]. От уменьшения температуры вязкость масел способна повыситься до такой степени, что при установленной температуре потеряет подвижность, т.е. застынет, в тоже время сложно осуществить кристаллизацию парафинов, а также разделить их с маслом. Для этого массово используются процессы депарафинизации масел с использованием селективных растворителей - консистенции кетонов (диметилкетон, бутанон) с аренами (бензолом, толуолом) и консистенции хлористого этилена с дихлорметаном (процесс ди-ме). Обретает популярность кетоновый растворитель - консистенция бутанона (МЭК) с метилизобутилкетонном (МИБК) [2].

При депарафинизации в растворе сжиженного пропана имеется пара видов остывания растворов сырья: с хладагентом, как правило применяемы в заключительном периоде остывания, - аммиаком также из-за результата улетучивания с раствора самого пропана, что исполняется в отвесных либо горизонтальных агрегатах, функционирующих поочередно [3]. Темп остывания растворов в этих вариантах регулируется быстротой уменьшения давления. Таким образом, в этих агрегатах улетучивание пропана находится в зависимости от удаления его паров, с целью чего в конструкциях данного вида учтены компрессоры. Нужную кратность пропана к сырью удерживают, постоянно прибавляя углеводород в окончательный период остывания [4].

Главным плюсом данного процесса считается его легкость, а также экономность, из-за того, что углеводород считается растворителем и хладагентом. Также использование паров пропана избавляет от осадка на фильтрате и дает возможность устранить из схемы линию инертного газа [5].

### Источники

1. Казакова Л.П., Крейн С.Э. Физико-химические основы производства масел. М.: Химия, 1978. 320 с.
2. Кулиев Р.Ш., Велиев И.К. Депарафинизация масляной фракции с использованием метилизо-бутилкетона // Химия и технология топлив и масел. 1999. №6. С. 16-17.
3. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа. Л.: Химия, 1977.
4. Кулиев Р.Ш., Велиев И.К., Кулиева С.Р. Добавки модификаторы в процессе депарафинизации // Химия и технология топлив и масел. 2003.
5. Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа. Часть 3. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. М.: Химия, 1978. 424 с.

УДК 681.51:007.52

## ДАТЧИКИ АНАЛИЗА ГАЗА ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Сергей Евгеньевич Пышняк

Науч. рук. канд .техн. наук, доцент В.А. Данилов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
pyshniak.s.e@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются вопросы охраны, сохранения безопасности и конфиденциальности частных и государственных объектов роботизированными охранными системами. Целью исследования является поиск новых функций для улучшения системы патрулирования территорий.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, MQ, мобильная роботизированная платформа, система сигнализации.

## GAS ANALYSIS SENSORS FOR A ROBOTIC SECURITY SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Sergey E. Pyshniak

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
pyshniak.s.e@gmail.com

**Abstract.** In this paper, the issues of protection, preservation of security and confidentiality of private and public facilities by robotic security systems are considered. The purpose of the study is to search for new functions to improve the system of patrolling territories.

**Keywords:** artificial intelligence, MQ, mobile robotic platform, alarm system.

Современный человек использует множество устройств, которые упрощают жизненные процессы. Люди стремятся автоматизировать различные процессы, в том числе для обеспечения безопасности, в этом может поспособствовать применение роботизированных охранных систем. Современные разработки применяются в разных областях – как в социально-бытовой, так и военно-технической, в штатных и экстремальных ситуациях. Роботизированное оборудование используется при проведении аварийно-спасательных работ, в боевых действиях, антитеррористических операциях и т.д. Обеспечивая высокую эффективность действий и максимальную безопасность здоровья и жизни людей.

Роботизированные охранные системы имеют ряд преимуществ по сравнению с человеческими ресурсами: 1) неподверженность стрессовым ситуациям, обусловленным опасностью для жизни и усталостью; 2) уничтожение робота не способно взволновать общественное мнение [1].

Объектом исследования в данной работе является возможность подключения к мобильному роботу датчиков газа.

Анализ работ по использованию автоматизированных охранных систем показывает, что в ведущих странах мира некоторые системы прошли необходимые испытания и применяются в охране различных объектов (государственных границ, военных баз и т.д.). В то же время достаточно большое количество технических средств находится на стадии опытных образцов [2].

В зависимости от предназначения и места использования охранной системы, можно рассмотреть различные датчики. В сфере определения газов очень распространена серия датчиков MQ, они могут применяться для различных газов, таких как водород, пропан, бутан, аммиак, этанол, угарный газ и т.д. Рассмотрим возможности обнаружения газов с помощью различных датчиков.

Датчик газа MQ-2 используется для определения концентрации в воздухе LPG (сжиженного нефтяного газа), алкоголя, дыма, водорода, пропана, метана и угарного газа [3].

Модуль датчика очень прост в использовании. Он выдает двоичное представление о наличии горючих газов, а также выдает аналоговое представление об их концентрации в воздухе.

Принцип работы датчика заключается в том, что при нагреве диоксида олова до высокой температуры, на его поверхности адсорбируется кислород. Напряжение на аналоговом выходе датчика изменяется пропорционально концентрации дыма/газа. Чем больше концентрация газа, тем выше выходное напряжение; меньшая концентрация газа приводит к более низкому выходному напряжению.

Газовый датчик MQ-6 - применяется в качестве газоанализатора, способен определять утечки бутана, пропана, изобутана. Представляет собой полупроводниковый прибор, принцип работы которого заключается в измерении сопротивления чувствительного слоя. MQ-6 имеет хорошую чувствительность при относительно небольшой цене и может использоваться в различных сферах. Подходит для домашних или промышленных устройств обнаружения газов [4].

Рассмотрим еще один газовый датчик - MQ136. Он имеет чувствительность к сероводороду, также может использоваться для обнаружения других серосодержащих паров. Сероводород - токсичный газ, он притупляет обонятельный нерв, и интоксикация может произойти внезапно. MQ136 обладает низкой чувствительностью к обычным горючим газам, что имеет низкую стоимость и подходит для различных применений.

В настоящее время существует множество других решений по охране помещений, и следует ожидать появления новых систем, устройств и механизмов, имеющих разные технические характеристики. Разработка и последующее внедрение таких систем позволят изменить отношение к безопасности объектов, на которых применяются роботизированные охранные системы.

### **Источники**

1. Иваненков В.В., Кутузов А.Н., Панков В.А., Рубцов И.В. Роботизированная система охраны и обороны специальных объектов и участков границы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

2. Burri T. International Law and Artificial Intelligence // German Yearbook of International Law. 2019. P. 91-108.

3. Technical Data MQ-2 Gas Sensor [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arhui-no-market.ru/sensory-:-datchiki/modul-mq-2> (дата обращения 8.11.2021).

4. Technical Data MQ-6 Gas Sensor [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://arduino-market.ru/uploads/DatasheetMQ\\_6.pdf](https://arduino-market.ru/uploads/DatasheetMQ_6.pdf) (дата обращения 9.11.2021).

## СИСТЕМА НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Даниил Михайлович Русин<sup>1</sup>, Юлия Александровна Блинова<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук В.А. Данилов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>333ddesign@mail.ru, <sup>2</sup>blinovaya@ya.ru

**Аннотация.** Объектом исследования в данной работе является система навигации для мобильной роботизированной платформы, предназначенной для транспортировки грузов. Целью исследования является поиск наиболее универсального способа навигации. Предложенный способ навигации мобильного робота на основе технического зрения с применением искусственного интеллекта позволяет организовать передвижение роботизированной платформы по разметке с применением светофоров для регулирования движения.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, Raspberry Pi, мобильная роботизированная платформа, система навигации.

## NAVIGATION SYSTEM OF A MOBILE ROBOTIC PLATFORM FOR CARGO TRANSPORTATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Daniil M. Rusin<sup>1</sup>, Julia A. Blinova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>333ddesign@mail.ru, <sup>2</sup>blinovaya@ya.ru

**Abstract.** The object of research in this paper is a navigation system for a mobile robotic platform designed for cargo transportation. The purpose of the study is to find the most universal way of navigation. The proposed method of navigation of a mobile robot based on technical vision with the use of artificial intelligence makes it possible to organize the movement of a robotic platform along the markings using traffic lights to regulate traffic.

**Keywords:** artificial intelligence, Raspberry Pi, mobile robotic platform, navigation system.

Одним из активно развивающихся направлений в сфере Индустрии 4.0 является логистическая робототехника. Создается и применяется все большее число роботизированных платформ для логистики грузов. В основном на складах. Это объясняется тем, что в условиях складского хозяйства легче спрогнозировать различные сценарии поведения роботизированной платформы и возможные события. При этом склады различного масштаба имеются в большинстве организаций и во всех крупных промышленных центрах.

Нами разрабатывается роботизированная мобильная платформа для автоматизации логистических операций. На данном этапе рассматривается вариант применения в складском хозяйстве, но с возможностью дальнейшего расширения функций и применения между цехами или предприятиями и заказчиками.

Одной из важнейших задач при разработке прототипа мобильной роботизированной платформы для транспортировки грузов является организация системы навигации.

Представим складское помещение, в котором есть несколько категорий товаров. Каждая категория находится в отдельной части склада. Цель роботизированной платформы – перевозка груза на склад в необходимую часть склада согласно категории. Товары будут двигаться на тележке, которая управляется мини ПК, передвигается с помощью электродвигателей и ориентируется в пространстве с помощью датчиков и технического зрения. Движение тележки производится по ранее установленной траектории с использованием регулирующих светофоров.

Для решения описанной задачи необходимо оснащение платформы модулем технического зрения. Аппаратное обеспечение мобильной робототехнической платформы для решения задачи позиционирования в пространстве с использованием технического зрения состоит из мини-ПК Raspberry NUC Pi 3 Model B+, камеры Zero W 2.8мм IR 1080, инфракрасных модулей ночного видения.

Для определения разметки, а также сигнализирующих знаков используется библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом – OpenCV [1]. Процесс распознавания разметки и сигнализирующих знаков с использованием искусственного интеллекта состоит из 3-х этапов: сбор данных, обучение, применение [2–4].

Первый этап – основной сбор данных. Производится первоначальный сбор данных – совершаются тестовые проезды, на основе которых создаются папки с изображениями и Log файл, который содержит углы окрашивания.

Второй этап – обучение. Производится импорт уже собранной информации, разделение файлов для проверки и обучения, настройка угла обзора камеры, яркости, разрешения – создание model.h файла.

Заключительный этап – применение. Происходит считывание информации с помощью камеры и дальнейший анализ с помощью файла model.h, на основе этих данных формируются управляющие сигналы [5].

Мы считаем, что применение системы технического зрения оправдано, так как она предлагает целый ряд различных модельных описаний наблюдаемых объектов, которые могут быть использованы для их обнаружения и измерения. Видеокамеры способны дать больше информации об окружающем пространстве, нежели прочие датчики.

### **Источники**

1. Малкольм Фрэнк, Рериг Пол, Принг Бен. Что делать, когда машины начнут делать все. Как роботы и искусственный интеллект изменят жизнь и работу, 2019.

2. Беркаев А.Р., Ненашев А.А., Ключиков А.В. Разработка системы локализации и позиционирования мобильного робота // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. Том 12-3. 2020. С 152-157.

3. Ведерников М.Ю. Робот-погрузчик. Разработка и моделирование движения на территории склада // Молодежная наука сибирского региона. Тр. XXIII Межвуз. науч.-практ. студ. конф. КрИЖТ ИрГУПС, в 2-х т. 2019. С. 47-52.4. Сафин И.Э., Софьин А.В. Автоматизированные системы управления процессами на примере бытовых роботов // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований: Матер. Междун. (заочной) науч.-практ. конф. 2019. С. 177-179.

5. Thrun S. FastSLAM: An Efficient Solution to the Simultaneous Localization And Mapping Problem with Unknown Data Association / S. Thrun [et al.] // Journal of Machine Learning Research, 2004.

УДК 665.642.2

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УСТАНОВОК ВИСБРЕКИНГА НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

Маргарита Романовна Чилиева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
rita0070@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены усовершенствования решений для установки висбрекинга нефтяных остатков, с выносными сокер-камерами с восходящим и нисходящим потоками. Необходимая модернизация данной технологии происходит с учетом низкого расхода топлива, небольшого количества пара от утилизируемого тепла, а так же безостановочная работа увеличивается примерно на 1 год.

**Ключевые слова:** сокер-камера, висбрекинг, конверсия, крекинг, асфальтены.

# IMPROVEMENT OF SOLUTIONS FOR OIL RESIDUES VISBRACKING UNITS

Margarita R. Chilyaeva  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
rita0070@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the improvement of solutions for the installation of visbreaking of oil residues, with remote soker-chambers with upward and downward flows. The necessary modernization of this technology is taking into account the low fuel consumption, a small amount of steam from the recovered heat, as well as non-stop operation is increased by about 1 year.

**Keywords:** soccer chamber, visbreaking, conversion, cracking, asphaltenes.

Нефть и газ играют основную роль в обеспечении энергии в наши дни. На закупаемом у них топливе запускаются двигатели наземного, воздушного и водного транспорта, тепловых электростанций.

Учитывая масштабы первичной переработки нефти, РФ идет второй после США. Однако по мощности висбрекинга (термодеструктивного процесса) она отстает от ведущих государств. Глубина переработки нефти в России составляет около 72 %, в то время как в Западной Европе – 87 %, а в США – 95 % [1].

Энергетическая стратегия России на 2025 год – увеличить переработку нефти до 85 %.

Увеличить глубину переработки вполне вероятно за счет усиленного развития сокрушительных процессов переработки тяжелого углеводородного сырья с добычей полезных топливных и продуктов нефтехим [2]. В термических процессах происходит химическое изменение сырья, катализаторы в данном случае не применяются. Этап висбрекинга (термического крекинга) – это термический процесс, умеющий неявно привести к углублению переработки нефти. Часть висбрекинга от первичной переработки устанавливает примерно 10 %, то на порядок больше доли других процессов углубления.

Основным из последних заключений висбрекинга является каталитический висбрекинг при наличии водяного пара. Этот процесс называется Aquaconversion, отличие от обычного висбрекинга большим выходом дистиллятных фракций, с учетом этого сохраняются низкие капитальные издержки.

В печи остаточное сырье греют до температуры теплового крекинга, учитывая это, реакции полимеризации и конденсации разрушаются [3]. Это связано с мягкой реакцией радикалов, образующихся во время процесса. Благодаря транспортировке водорода из малого количества воды, прибавляемой к сырью в наличии активного катализатора происходит реакция [4]. В ходе достигается большая глубина превращения, в процессе которого асфальтены не оседают. Помимо этого происходит отделение активного катализатора в блоке рекуперации с последующим возвращением его в сырьевую линию.

Основным перспективным преобразованием висбрекинга является японская технология компании Toyo Engineering Corporation и Mitsui Chemicals, использование которой позволяет увеличить конверсию сырья.

Среди российских выделяют установку «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ», гарантирующую достаточно высокую конверсию мазута в бензинодизельные фракции [5].

Существует два основных направления развития висбрекинга в России и за рубежом.

Первое направление – это «печной», или иными словами «змеевиковый», висбрекинг в печи с сокинг – секцией. В нем высокая температура (480–500 °С) совмещается с коротким временем пребывания (в пределах 1,5–2 мин).

Ко второму направлению относится висбрекинг с выносной сокерной камерой. Его особенность - разница в подаче сырья в реактор.

Существует два типа: висбрекинг с восходящим потоком сырья, висбрекинг с нисходящим потоком сырья.

Для достижения требуемой конверсии используются более низкая температура (примерно 430–450 °С) и наибольшее время пребывания (порядка 10–15 мин).

Висбрекинг с сокерной камерой, имеет ряд преимуществ, относительно «печного»: снижение капитальных затрат примерно на 10–15 %, достаточно малые размеры топки, малые габариты оборудования, используемого для утилизации тепла дымовых газов, низкий перепад давления в печи, низкий расход топлива, относительно большие объемы производства, более высокая степень селективности, безостановочная работа увеличивается примерно на 1 год, время работы системы на поток составляет около 330 дней, низкая чувствительность к авариям, небольшое количество пара от утилизируемого тепла.

Следовательно, процесс висбрекинга сейчас завоевывает вторую волну технологического спроса. В прошлом висбрекинг применялся исключительно для снижения вязкости гудрона, сегодня он применяются для углубления переработки нефти.

## Источники

1. Башкирцева Н.Ю. Нефтяной комплекс мира // Вестник казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №18. С. 201-204
2. Габдуллин А.А., Солодова Н.Л., Емельянычева Е.А. Процесс переработки тяжелого нефтяного сырья НОУР // Вестник казанского технологического университета. 2015. Т. 18. №3. С. 164-168.
3. Савина М.В., Ндлову Э.Т., Мингалеева Г.З. Оценка эффективности парового котла типа КЕ при сжигании низкосортного топлива // Вестник КГЭУ. 2020. Т.12. №1(45). С. 3-12.
4. Филимонов А.Г., Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д. Глобальное энергетическое объединение: новые возможности водородных технологий // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №23(2). С. 3-13.
5. Технология «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ®» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://techforesight.ru/technology/oil\\_\\_tehnologiya\\_\\_visbrekingtermakat](http://techforesight.ru/technology/oil__tehnologiya__visbrekingtermakat).

УДК 681.5

## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЭКОРОБОТА

Никита Сергеевич Шаронов<sup>1</sup>, Дамир Инсафович Шайхезадин<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Богданов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>nik.sharonov.03@mail.ru, <sup>2</sup>Shajhezadin2013@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты работы по созданию мобильной платформы, на основе которой будет разрабатываться робот для очистки берегов городских водоемов. Очистка берега городского водоема представляет важную экологическую и социально-культурную задачу. Авторами предлагается использование самодельной роботизированной платформы для решения данной задачи. В рамках данной работы выполняется разработка мобильной платформы на дистанционном управлении в качестве несущей базы, на которую в дальнейшем можно установить различные модули для нахождения, сбора и перевозки мусора.

**Ключевые слова:** Arduino, робот, экология, пруд, городская экосистема.

# DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A MOBILE PLATFORM FOR ECOROBOT

Nikita S. Sharonov<sup>1</sup>, Damir I. Shaikhezadin<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup> nik.sharonov.03@mail.ru, <sup>2</sup>Shajhezadin2013@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of work on the creation of a mobile platform, on the basis of which a robot for cleaning the banks of urban water bodies will be developed. Cleaning the bank of an urban reservoir is an important ecological and socio-cultural task. The authors propose the use of a home-made robotic platform to solve this problem. As part of this work, a mobile platform is being developed on a remote control as a carrier base, on which various modules can be installed in the future for finding, collecting and transporting garbage.

**Keywords:** Arduino, robots, ecology, pond, urban ecosystem.

В большинстве крупных городов имеются водоемы, пруды и иногда речки. В прежние годы они выполняли различные полезные функции для города. Сейчас они больше важны как элементы социальной инфраструктуры и культурного досуга [1, 2].

Но это не уменьшает необходимость соблюдения чистоты экосистемы вокруг городского пруда. Особенно актуальная данная проблема весной, когда снег сходит. В этот период особенно много мусора на берегу. И именно в этот период большую пользу могут принести самодельные роботизированные устройства для сбора мусора [3].

Разработку такого робота можно разделить на этапы:

- разработка мобильной несущей платформы на дистанционном управлении, способной перемещаться по берегу и объезжать различные препятствия;
- разработка модулей для нахождения, сбора и перемещения мусора;
- роботизация системы (реализация возможности в автоматическом режиме выполнять необходимые для сбора и перемещения мусора действия).

На данном этапе разрабатывается прототип мобильной несущей платформы на Arduino. Arduino выбрана в связи с относительно не высокой ценой комплектующих и доступностью информационно-справочных материалов [4, 5].

На первом шаге был разработан прототип №1 (рис. 1) с целью протестировать систему управления двигателями. Данный прототип управлялся через Bluetooth и мог перемещаться в идеальных лабораторных условиях. Но имел значительный недостаток – хлюпкая и ненадежная конструкция.



Рис. 1. Прототипы №1 и №2

Следующий прототип (рис. 1) получил более прочный каркас и более мощную систему энергообеспечения. Данный прототип уже мог перемещаться по относительно ровной поверхности в соответствии с управляющими командами.

В прототипе №3 (рис. 2) был полностью заменен корпус и система управления двигателями. Корпус был напечатан на 3D-принтере. Система управления через реле была заменена на управление с помощью драйвера электродвигателей.



Рис. 2. Прототип №3

В ходе проведения тестовых испытаний в рамках Робо-квестов были выявлены и исправлены ряд недостатков в энергоснабжении и конструкции. В настоящее время ведется замена корпуса для улучшения проходимости, разрабатывается система дистанционного управления через wi-fi и система сопряжения различных модулей под выполнение различных задач.

### **Источники**

1. Тюменцева Е.Ю. Исследование состояние парка им. 30-летия ВЛКСМ Г. Омска // Безопасность городской среды: Матер. VII Междун. науч.-практ. конф. 2020. С. 535-538.
2. Остякова А.В., Плюснина Е.В. Благоустройство парковых комплексов городских агломераций // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 2. С. 294-306.
3. Наумов И.И., Сибутин А.В. Обзор систем автоматической уборки мусора // Научная весна-2021. Технические науки: Сб. науч. трудов. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2021. С. 197-205.
4. Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Зозуля Е.С. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino в учебном процессе // Механика и технологии. 2019. № 4(66). С. 193-198.
5. Романов П.С., Моисеенко А.С. Разработка Android приложения для управления Arduino роботом // Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. Серия: Естественные и технические науки. 2019. № 12. С. 113-120.

## СЕКЦИЯ 6. Теплофизика

УДК 004.9

### СРАВНЕНИЕ CREALITY ENDER 3 PRO И ANYCUBIC KOSSEL PLUS ПРИ ПЕЧАТИ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КАЛИБРОВОЧНОГО КУБИКА

Азалия Айратовна Абдуллина, Айдар Фаилевич Зиятдинов

Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

azalkaabdullina69826@gmail.com

**Аннотация.** В статье произведено сравнение двух 3D принтеров: Creality Ender 3 Pro и Anycubic Kossel Plus. Для их сравнения была создана трехмерная модель калибровочного кубика, которая впоследствии была распечатана на них. Визуальное сравнение двух данных кубиков показало, что Creality Ender 3 Pro выполняет более качественную печать в отличие от Anycubic Kossel Plus. С другой стороны, Anycubic Kossel Plus позволяет печатать 3D детали быстрее, чем Creality Ender 3 Pro. В частности, калибровочный кубик на Anycubic Kossel Plus был распечатан на 5 минут быстрее, чем на Creality Ender 3 Pro.

**Ключевые слова:** 3D принтер, геометрическое моделирование, калибровочный кубик, 3D печать, трехмерная модель.

### COMPARISON OF REALITY ENDER 3 PRO AND ANYCUBIC KASSEL PLUS WHEN PRINTING A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A CALIBRATION CUBE

Azaliia A. Abdullina, Aidar F. Ziatdinov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

azalkaabdullina69826@gmail.com

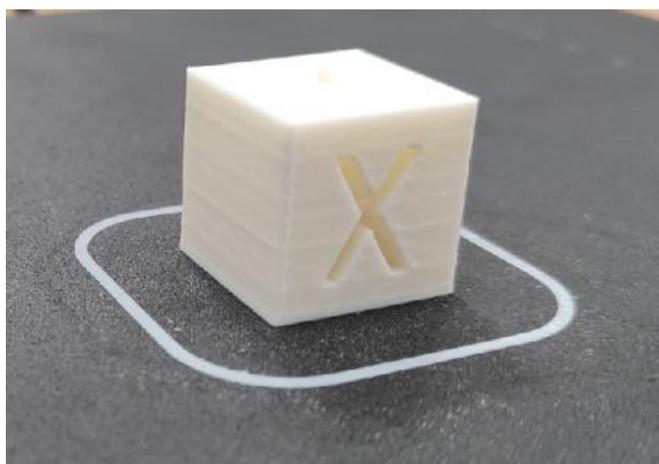
**Abstract.** The article compares two 3D printers: Reality Ender 3 Pro and Anycubic Kossel Plus. To compare them, a three-dimensional model of the calibration cube was created, which was subsequently printed on them. A visual comparison of these two cubes showed that Reality Ender 3 Pro performs better printing in contrast to Anycubic Kossel Plus. On the other hand, Anycubic Kassel Plus allows you to print 3D parts faster than C reality Ender 3 Pro. In particular, the calibration cube on the Sanicubic Kassel Plus was printed out 5 minutes faster than on the C reality Ender 3 Pro.

**Keywords:** 3D printer, geometric modeling, calibration cube, 3D printing, three-dimensional model.

На данный момент широкое применение на промышленных предприятиях и в научно-исследовательских организациях находит 3D печать [1–3]. Например, в работах [4, 5] экспериментальные установки были изготовлены по средствам 3D печати. Её суть заключается в послойном и постепенном создании изделия на основе ранее построенной компьютерной 3D модели. Для реализации процесса печати используют оборудование 3D послойного синтеза без применения технологической оснастки. Оборудование, на которых производится 3D печать, классифицируется следующим образом: по используемым материалам, способам нанесения слоя и его фиксирования. 3D печать нашла своё практическое применение при изготовлении сложных деталей в промышленности. При производстве единичных и мелкосерийных изделий экономически выгодно такое производство. Стоит отметить, что на процесс 3D печати существенным образом влияют настройки 3D принтера и непосредственно конструкция самого устройства.

В данной работе рассматривалась печать трехмерной модели на двух 3D принтерах: Creality Ender 3 Pro и Anycubic Kossel Plus.

В ходе печати задавались следующие настройки печати: высота слоя – 0,2 мм, скорость печати – 50 мм/с, заполнение модели – 20 %, генерация поддержек отсутствовала, температура нагрева рабочего стола – 60 °С, температура нагрева сопла экструдера – 210 °С. Для печати использовался PLA пластик.



Распечатанный калибровочный кубик

Сравнение двух принтеров Creality Ender 3 Pro и Anycubic Kossel Plus производилось печатью одной и той же 3D модели – калибровочного кубика со следующими геометрическими размерами: высота, длина и ширина – 20 мм (см. рисунок). Глубина вырезов в виде букв X, Y, Z составляла 2 мм.

В результате на двух принтерах было распечатано 2 модели калибровочного кубика. Визуальное сравнение двух данных кубиков показало, что Creality Ender 3 Pro выполняет более качественную печать в отличие от Anycubic Kossel Plus. Это связано с тем, что Anycubic Kossel Plus имеет более сложную кинематику, т.е. движение печатающей головки происходит по осям XYZ, что приводит к накоплению ошибок в позиционировании координат. С другой стороны, Anycubic Kossel Plus позволяет печатать 3D детали быстрее, чем Creality Ender 3 Pro. В частности, калибровочный кубик на Anycubic Kossel Plus был распечатан на 5 минут быстрее, чем на Creality Ender 3 Pro.

### **Источники**

1. Little TinyN Books. 3D печать, коротко и максимально ясно [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/upload/files/books/3Dprintbook.pdf>.

2. Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] /гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1969.

3. Наумов В. От воска до металла: обзор основных материалов для 3D печати [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://blog.iqb.ru/3d-printing-materials/> (дата обращения: 18.02.21).

4. Дмитриев А.В., Зинуров В. Э., Дмитриева О. С., Семенова Ю. О. Экспериментальные исследования очистки загрязненных газовых потоков от мелкодисперсных частиц в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 12. С. 109-112.

5. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Анастасия Вячеславовна Белоусова  
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.И. Шарипов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
Anastasiya\_691@mail.ru

**Аннотация.** В статье показано, что существует проблема повышения энергоэффективности на промышленных предприятиях на территории нашей страны. Показано, что разработано устройство, представляющее собой сепаратор-классификатор, который предназначен для фракционирования сыпучего материала на основе диоксида кремния. При этом фракционирование частиц в устройстве осуществляется в центробежном поле. Важной особенностью устройства является простота конструкции. В докладе представлена информация о проведенном эксперименте.

**Ключевые слова:** сепаратор-классификатор, мелкодисперсные частицы, фракционирование, классификация.

## FRACTIONATION OF SILICON DIOXIDE PARTICLES

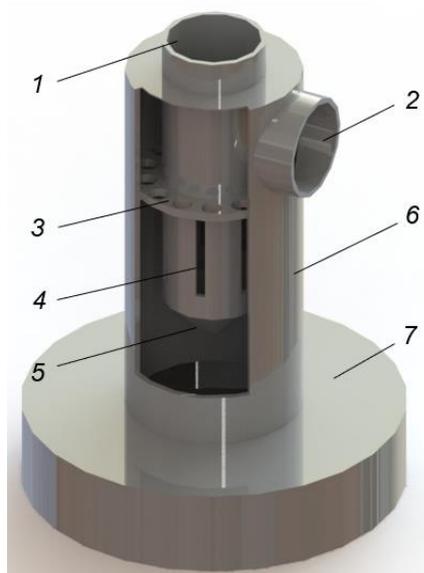
Anastasiia V. Belousova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Anastasiya\_691@mail.ru

**Abstract.** The article shows that there is a problem of increasing energy efficiency at industrial enterprises in our country. It is shown that a device has been developed, which is a classifier separator, which is designed for fractionation of bulk material based on silicon dioxide. In this case, the fractionation of particles in the device is carried out in a centrifugal field. An important feature of the device is the simplicity of the design. The report provides information about the experiment.

**Keywords:** separator-classifier, fine particles, fractionation, classification.

Задача повышения энергоэффективности является важной для промышленности нашей страны [1–4]. В работах [5, 6] были выдвинуты предложения о создании сепаратора-классификатора для фракционирования сыпучего материала на основе диоксида кремния, где необходимо использовать в процессе работы центробежное поле. Такая конструкция должна быть способна контролировать температуру газа и высокое гидравлическое сопротивление, а также понизить риск взрывоопасности.

Для модернизации нынешних устройств в целях улучшения качества и эффективности, авторы работы разработали конструкцию для улавливания и разделения сыпучего материала на основе силикагеля (диоксид кремния с разными степенями) с граничным зерном, равным 30 мкм. При этом объемная доля уловленного материала размером менее 30 мкм должна составлять не более 2 % от общей его доли. Через это устройство проходит сыпучий материал только после мельницы, измельчающий различные твердые частицы. Сам предполагаемый аппарат осуществляет работу на основании теории, что движущиеся частицы в аппарате имеют различные размеры и от этого строятся индивидуальные траектории движения в циклоническом центробежном поле, поэтому имеет такой принцип работы с характерным строением внутри (см. рисунок).



Цифровой двойник сепаратора-классификатора

Главной задачей при создании такого устройства является сохранение простой конструкции для изготовления непосредственно в слесарно-механических цехах на предприятиях. Для этого предполагается собирать классификатор с соосно расположенными трубами из цилиндрических труб по ГОСТу, чтобы он имел простой принцип работы.

В докладе представлены экспериментальные сведения о классификаторе.

### Источники

1. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

2. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Бадретдинова Г.Р., Биккулов Р. Я., Мадышев И.Н. Оценка энергетических затрат при улавливании мелкодисперсных частиц в сепараторе с соосно расположенными трубами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 2. С. 196-206.

3. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12. С. 50-59.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами // Промышленная энергетика. 2020. № 12. С. 47-53.

5. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

6. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

УДК 66.074.1

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИКЛОННОГО СЕПАРАТОРА ЦН - 11**

Ксения Дмитриевна Вьюгова

Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Vjugova.@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлено описание циклонного сепаратора. Рассмотрен принцип его действия. Показано, что улавливание твердых частиц в циклонном сепараторе осуществляется преимущественно за счет сил инерции (кориолисовых сил), вследствие которых они оседают на внутренних стенках корпуса и постепенно оседают в бункере. В работе произведен расчет циклона ЦН-11. В качестве исходных данных были приняты следующие постоянные: объем очищаемого газа –  $5 \text{ м}^3/\text{с}$ , плотность газа при рабочих условиях –  $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$  и др. Результаты расчетов показали, что при увеличении плотности и размера частиц повышается эффективность сепарации частиц из газа.

**Ключевые слова:** циклонный сепаратор, запыленный поток, сепаратор, циклон ЦН – 11, седиментация частиц, улавливание частиц.

# DETERMINATION OF THE EFFICIENCY AND HYDRAULIC RESISTANCE OF THE CYCLONE SEPARATOR TSN - 11

Kseniia D. Viugova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Vjugova.@yandex.ru

**Abstract.** The article provides a description of the cyclone separator. Its operating principle is considered. It is shown that the collection of solid particles in a cyclone separator is carried out mainly due to inertial forces (Coriolis forces). In this work, the calculation of the cyclone CN-11 was made. The following constants were taken as the initial data: the volume of the purified gas -  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , the gas density under operating conditions -  $1.29 \text{ kg/m}^3$ , etc. The calculation results showed that with an increase in the density and size of particles, the efficiency of separating particles from gas increases.

**Keywords:** cyclone separator, dusty flow, separator, cyclone CN - 11, particle sedimentation, particle capture.

Циклон – воздухоочиститель, применяемый на тепловых электрических станциях, служит для очистки воздуха (газа) от взвешенных частиц. Является одним из самых применяемых пылеуловителей в промышленности [1–3].

Схема работы циклонного пылеуловителя определена его конструкцией: вверху расположена цилиндрическая часть, снизу – коническая, подведенная к пылевому бункеру. Принцип действия циклона: поток запыленного воздуха вводится через входной патрубок. В нем формируются вращающийся поток газа. Ввиду наличия сил инерции (кориолисовых сил), мелкие частицы выносятся из потока, оседая на внутренних стенках корпуса. Далее, они захватываются вторичным потоком и попадают через выпускное отверстие в бункер для сбора пыли, иные же частицы поднимаются вверх и выводятся из циклона через выхлопную трубу [4–6].

К настоящему времени разработано широкое разнообразие циклонов, в основном делящиеся на два типа: прямоточные и противоточные. Различие между ними заключено в соотношении размеров конструктивных частей: соотношение цилиндрической и конической части, высота. Так же циклоны можно разделить на: конические, цилиндрические, групповые, батарейные. Последние отличаются лишь тем, что объединяют в себе несколько циклонов.

В данной статье большое внимание обращено именно на группу цилиндрических циклонов, вида ЦН-11.

Широкое распространение циклоны получили ввиду нескольких факторов:

1. Возможность улавливания различных типов пыли, включая абразивную.

2. Работа при различном диапазоне температур при высоком давлении.

3. Простота и долговечность конструкции, ввиду низкого износа компонентов.

4. Компактность.

Однако имеются и некоторые недостатки, такие как: низкая эффективность при малых размер частиц, высокие потери давления.

Целью данной работы является расчет эффективности циклона при различных эксплуатационных параметрах.

В качестве расчета взят циклон ЦН-11. В качестве исходных данных были приняты следующие постоянные: объем очищаемого газа –  $5 \text{ м}^3/\text{с}$ , плотность газа при рабочих условиях –  $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$ , вязкость газа при рабочей температуре –  $17,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , стандартное отклонение размеров частиц пыли  $\lg G = 0,334$ . Изменяемые параметры: плотность частиц пыли от 1000 до  $4000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , медианный размер частиц пыли от 5 до 20 мкм, входная концентрация пыли (запыленность) от 20 до  $150 \text{ г}/\text{м}^3$ . Для сравнения расчетов с теорией, эффективность очистки принята за 80 %.

#### Источники

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Ву Линь Нгуен Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 1. С. 3-9.

5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18-22.

6. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Петрова Т.С., Дмитриева О.С. Оценка времени работы пылеуловителя со скругленными сепарационными элементами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 606-615.

УДК 622.276

## ДЕЭМУЛЬСАЦИЯ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ СЕПАРАТОРЕ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Азат Альбиртович Галиев, Искандер Исхакович Мифтахов  
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.И. Шарипов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
azat.galiev.1995@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложен прямоугольный сепаратор для разделения водонефтяной эмульсии на тепловых электрических станциях. Представлено описание принципа действия прямоугольного сепаратора. Показано, что разделение преимущественно осуществляется за счет создания вихрей. Рассмотрено схематичное движение водонефтяной эмульсии в разработанном устройстве. В докладе представлены зависимости изменения эффективности деэмульсации водонефтяной эмульсии от действительной скорости движения среды, температуры, плотности нефти.

**Ключевые слова:** сепаратор, водонефтяная эмульсия, нефтепродукты, эмульсия, сепарация, двухфазная среда, двухфазная жидкость.

## DEMULSIFICATION OF OIL-WATER EMULSION IN A RECTANGULAR SEPARATOR AT THERMAL POWER PLANTS

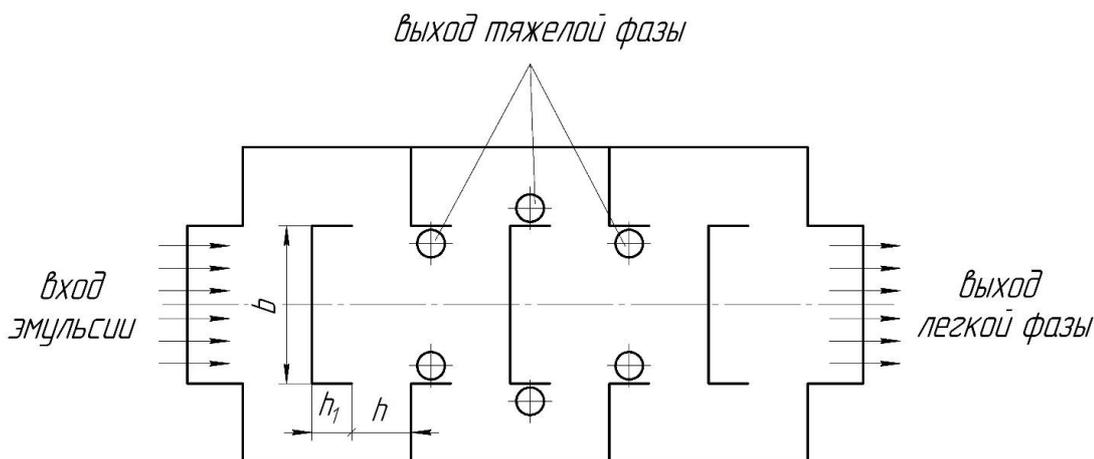
Azat A. Galiev, Iskander I. Miftakhov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
azat.galiev.1995@mail.ru

**Abstract.** The article proposes a rectangular separator for separating water-oil emulsion at thermal power plants. The description of the principle of operation of a rectangular separator is presented. It is shown that the separation is mainly carried out due to the creation of vortices. The schematic movement of an oil-water emulsion in the developed device is considered. The report presents the dependences of the change in the demulsification efficiency of an oil-water emulsion on the actual speed of the medium, temperature, and oil density.

**Keywords:** separator, oil-water emulsion, oil products, emulsion, separation, two-phase medium, two-phase liquid.

Наличие мазутных хозяйств на тепловых электрических станциях в некоторых случаях приводит к загрязнению сточных вод, вследствие чего возникает необходимость их очистки, т.е. разделения образовавшейся водонефтяной эмульсии на составляющие компоненты. Загрязненные сточные воды нефтепродуктами негативно влияют на окружающую среду: нарушается экосистема природных водоемов, загрязняется грунт [1–3].

Для решения данной проблемы в работе предлагается применять прямоугольный сепаратор (см. рисунок). Его принцип действия заключается в следующем: при движении водонефтяной эмульсии между элементами устройства возникает центробежная сила, приводящая к образованию зон циркуляционного движения, в которых происходит расслоение эмульсии. Отделившаяся за счет центробежных сил более тяжелая фаза собирается в области завихрений нефть под действием силы тяжести, отводится из аппарата через отверстия, выполненные в днище. Использование нескольких ступеней разделения позволяет увеличить общую эффективность осаждения более легкой фракции эмульсии [4–6].



Принцип действия прямоугольного сепаратора для разделения водонефтяной эмульсии

Особенностью устройства является то, что деэмульсация водонефтяной эмульсии происходит при относительно высоких скоростях движения жидкости. В частности, деэмульсация осуществляется при действительной скорости движения водонефтяной эмульсии равной от 1,4 до 2,5 м/с.

В докладе представлены зависимости изменения эффективности деэмульсации водонефтяной эмульсии от действительной скорости движения среды, температуры, плотности нефти.

### Источники

1. Dmitrieva O.S., Sharipov I.I., Zinurov V.E. Separation of water-oil emulsions in device with enlarged throughflow capacity // Advances in raw material industries for sustainable development goals: Proceedings of the xii russian-german raw materials conference. CRC Press, 2020. Pp. 296-302.

2. Галимова А.Р., Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Харьков В.В. Сепарационное устройство с соосно расположенными трубами для разделения водонефтяных эмульсий // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. № 3. С. 50-54.

3. Мадышев И.Н., Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Данг С.В., Бадретдинова Г.Р. Исследование влияния диаметра выходных отверстий на эффективность разделения эмульсии в прямоугольных сепараторах // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. Т. 24. № 6 (155). С. 1232-1242.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Харьков В.В., Галимова А.Р. Исследование процесса деэмульсации водонефтяной эмульсии в отстойнике с гофрированными пластинами // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 7. С. 61-64.

5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Шарипов И.И., Данг С.В., Харьков В.В. Интенсификация очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов в отстойниках // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 6. С. 64-67.

6. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Данг С.В. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе // Вестник КГЭУ. 2018. № 3 (39). С. 65-71.

УДК 66.074.2

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С МИНИ ЦИКЛОНОМ И СЕПАРАТОРОМ**

Рузиль Фаридович Гарифуллин  
Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
g.ruzil@inbox.ru

**Аннотация.** В статье представлена трехмерная модель сборки, которая состоит из линий движения газового потока, мини циклона и сепаратора с сепарационными элементами. Для проведения численного моделирования на входе в установку задавалась входная скорость газового потока. На выходе задавалось атмосферное давление равное 101325 Па. В докладе представлены зависимости потери давления в установке от входной скорости газового потока. Показаны завихрения, которые возникают при течении газа внутри экспериментальной установки.

**Ключевые слова:** мини циклон, сепаратор, потери давления, гидравлическое сопротивление, численное моделирование, газодинамика.

# NUMERICAL SIMULATION OF GAS DYNAMICS IN AN EXPERIMENTAL SETUP WITH A MINI CYCLONE AND SEPARATOR

Ruzil F. Garifullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

g.ruzil@inbox.ru

**Abstract.** The article presents a three-dimensional model of the assembly, which consists of gas flow lines, a mini cyclone and a separator with separation elements. To carry out numerical simulation at the entrance to the installation, the input velocity of the gas flow was set. An atmospheric pressure of 101325 Pa was set at the output. The report presents the dependences of the pressure loss in the installation on the inlet velocity of the gas flow. The vortices that occur during the flow of gas inside the experimental setup are shown.

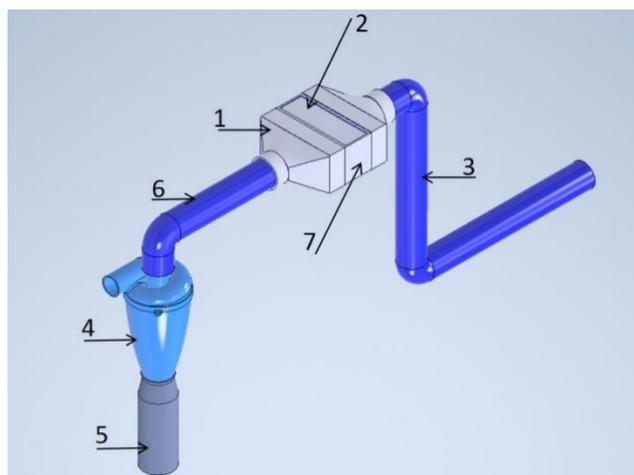
**Keywords:** mini cyclone, separator, pressure loss, hydraulic resistance, numerical simulation, gas dynamics.

В работах [1–6] авторами было разработано устройство для улавливания твердых частиц из газовых потоков. Оно представляет собой несколько рядов сепарационных элементов, которые располагаются в корпусе. Данное устройство было распечатано на 3D принтере. Далее собрана экспериментальная установка, которая состояла из мини циклона, сепаратора и линий движения газового потока.

В работе были созданы трехмерные модели всех элементов экспериментальной установки (см. рисунок). Далее создавалась проточная область.

Основными элементами экспериментальной установки являются мини циклон 4, бункер 5, сепаратор с сепарационными элементами 7 и линии подачи газа 3 и 6.

Принцип действия экспериментальной установки заключается в следующем: запыленный поток входит через входной патрубок циклона, после чего крупные частицы осаждаются и далее потоком движется в сепаратор с сепарационными элементами, который улавливает мелкодисперсные частицы, после чего очищенный газ покидает установку.



3D модель экспериментальной установки с мини циклоном и сепаратором, внутри которого располагаются двугавровые сепарационные элементы: 1 – соединительные элемента сепаратора; 2 – прямоугольный сепаратор с сепарационными элементами; 3 – линия подачи газа; 4 – мини циклон; 5 – бункер циклона; 6 – линия, соединяющая мини циклон и сепаратор; 7 – корпус сепаратора и соединительных элементов

При моделировании газодинамика в экспериментальной установке на входе в устройство задавалась скорость газового потока от 5 до 10 м/с, на выходе из экспериментальной установки задавалось атмосферное давление равное 101325 Па.

Результаты показали, что с увеличением входной скорости газового потока повышалось сопротивление экспериментальной установки.

В докладе представлены зависимости потери давления в установке от входной скорости газового потока. Показаны завихрения, которые возникают при течении газа внутри экспериментальной установки.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

### Источники

1. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12. С. 50-59.

2. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Поляков А.И. Эффективность входной ступени прямоугольных сепараторов // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 11. С. 66-69.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Семенова Ю.О. Экспериментальные исследования очистки загрязненных газовых потоков от мелкодисперсных частиц в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 12. С. 109-112.

4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Ву Линь Нгуен. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 1. С. 3-9.

5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18-22.

6. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Петрова Т.С., Дмитриева О.С. Оценка времени работы пылеуловителя со скругленными сепарационными элементами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 606-615.

УДК 004.94

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЕЧАТЬ 3D ДЕТАЛИ

Тимур Русланович Канзафаров

Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

kanzafarov\_tr@bk.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены аддитивные технологии, их значимость в современном мире и способы применения. Показаны методы печати и моделирования 3D-детали.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, печать, модель, процесс, деталь

## MODELING AND PRINTING 3D DETAIL

Timur R. Kanzafarov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kanzafarov\_tr@bk.ru

**Abstract.** The article discusses additive technologies, their significance in the modern world and methods of application. Methods of printing and modelling a 3D detail are shown.

**Keywords:** additive technologies, printing, model, process, detail

В настоящее время цифровые технологии развиваются с огромной скоростью и используются в разнообразных сферах жизни человека [1]. Аддитивные технологии самые востребованные и передовые во всем мире, сейчас они применяются на различных производствах по всему миру [2, 3].

Аддитивные технологии производства позволяют изготавливать различные изделия послойно на основе компьютерной 3D-модели. Данный процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления. Для того чтобы напечатать объемный предмет на 3D принтере, предварительно необходимо сделать его трехмерную модель – визуальный графический образ объекта [4]. Моделирование объекта осуществляется двумя способами - вручную с помощью специальных программ или сканированием, используя специальное устройство – 3D сканер.

Для печати была выбрана модель под названием “Клапан обратный”, он рассчитан на пропуск рабочей среды в трубопровод, идущий к потребителю. Создавалась модель в программе Autodesk Inventor Professional 2022. Распечатана данная деталь была в лаборатории КГЭУ. Был произведен анализ полученной геометрии и сравнен с исходной моделью.

### **Источники**

1. Хамитова Д.В., Николаев К.В. Инженерное геометрическое моделирование – внедрение в жизнь // Матер. 29-й конф. по графическим информационным технологиям «КОГРАФ-2019». Н.Новгород: НГТУ, 2019. С.79-83.

2. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учеб. пособие / Валетов В.А. СПб, 2015.

3. Аддитивные технологии – динамично развивающееся производство / О.Н. Гончарова, Ю.М. Бережной, Е.Н. Бессарабов, Е.А. Кадамов, Т.М. Гайнутдинов, Е.М. Нагопетьян, В.М. Ковина // Инженерный вестник Дона. 2016. №4. С. 123.

4. Винокурова Д.Н., Упине А.М. Новые технологии XXI века: 3D печать. Применение в развитии ребенка // Эксперимент в промышленном дизайне. Теория и метод кейсов. Сб. матер. науч.-практ. интенсива. 2020. С. 34-37.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

Айгуль Айратовна Каюмова  
Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ovakayum@gmail.com

**Аннотация.** В статье исследована экспериментальная установка, включающая вентилятор, ресивер, трубу Вентури, классификатора с соосно расположенными трубами, дифференциальный манометры, вычислительный компьютер. Ресивер использовался для сброса воздуха, чтобы понизить скорость движения газа. Труба Вентури применялась для определения объемного расхода газа. Результаты показали, что в экспериментальной установке скорость газового потока варьировалась от 3,25 до 17 м/с. При этом гидравлическое сопротивление классификатора составляло до 1500 Па.

**Ключевые слова:** гидравлическое сопротивление, классификатор, потери давления, труба Вентури, газовый поток, объемный расход.

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HYDRAULIC RESISTANCE OF A CLASSIFIER WITH COAXIALLY ARRANGED PIPES

Aigul A. Kayumova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ovakayum@gmail.com

**Abstract.** The article investigates an experimental installation including a fan, receiver, Venturi pipe, classifiers with coaxially arranged pipes, differential pressure gauges, and a computer. The receiver was used to vent the air to lower the gas velocity. The Venturi pipe was used to determine the volume flow of gas. The results showed that in the experimental setup the gas flow velocity varied from 3.25 to 17 m/s. At the same time, the hydraulic resistance of the classifier was up to 1500 Pa.

**Keywords:** hydraulic resistance, classifier, pressure loss, venturi pipe, gas flow, volume flow.

Определение гидравлического сопротивления различных аппаратов является важной составляющей при их разработке, так как данный параметр позволяет вычислить требуемую мощность компрессора и оценить финансовые затраты [1–3].

В данной работе определялось гидравлическое сопротивление классификатора с соосно расположенными трубами [4–6]. Данное устройство было распечатано на 3D принтере. Для определения гидравлического сопротивления была собрана экспериментальная установка (см. рисунок). Она состояла из следующих основных элементов: 1 – вентилятор, 2 – ресивер, 3 – труба Вентури; 4 – классификатор с соосно расположенными трубами; 5, 6 – дифференциальные манометры; 7 – вычислительный компьютер.

Следует отметить, что в ресивере 2 были проделаны круглые отверстия, которые в ходе эксперимента закрывались или открывались для сброса воздуха, т.е. снижения или увеличения скорости газа. Труба Вентури 3 использовалась для определения объемного расхода газа, по которому впоследствии определялась средняя скорость газа по сечению. Для определения разности давлений между широкой и узкой частями в трубе Вентури использовался дифференциальный манометр testo 5. Для определения гидравлического сопротивления классификатора с соосно расположенными трубами 4 использовался дифференциальный манометр testo 6.

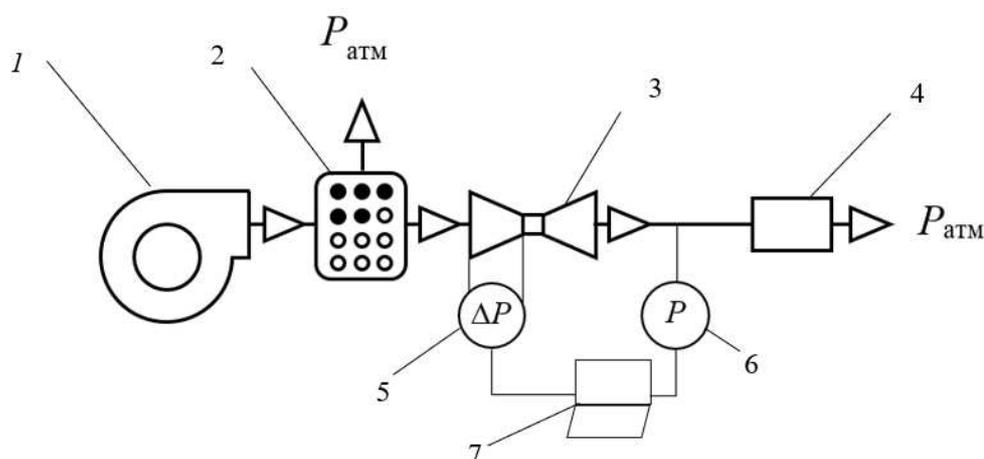


Схема экспериментальной установки для определения гидравлического сопротивления классификатора с соосно расположенными трубами: 1 – вентилятор; 2 – ресивер; 3 – труба Вентури; 4 – классификатор с соосно расположенными трубами; 5, 6 – дифференциальные манометры; 7 – вычислительный компьютер

Результаты показали, что в экспериментальной установке скорость газового потока варьировалась от 3,25 до 17 м/с. При этом гидравлическое сопротивление классификатора составляло до 1500 Па.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

## Источники

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // МАТЕС Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.
2. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.
3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.
4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Поляков А.И. Эффективность входной ступени прямоугольных сепараторов // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 11. С. 66-69.
5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 8. С. 33-37.
6. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Харьков В.В. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 3. С. 85-88.

УДК 66.074.2

## РАЗДЕЛЕНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Кирилл Вадимович Коныжов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Зацаринная  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Konizhov.kirill@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены теоретические основы фракционирования сыпучих материалов. Данный процесс представляет собой разделение фракций твердых частиц на требуемые диапазоны частиц, которые в дальнейшей применяются в различных отраслях промышленного сектора. Показано, что для процесса фракционирования такая функция является степенью фракционного разделения, которая является кривой Тромпа. В докладе представлены кривые Тромпа при анализе экспериментальных данных при исследовании фракционирования мелкодисперсных твердых частиц на основе силикагеля.

**Ключевые слова:** кривая Тромпа, фракционирование сыпучих материалов, разделение порошка, классификация частиц, твердые частицы.

## SEPARATION OF BULK MATERIALS

Kirill V. Konyzhov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Konizhov.kirill@mail.ru

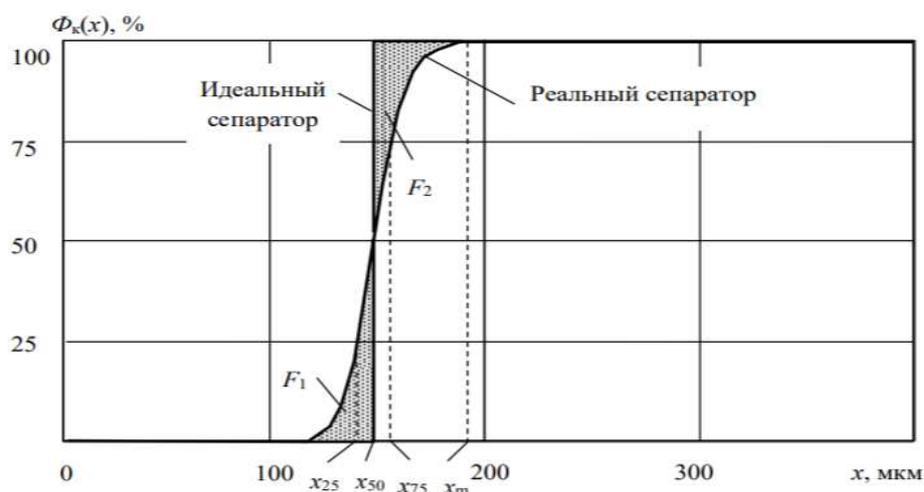
**Abstract.** The article discusses the theoretical foundations of fractionation of bulk materials. This process is the separation of fractions of solid particles into the required particle ranges, which are further applied in various branches of the industrial sector. It is shown that for the fractionation process this function is the degree of fractional separation, which is the Tromp curve. The report presents the Tromp curves in the analysis of experimental data in the study of the fractionation of fine solid particles based on silica gel.

**Keywords:** Trump curve, bulk material fractionation, powder separation, particle classification, particulate matter.

Фракционирование сыпучих материалов на определенные фракции является важной задачей для многих промышленных отраслей: нефтехимической, металлургической и многих других [1–3]. Фракционирование – это разделение частиц или смеси веществ посредством просеивания, кристаллизации или дистилляции. Стоит отметить, что на данный момент не существует четкой классификации сыпучих материалов.

Рассмотрим гравитационное фракционирование твердых частиц в газовом потоке. В сквозном газодисперсном потоке противодействует две основные силы: массовая и аэродинамическое сопротивление, за счет них осуществляется гравитационное фракционирование. Следует отметить, что сила аэродинамического сопротивления пропорциональна диаметру твердых частиц в некоторые степени  $k$  в диапазоне 1–2. При этом конкретное значение показателя  $k$  определяется в зависимости от режима обтекания частиц. В свою очередь, массовая сила пропорциональна размеру частиц в кубе. На процесс фракционирования также оказывают влияние двухфазность потока, неравномерность поля скоростей сплошной фазы и поля локальных концентраций частиц и др., этот процесс является трудным многопараметрическим процессом [4, 5].

Всякий стохастический процесс объясняется функциями распределения. Для процесса фракционирования такая функция является степенью фракционного разделения, которая является кривой Тромпа. В ее основе лежит определение степени фракционного извлечения узких классов или крупных продуктов разделения. Называемая в зарубежной литературе кривой Тромпа является функцией фракционного извлечения в крупный продукт разделения (см. рисунок).



Кривая Тромпа

Требуемое значение фракционного извлечения частиц узкого класса крупности  $x_i$  означает вероятность попадания частиц данного класса в крупный продукт [6].

В докладе представлены кривые Тромпа при анализе экспериментальных данных при исследовании фракционирования мелкодисперсных твердых частиц на основе силикагеля.

### Источники

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Богданов В.С., Василенко О.С., Пономарев В.Б., Яценко И.А. Теоретические основы фракционирования сыпучих материалов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. 2018. С. 44-50.

5. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Шаптала В.В., Гавриленко А.В. Характеристики потоков цементно-воздушной смеси при пневмотранспортировании цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №2. С. 110-112.

6. Пономарев В.Б. Расчет и проектирование оборудования для воздушной сепарации сыпучих материалов: учеб. пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017.

УДК 621.926.084

## **ВОЗДУШНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО КОРМА**

Максим Валерьевич Мишин

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Д.В. Хамитова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
mmisin62@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрена воздушная классификация сыпучего материала на основе рапсового корма. Показано, что в последние два десятилетия имеется тенденция увеличения эффективности разделения мелкодисперсных сыпучих материалов. В статье представлено описание классификации частиц в воздушном классификаторе. Отмечено, что на классификацию влияют скорость ротора и вторичный воздух.

**Ключевые слова:** классификатор, классификация частиц, фракционирование частиц, рапсовый корм, сыпучий материал.

## **AERIAL CLASSIFICATION OF BULK MATERIAL BASED ON RAPESEED FEED**

Maxim V. Mishin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
mmisin62@gmail.com

**Abstract.** The article deals with the air classification of bulk material based on rapeseed fodder. It is shown that in the last two decades there has been a tendency to increase the efficiency of separation of finely dispersed bulk materials. The article provides a description of the classification of particles in an air classifier. It is noted that the classification is influenced by rotor speed and secondary air.

**Keywords:** classifier, particle classification, particle fractionation, rapeseed feed, bulk material.

На данный момент воздушная классификация является эффективным методом для получения фракций рапсового корма, обогащенного белком и крахмалом. За последние два десятилетия были проведены ряд исследований, в которых наблюдается положительная динамика деления на фракции.

В настоящее время впервые исследуется питательный состав СМ с использованием промышленного воздушного классификатора. Стоит отметить, что основное внимание уделяется влиянию переменных обработки воздушного классификатора на питательный состав СМ [1–3].

Целью исследования является определение параметров воздуха, которые влияют на изменение питательных веществ СМ, комбинацию этих трех элементов. В текущем опыте использовался воздушный классификатор, параметры которого: скорость ротора от 300 до 1200 об/мин, скорость воздушного потока от 700 до 860 кубических футов в минуту и вторичный воздух от 0 до 30 % [4–6].

Процедуру классификации воздуха можно описать как: спиральный воздушный поток подается в воздушный классификатор вентилятором в корпусе циклона. СМ помещается в молотковую мельницу, которая измельчается в мелкие частицы. Циклонная камера состоит из разделительного ротора, приводимого в движение электродвигателем через привод с регулируемой скоростью. В циклонной камере спиральный воздух создает центробежную силу, которая уносит частицы и ударяет по корпусу ротора, где притягивающая гравитационная сила опускает частицы вплоть до крупного циклона, составляющего крупную фракцию. Сила сопротивления центробежного трения также влияет на частицы в корпусе циклона, который переносит частицы внутрь к разделительному ротору, и они покидают корпус циклона ко второму циклону, составляя мелкую фракцию. Когда центробежная сила и сила сопротивления центробежного трения равны, частицы имеют равные шансы образовать крупную и мелкую фракции, размер которых называется точкой отсечки.

Подводя итог, можно сказать, что условия классификации воздуха существенно влияют на сдвиги питательных веществ во фракциях СМ, особенно скорость ротора и вторичный воздух. Таким образом, оптимальными условия классификации воздуха для производства мелкой фракции при считаются 6,1 % вторичного воздуха, скорости разделительного ротора 1002–1020 об/мин и скорости воздушного потока 827,6 кубических футов в минуту. Соответствующий выход мелкой фракции составляет 50 %, что указывает на пригодность для промышленного производства.

### **Источники**

1. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

2. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12. С. 50-59.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 8. С. 33-37.

5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 8. С. 42-46.

6. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Уткин М.О. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 10. С. 68-71.

УДК 004.9

## **ПОИСК ГРУБЫХ ОШИБОК С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ ШОВЕНЕ**

Арина Владимировна Напойкина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О.С. Попкова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
napoykina34@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрен критерий Шовене, который применяется для определения грубых ошибок. Ошибки при экспериментальных исследованиях являются неотъемлемой частью, вследствие этого необходимо их исключения. Данный критерий применяется для исключения грубых погрешностей при нормальном распределении некой функции, которая описывает исследуемый параметр. При расчете критерия Шовене рассчитывают следующие параметры: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение искомой величины, дисперсию. В докладе представлен анализ результатов, которые были получены в предыдущих исследованиях. Среди рассчитанных параметров было выявлено 16 грубых ошибок.

**Ключевые слова:** критерий Шовене, грубые ошибки, погрешность, погрешность измерений, среднеквадратическое отклонение.

# SEARCH FOR GROSS ERRORS USING THE CHAUVENET CRITERION

Arina V. Napoikina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

napoykina34@gmail.com

**Abstract.** The article considers the Chauvenet criterion, which is used to determine gross errors. Errors in experimental studies are an integral part, therefore it is necessary to exclude them. This criterion is used to exclude gross errors in the normal distribution of a certain function that describes the parameter under study. When calculating the Chauvenet criterion, the following parameters are calculated: mathematical expectation, standard deviation of the desired value, variance. The report presents an analysis of the results that were obtained in previous studies. Among the calculated parameters, 16 gross errors were detected

**Keywords:** Chauvenet criterion, gross errors, error, measurement error, standard deviation.

Ошибки при экспериментальных исследованиях являются неотъемлемой частью, вследствие этого необходимо их исключение. Для этого разработано большое количество методов и критериев. Рассмотрим один из них – критерий Шовене [1, 2].

Данный критерий применяется для исключения грубых погрешностей при нормальном распределении некой функции, которая описывает исследуемый параметр. По данному критерию исключают, как правило, только 1 сомнительное значение.

При использовании критерия Шовене определяют вероятность получения данных, которые отклоняются от среднего вычисляемого параметра больше, чем проверяемое значение при выборке, которая состоит из  $n$  элементов. Сперва по сомнительному значению определяют значение интегральной функции нормального распределения  $F(x)$ .

При расчете критерия Шовене рассчитывают следующие параметры: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение искомой величины, дисперсию.

Математическое ожидание – это центр группировки результатов испытаний. При отсутствии систематических погрешностей соответствует количественной характеристике объекта испытаний. Дисперсия – мера рассеяния результатов.

Следует отметить, что найти значения параметров абсолютно точно невозможно. Но при объёме выборки, состоящей из более 30 параметров, обычно считают, что с достаточной точностью точечные оценки параметров равны параметрам. Кроме того, можно достаточно точно рассчитать генеральную дисперсию при проведении серий испытаний, в которых генеральная дисперсия не меняется (такой расчёт называется вычислением дисперсии по текущим измерениям), например, такой расчёт бывает возможен при приёмо-сдаточных испытаниях.

В докладе представлен анализ результатов, которые были отражены в работах [3–6]. Среди рассчитанных параметров было выявлено 16 грубых ошибок.

### **Источники**

1. Попукайло В.С. Обнаружение аномальных измерений при обработке данных малого объема // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2016. №. 4-5. С. 42-46.

2. Тарасенко И. Д., Дударев В. А. Использование статистических критериев для оценки качества данных (на примере данных по свойствам неорганических веществ) // Тонкие химические технологии. 2017. Т. 12. №. 3. С. 101-105.

3. Дмитриев А.В., Лорай С.Ф., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С. Анализ прогрева форм из различных материалов // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 20. С. 52-53.

4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Поляков А.И. Эффективность входной ступени прямоугольных сепараторов // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 11. С. 66-69.

5. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Данг С.В. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе // Вестник КГЭУ. 2018. № 3 (39). С. 65-71.

6. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

## СЕКТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДУЛЯ С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

Илюза Ильшатовна Насырова  
Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
iyuza2001@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено секторное моделирование модуля с соосно расположенными трубами в программном комплексе Ansys Fluent. Для этого была построена трехмерная модель устройства со следующими геометрическими размерами: высота внутреннего цилиндра – 130 мм, высота внешнего цилиндра – 110 мм, диаметр внутреннего и внешнего цилиндров – 50 и 80 мм, соответственно. Для ее упрощения она была разделена на 8 секторов по 45°. Результаты показали, что по мере увеличению входной скорости газового потока повышалось гидравлическое сопротивление.

**Ключевые слова:** секторное моделирование, численное моделирование, устройство с соосно расположенными трубами, трехмерная модель, газодинамика.

## SECTOR MODELING OF A MODULE WITH COAXIALLY ARRANGED PIPES

Ilyuzha I. Nasyrova

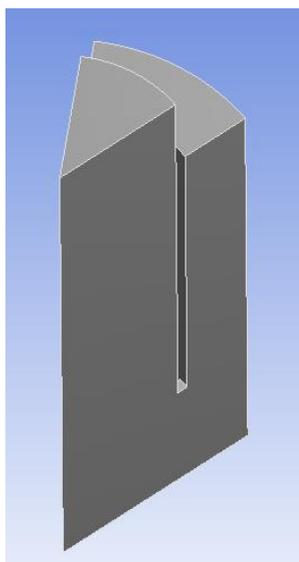
**Abstract.** The article considers the sector modeling of a module with coaxially arranged pipes in the Ansys Fluent software package. For this purpose, a three-dimensional model of the device was built with the following geometric dimensions: the height of the inner cylinder is 130 mm, the height of the outer cylinder is 110 mm, the diameter of the inner and outer cylinders is 50 and 80 mm, respectively. To simplify it, it was divided into 8 45 ° sectors. The results showed that as the inlet velocity of the gas flow increased, the hydraulic resistance increased.

**Keywords:** sector modeling, numerical modeling, device with coaxially arranged pipes, three-dimensional model, gas dynamics.

В настоящее время для экономии времени и финансовых средств применяется численное моделирование в различных программных продуктах. Одной из таких программ является Ansys Fluent. Например, численное моделирование газодинамика осуществляется по средствам решения дифференциальных уравнений. Однако для проведения качественного расчета необходимы большие вычислительные мощности.

Чтобы снизить требования к ним, осуществляют упрощение расчетной модели. Одним из методов является секторное моделирование. Рассмотрим секторное моделирование модуля с соосно расположенными трубами в программном комплексе Ansys Fluent [1–3].

Сперва была построена трехмерная модель устройства со следующими геометрическими размерами: высота внутреннего цилиндра – 130 мм, высота внешнего цилиндра – 110 мм, диаметр внутреннего и внешнего цилиндров – 50 и 80 мм, соответственно. Далее данная модель была разделена на 8 секторов по  $45^\circ$  (см. рисунок).



Секторное моделирование. 1/8 часть 3D модели

Далее 1/8 часть 3D модели была разбита на ячейки. Сетка состояла из 3845205 ячеек. На входе и выходе задавались граничные условия. На входе задавались входная скорость. На выходе задавалось давление окружающей среды, которое составляло 101325 Па [4-5].

По окончании расчета определялись потери давления в модуле с соосно расположенными трубами. Результаты показали, что по мере увеличению входной скорости газового потока повышалось гидравлическое сопротивление.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

### **Источники**

1. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18-22.

2. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Ву Линь Нгуен  
Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 1. С. 3-9.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л.  
Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В.  
Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

5. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S.  
Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // МАТЕС Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

УДК 541.6+544.163.2

## АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЕДИНЕНИЙ МЫШЬЯКА

Иван Евгеньевич Полтев

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор Ф.Г. Халитов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ivan.poltev322@gmail.com

**Аннотация.** На основе электростатической модели проведено исследование влияния полярности среды на электрооптические параметры соединений мышьяка  $AsCl_3$  и  $AsF_3$ . Показано, что при увеличении диэлектрической постоянной среды ( $\epsilon$ ) наблюдается прямая зависимость между относительными величинами частот валентных и деформационных колебаний и относительными величинами изменения дипольных моментов при колебательном возбуждении. Получена аналитическая зависимость.

**Ключевые слова:** диэлектрическая проницаемость, соединения мышьяка, ИК спектроскопия, частоты, дипольные моменты.

# ANALYSIS OF SOME SPECTRAL CHARACTERISTICS OF ARSIC COMPOUNDS

Ivan E. Poltev  
ivan.poltev322@gmail.com

**Abstract.** On the basis of an electrostatic model, the study of the influence of the polarity of the medium on the electro-optical parameters of arsenic compounds  $\text{AsCl}_3$  and  $\text{AsF}_3$  is carried out. It is shown that with an increase in the dielectric constant of the medium ( $\epsilon$ ), a direct relationship is observed between the relative values of the frequencies of stretching and bending vibrations and the relative values of the change in the dipole moments upon vibrational excitation. An analytical dependence is obtained.

**Keywords:** dielectric constant, arsenic compounds, IR spectroscopy, frequencies, dipole moments.

В теплоносителях энергетических установок и двигателей, являющихся реальными газами, существуют силы межмолекулярных взаимодействий. Информация об этих энергиях является необходимой для расчета различных теплофизических параметров и решения реальных уравнений состояния рабочих тел. Интерес к изучению молекулярных комплексов связан так же с тем, что межмолекулярные взаимодействия играют важную роль в понимании процессов растворения и адсорбции, эффектов самоорганизации молекул и образования супрамолекулярных систем с необычными физико-химическими свойствами, кинетики химических реакций. Также известно, что в термоэлектрогенераторах, с наиболее высоким коэффициентом прямого преобразования энергии тепла в электричество, используют широко известные полупроводниковые термоэлектрические материалы, содержащие элементы As, Sb, Bi [1]. Поэтому исследование эффектов, обусловленных внутри- и межмолекулярными взаимодействиями, а также поиск новых закономерностей между молекулярными параметрами соединений 15 группы Периодической системы представляет собой одну из актуальных задач современной молекулярной и технической физики.

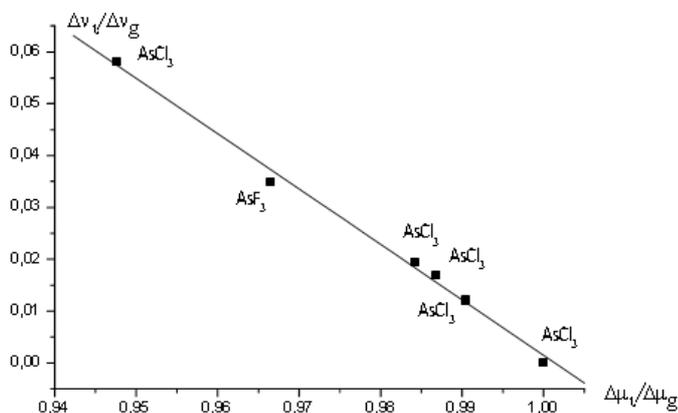
Инфракрасная спектроскопия является эффективным методом изучения строения вещества на молекулярном уровне, позволяя получать информацию о структуре и динамических и физико-химических свойствах молекулярных систем. Данные молекулярной спектроскопии позволяют определять энергии и продукты фотодиссоциации, обменов и рекомбинаций, энергии и сечения ионизации. В жидком и твердом состоянии, в отличие от газов, за счет силового поля среды, на спектр молекулы влияют межмолекулярные взаимодействия. Это приводит, к смещению частот в спектре [2].

В работе, на основе электростатической модели [3–5] проведено исследование зависимости между изменениями величин частот ( $\Delta\nu_i$  – разность частот в среде и газе) и дипольных моментов ( $\Delta\mu_i$ ) при варьировании диэлектрической проницаемости среды ( $\epsilon$ ) для молекул  $\text{AsCl}_3$  и  $\text{AsF}_3$ . В [3–5] получены соотношения между молекулярными параметрами, характеризующими энергию ( $\Delta\nu_i$ ) и интенсивность полос поглощения ( $\Delta\mu_i$ ) соответствующих колебаний. Например, для ряда ЭС<sub>3</sub> (Э = N, P, As, Sb):

$$\Delta\mu_i = -0,775 \cdot \exp[-(0,585 \cdot \Delta E)] \cdot (h\nu) . \quad (1)$$

Формула (1) получена для газовой фазы на основании анализа экспериментальных величин потенциалов ионизации, валентных углов и дипольных моментов. Экспериментальные данные частот для валентных ( $\nu_i$ ) и деформационных ( $\delta$ ) колебаний позволяют по (1) рассчитать изменения разности дипольных моментов ( $\Delta\mu_i$ ) в основном и возбужденном состояниях в средах различной диэлектрической проницаемости среды ( $\epsilon$ ). Полярность среды варьировалась от 1 (газ) до 26 (этанол). Из сопоставления относительных величин  $\Delta\nu_i/\nu_g$  и  $\Delta\mu_i/\Delta\mu_g$  (см. рисунок), характеризующих смещение частот валентных и деформационных колебаний относительно газовой фазы получим

$$\Delta\nu_i/\nu_g = 1,035 - 1,033 \cdot \Delta\mu_i/\Delta\mu_g \quad (r = 0,997; S = \pm 0,00168)$$



Зависимости величин относительных величин смещения частот  $\Delta\nu_i/\nu_g$  и изменения дипольных моментов  $\Delta\mu_i/\Delta\mu_g$

Согласно используемой модели, величины  $\Delta\mu_i$ , характеризующие смещение электронов при колебательном процессе, связаны с потенциалами ионизации, валентными углами и дипольными моментами. Поэтому полученные результаты можно использовать при оценке влияния полярности среды на геометрические и электронные характеристики молекул.

## Источники

1. Дмитриев А.В., Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // УФН. 2010. Т.180. № 8. С. 821–838.
2. Бахшиев Н.Г. Фотофизика диполь-дипольных взаимодействий: Процессы сольватации и комплексообразования. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2005. 500 с.
3. Khalitov K.F., Novikov V.F., Khalitov F.G. // Russian Journal of General Chemistry. 2016. Vol. 86. No. 10. P. 2288.
4. Халитов К.Ф. Метод оценки величин интенсивностей полос поглощения в ИК- спектрах молекул вида ЭХ<sub>3</sub> // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 9-10. С. 138-144.
5. Халитов К.Ф. Комплексный метод аналитического контроля материалов, созданных на основе элементов пятой группы периодической системы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.13. Казань, 2019.

УДК 66.045.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ОТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В МУЛЬТИВИХРЕВОМ АППАРАТЕ

Нурислам Фаритович Сахибгареев<sup>1</sup>, Алсу Рузилевна Галимова<sup>2</sup>

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. А.В. Дмитриев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>fanat.elvisa@gmail.com, <sup>2</sup>galimovaar00@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложена модель трубы Фильда с равномерными по окружности отверстиями на нижнем конце внутренней трубы для интенсификации теплоотдачи от текучей среды к внутренней стенке внешней трубы. Показано, что, благодаря внедрению равномерных отверстий в конструкцию, образуются вихревые структуры, которые сносят пограничный слой, тем самым увеличивая теплоотдачу от среды к стенке. Для сравнения коэффициента теплоотдачи была смоделирована аналогичная по геометрическим и физическим параметрам конструкция, отличие заключалось в наличии равномерного зазора, вместо конструкции с отверстиями. Получена зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости по воде и по воздуху в конструкции с отверстиями и с равномерным зазором.

**Ключевые слова:** теплообмен, теплоотдача, труба Фильда, вихревой поток, межтрубное пространство.

## STUDY OF HEAT TRANSFER FROM A CYLINDRICAL SURFACE IN A MULTI-VORTEX APPARATUS

Nurislam F. Sakhibgareev<sup>1</sup>, Alsu R. Galimova<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>fanat.elvisa@gmail.com, <sup>2</sup>galimovaar00@mail.ru

**Abstract.** The article proposes a model of a Field tube with circularly uniform holes at the lower end of the inner tube to enhance heat transfer from the fluid to the inner wall of the outer tube. It is shown that due to the introduction of uniform holes into the structure, vortex structures are formed, which carry away the boundary layer, thereby increasing the heat transfer from the medium to the wall. To compare the heat transfer coefficient, a structure similar in geometric and physical parameters was modeled, the difference was in the presence of a uniform gap, instead of a structure with holes. The dependence of the heat transfer coefficient on the speed of water and air in a structure with holes and with a uniform gap is obtained.

**Keywords:** heat exchange, heat transfer, Field's tube, vortex flow, annular space.

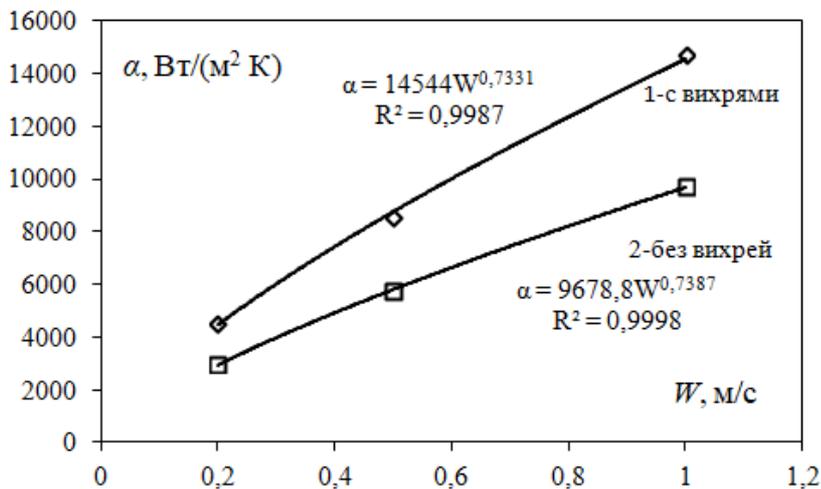
В настоящее время актуальной задачей является управление теплоотдачей [1, С. 99]. Это позволяет произвести интенсификацию в требуемых зонах теплообменных аппаратов на основе детальных исследований конвективного теплообмена [2, С. 65]. Наиболее простым и эффективным способом интенсификации является закрутка потока текучей среды в кольцевых каналах рекуперативных установок (труба Фильда) [3, С. 5]. Закрутка воздушного потока даёт существенную интенсификацию теплоотдачи. Однако коэффициент теплоотдачи уменьшается вследствие снижения интенсивности вращательного движения потока и образования у стенок гидродинамического пограничного слоя, толщина которого постепенно нарастает.

Целью данной работы является интенсификация теплоотдачи от текучей среды к внутренней стенке внешней трубы в трубе Фильда.

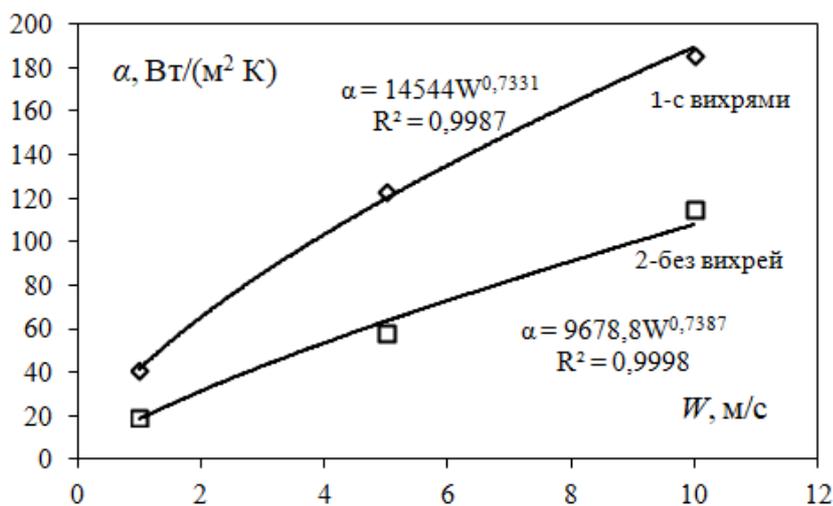
Для решения данной проблемы классическая конструкция трубы Фильда с равномерным зазором была изменена следующим образом: на нижнем конце внутренней трубы были проделаны равномерные по окружности отверстия.

Конструкция представляет собой кольцевой канал длиной 130 мм и круглый внешний канал длиной 102 мм, диаметр внешней трубы 100 мм, толщина внешней и внутренней трубы 2 мм, диаметр внутренней трубы 67 мм, высота щелей 16 мм, толщина дна 2 мм. Внизу внутренней трубы выполнено 8 щелей, равномерно расположенных по всей окружности диаметром 65 мм. Исследования производились с помощью численного моделирования [4, С. 108].

Для сравнения коэффициента теплоотдачи была смоделирована аналогичная по геометрическим и физическим параметрам конструкция, отличие заключалось в наличии равномерного зазора, вместо конструкции с отверстиями (рис. 1 и 2).



а



б

Зависимости  $\alpha/W$  в конструкции: а - по воде, б - по воздуху;  
1 - с вихрями, 2 - без вихрей

В результате численного моделирования было выявлено, что коэффициент теплоотдачи по воде в конструкции с отверстиями в среднем в 1,5 раза больше, чем в конструкции с равномерным зазором, а по воздуху коэффициент теплоотдачи оказался в 2 раза больше.

### Источники

1. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Гумерова Г.Х. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 2. С. 99-103.

2. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Шарипов И.И., Галимова А.Р. Экспериментальное исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2021. Том 7. № 2 (26). С. 60-74.

3. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 288 с

4. Дмитриева О.С., Лорай С.Ф., Зинуров В.Э., Зверева Э.Р., Шагеев М.Ф. Определение оптимальных зон ввода твердых присадок в воздухопровод котла // Известия вузов. Проблемы энергетика. 2017. Т. 19. № 9–10. С. 106-111.

УДК 004.942

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУБЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОШИБОК МЕТОДОМ ДИКСОНА**

Михаил Валерьевич Сидоров, Румина Радиковна Бадретдинова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Зацаринная

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

sidr7907@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрено применение критерия Диксона, который предназначен для нахождения грубых ошибок. Грубые ошибки могут исказить анализ полученной экспериментальной выборки данных. Они возникают, вследствие влияния на эксперимент непредвиденных факторов: возникшей вибрации установки, перепада напряжения и др. Критерий Диксона предполагает, что все результаты измерений подчиняются обычному закону распределения. Значения первых порядковых номеров принимаются, как истинные, т.е. проверки не подлежат. В докладе показано, что среди 170 проверенных параметров были обнаружено 7 грубых ошибок.

**Ключевые слова:** грубая ошибка, критерий Диксона, проверка эксперимента, отклонение, погрешность, критерия Диксона.

# DETERMINATION OF GROSS EXPERIMENTAL ERRORS BY THE DIXON METHOD

Mikhail V. Sidorov, Rumina R. Badretdinova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

sidr7907@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the application of the Dixon criterion, which is designed to find gross errors. Gross errors can distort the analysis of the obtained experimental data set. They arise due to the influence of unforeseen factors on the experiment: the arisen vibration of the installation, voltage drop, etc. Dixon's criterion assumes that all measurement results obey the usual distribution law. The values of the first sequence numbers are accepted as true, i.e. checks are not subject. The report shows that among 170 checked parameters, 7 blunders were found.

**Keywords:** грубая ошибка, критерий Диксона, проверка эксперимента, отклонение, погрешность, критерия Диксона.

В ряде случаев при проведении экспериментальных исследований возникают грубые ошибки, вследствие влияния на эксперимент непредвиденных факторов: возникшей вибрации установки, перепада напряжения и др [1-3]. Грубые ошибки могут исказить анализ полученной экспериментальной выборки данных. Поэтому, необходимо выявлять грубые ошибки. На данный момент разработано большое количество критериев для выявления грубых ошибок: Шарле, Габбса-Смиронова и др. Рассмотрим один из них – критерий Диксона.

Критерий Диксона предполагает, что все результаты измерений подчиняются обычному закону распределения. И все дальнейшие полученные значения располагаются в вариационный ряд по возрастанию значений, т.е. выполнялось условие (1).

$$n_1, n_2, n_3, \dots, n_m \quad (n_1 < n_2, \dots, < n_m) \quad (1)$$

На первом этапе вычисляется рассчитываемый критерий Диксона КД(p) по формуле (2):

$$\text{КД}(p) = \frac{n_k - n_{k-1}}{n_k - n_1} \quad (2)$$

где  $k = 4, 5, \dots, m$  – это порядковые номера параметров.

Следует отметить, что значения первых порядковых номеров принимаются, как истинные, т.е. проверки не подлежат.

Далее  $KD(p)$  сравнивается с критическим значением  $Z_q$  по таблице, в которой отображены значения при заданном уровне значимости.

Грубые ошибки вычислялись на примере данных из работ [4-5].

В докладе представлена экспериментальная выборка значений, состоящая из 170 параметров, определены 7 грубых ошибок.

### Источники

1. Соколов Д.С., Попукайло В.С. Особенности применения Q-критерия Диксона для обнаружения выбросов в экспериментальных данных // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. 2017. Т. 3. №. 3. С. 140-144.

2. Маркузе Ю. И. Обобщенный рекуррентный алгоритм уравнивания свободных и несвободных геодезических сетей с локализацией грубых ошибок // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. №. 1. С. 3-16.

3. Кокунин В. А. Статистическая обработка данных при малом числе опытов // Укр. биохим. журн. 1975. Т. 47. №. 6. С. 776-790.

4. Дмитриева О.С., Лорай С.Ф., Зинуров В.Э., Зверева Э.Р., Шагеев М.Ф. Определение оптимальных зон ввода твердых присадок в воздухоподогреватель котла // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 9–10. С. 106-111.

5. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Данг С.В. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе // Вестник КГЭУ. 2018. № 3 (39). С. 65-71.

УДК 662.76

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК

Руфина Рафаильевна Султанова<sup>1</sup>, Инна Сергеевна Токмачёва<sup>2</sup>

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О.С. Попкова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>rufinasultanova13@gmail.com, <sup>2</sup>itokmacheva@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрено повышение эффективности работы газотурбинных установок с помощью циклов с промежуточным охлаждением и регенерацией. Представлены процессы таких циклов газотурбинной установки (ГТУ), как введение воды на вход воздушного компрессора, регенеративный подогрев циклового воздуха теплом.

**Ключевые слова:** газотурбинная установка, регенеративный подогрев, выхлопные газы, коэффициент полезного действия.

# METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF GAS TURBINE PLANTS

Rufina R. Sultanova<sup>1</sup>, Inna S. Tokmacheva<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>rufinasultanova13@gmail.com, <sup>2</sup>itokmacheva@mail.ru

**Abstract.** An increase in the efficiency of operation of gas turbine plants using cycles with intermediate cooling and regeneration is considered. The processes of such cycles of a gas turbine plant (GTP), as the introduction of water at the inlet of an air compressor, regenerative heating of cyclic air with heat, are presented.

**Keywords:** gas turbine plant, regenerative heating, exhaust gases, efficiency.

В состав ГТУ входят три основных элемента: воздушный компрессор, камера сгорания и газовая турбина. В качестве рабочего тела используется неконденсирующийся газ, но чаще всего используются продукты сгорания. Компрессоры и турбины в ГТУ представляют собой машины, в которых передача механической энергии рабочему телу осуществляется во время взаимодействия потока газа с лопатками специальной формы, которые установлены на вращающемся роторе [1].

Важнейшим направлением повышения эффективности работы газотурбинных установок в эксплуатационный период является устранение загрязнений проточной части осевого компрессора. Решение ряда задач, направленных на повышение эффективности работы газотурбинных установок, требуют разработку новых конструкций ГТУ, развитие методов очистки осевых компрессоров [2].

Один из способов увеличения эффективности работы ГТУ – это введение воды на вход воздушного компрессора и пара в камеру сгорания. По ступеням сжатия через осевой канал вала ротора компрессора подается вода в воздушный компрессор. С помощью изменения количества конденсата водяных паров регулируется температура парогазовой смеси в контактном теплообменном аппарате камеры сгорания.

После работы данной смеси ее температуру снижают в парогенераторе–утилизаторе и подают в контактный конденсатор водяных паров, где происходит процесс охлаждения активной насадки специально подготовленной водой, подаваемой в тепловую сеть для восполнения потерь теплоносителя. Это позволяет повысить коэффициент полезного действия (КПД) ГТУ [3].

Кроме того, существует способ, включающий регенеративный подогрев циклового воздуха теплом с помощью уходящих газов турбины. В теории подразумевается, что воздух может быть нагрет до температуры выхлопных газов, но в этом случае регенеративный теплообменник должен иметь бесконечно большую поверхность теплообмена.

Недостатком этого способа являются металлоемкость регенератора, которая превышает общее количество расходуемого металла газовой турбины и компрессора, а также сложность изготовления [4].

Вдобавок к этому, за счет повышения температуры и степени сжатия рабочего тела на входе в газотурбинную установку достигается увеличение КПД газовых турбин, а также влияние оказывает переработка тепла выходящих газов в комбинированных ГТУ. В первом случае физико-химические характеристики конструкционных материалов являются ограничителями, а во втором – усложнение тепловой схемы и эксплуатации [5].

#### **Источники**

1. Жамалдинов Э.Р. Методы повышения эффективности работы газотурбинных установок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/41053> (дата обращения: 11.11.2021).

2. Гиршфельд В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергия 1973.

3. Полетавкин П.Г. Как улучшить технико-экономические показатели ГТУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/222/2229030.html> (дата обращения: 11.11.2021).

4. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

5. Седунин В.А. Исследование и разработка методов повышения эффективности работы ГТУ с регулируемым входным направляющим аппаратом: дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.12. Екатеринбург, 2011.

## ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАТОРОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Екатерина Владиславовна Федосеева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О.С. Попкова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
Fedoseevakatyia2002@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены различные виды классификации сыпучего материала. Описаны механические классификаторы, сито-изгибные грохоты, вибрационные встряхиватели, барабанные просеивающие машины, фильтры, рукавные аппараты и гидроциклоны. Также в некоторых случаях применяется мокрая классификация, которая предназначена для фракционирования частиц размером до 10 мкм. В докладе представлен принцип действия различных классификаторов.

**Ключевые слова:** классификатор, грохот, просеивающая машина, рукавные фильтры, гидроциклоны, фракционирование, классификация частиц.

## APPLICATION OF CLASSIFIERS FOR SEPARATION OF BULK MATERIAL IN INDUSTRY

Ekaterina V. Fedoseeva

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Fedoseevakatyia2002@yandex.ru

**Abstract.** The article discusses various types of classification of bulk materials. Mechanical classifiers, lattice screens, vibrating shakers, drum screening machines, filters, bag devices and hydrocyclones are described. Also, in some cases, wet classification is used, which is designed for fractionation of particles up to 10 microns in size. The report presents the principle of operation of various classifiers.

**Keywords:** classifier, screen, screening machine, bag filters, hydrocyclones, fractionation, particle classification.

Известно, что мелкодисперсные частицы размером менее 10 мкм применяются в изготовление различных продуктов [1]. Категория качества продукта зависит от степени помола. Из крупно измельчённого материала более 15 мкм, создаются шершавые поверхности, а мелкие частицы менее 5 мкм растворяются в суспензии и не могут быть использованы.

В нынешнее время для тонкого измельчения в мельницах меняют крутизну разделения пребывания в системе мельница/сосуд и повышают пропускную способность мельницы. Также применяются различные виды классификаторов [2–4]. Рассмотрим их классификацию.

Мельница-классификатор и шаровая мельница-гидроциклон используются для дробления большого количества породы до размера 30 мкм, и для отделения относительно малого количества руды, и для дальнейшей сепарации. Спиральные и речные классификаторы применяются от 100 до нескольких сотен мкм работают на основе гравитационных и центробежных сил. Сита и фильтры применяются для диапазона размеров частиц более 10 мкм.

Механические классификаторы обеспечивают более высокую концентрацию твердых частиц и меньшее количество улавливаемого мелкодисперсного порошка в негабаритных размерах, что повышает эффективность классификации. Системы состоят из гравитационного отстойника с параллельными сторонами и наклонным дном. Над нижней частью, речной или спиральный транспортирует осевшие крупнодисперсные частицы вверх по склону к отверстию для крупной фракции. Мелкодисперсные частицы стекают с водой через край отстойника.

Сито-изгибные грохоты представляют собой просеивающие устройства высокой производительности, которые применяют стационарные вогнутые, клиновые просеивающие поверхности. Преимущества этого способа включают низкие капитальные и эксплуатационные затраты, в то время как главные недостатки заключаются в необходимости постоянного потока сырья.

Вибрационные встряхиватели и барабанные просеивающие машины (бураты) прямоугольной или круглой конструкции широко применяются для разделения сухих частиц по размеру в минеральной и химической промышленности в диапазоне от 100 мкм (в особых случаях от 50 мкм) до нескольких мм. Они также используются для мокрого просеивания до граничных зерен 20–30 мкм. Ситовые полотна этой серии чувствительны к механическим воздействиям. Производительность значительно снижается при уменьшении размера ячеек и увеличении вязкости.

Фильтры и рукавные фильтры используются в химической промышленности в целом для защитной классификации, также известной как конечное фильтрование, для удаления небольшого количества более крупных частиц, таких как частицы геля или примеси из суспензий. Производительность сильно зависит от дисперсной вязкости, размера ячеек и количества грубого продукта.

Некоторые основы мокрой классификации в центробежной области. Для тонкой классификации в диапазоне менее 10 мкм вышеуказанные процессы, т.е. осаждение в гравитационном поле, просеивание/фильтрация и т.д., не подходят. Для данной задачи можно использовать только осаждение в центробежном поле.

Гидроциклоны в основном используются в обогащении полезных ископаемых в схемах мельница/классификатор для освобождающего измельчения руд, но также применяются в качестве аппаратов тонкой классификации в других отраслях, например, в химической промышленности [5].

В докладе представлен принцип действия различных классификаторов.

### **Источники**

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18-22.

5. Müller F. Wet classification in the fines range < 10 µm // Chemical engineering & technology. 2010. T. 33. №. 9. С. 1419-1426.

## ОСОБЕННОСТИ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ СЫПУЧЕГО МЕЛКОДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА

Диана Ильгизаровна Хамидуллина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О.С. Попкова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
diankaaa945@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены параметры, которые характеризуют эффективность классификации. Представлены сведения о «рыболовном крючке», наличие которого усложняет процесс классификаторов. Показано изображение трехмерной модели гидроциклона. Показано, что грубая эффективность и грубое кумулятивное распределение объема являются основными параметрами, от которых зависит частичная эффективность классификации. В докладе представлены сведения о главных параметрах при фракционировании частиц.

**Ключевые слова:** классификация, фракционирование, разделение сыпучего материала, мелкодисперсные частицы, сыпучий материал.

## FEATURES OF FRACTIONATION OF LOOSE FINE-DISPERSED MATERIAL

Diana I. Khamidullina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
diankaaa945@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the parameters that characterize the efficiency of the classification. The information about the "fish hook" is presented, the presence of which complicates the process of classifiers. An image of a three-dimensional model of a hydrocyclone is shown. It is shown that the rough efficiency and the rough cumulative volume distribution are the main parameters on which the partial efficiency of the classification depends. The report provides information on the main parameters in the fractionation of particles.

**Keywords:** classification, fractionation, separation of bulk material, fine particles, bulk material.

Порошковая отрасль в истории технологий на сегодняшний день является актуальной задачей. Данная отрасль напрямую связана с людьми. Принято считать размеры частиц в диапазоне от 0,01 до 1000 мкм. Порошковые технологии используются во многих сферах промышленности.

Существует два метода классификации: мокрая и сухая. Сухая, в свою очередь, может условно делиться на классификации рассева и аэродинамическую классификацию. Аэродинамическая классификация подразделяется на центробежную и гравитационную [1–3].

Очень часто в промышленности используют центробежный классификатор, рабочей средой которого является вода или газ. Чтобы оценить эффективность классификатора используют граничное зерно, точность разделения, а также эффективность частичной классификации [4-6].

Имея эти данные, составляются вычисления, после чего составляется график параметра точности разделения. В некоторых случаях график может выглядеть как рыболовный крючок. Данный феномен называется «эффект рыболовного крючка», который был обнаружен при фракционировании частиц в гидроциклоне (см. рисунок). Но данный эффект приводит к снижению точности классификатора, а иногда и вовсе невозможно рассчитать параметры производительности.



Трехмерная модель гидроциклона

Грубая эффективность и грубое кумулятивное распределение объема являются основными параметрами, от которых зависит частичная эффективность классификации. Из-за эффекта рыболовного крючка могут быть скрыты некоторые характеристики классификатора.

Как правило, центробежный классификатор состоит из следующих основных элементов: питатель, турбоклассификатор, сборный ящик, циклон, воздуховка. Турбоклассификатор – ключевой компонент, в котором используется лопасть рабочего колеса. Эти лопасти дают частицам порошка центробежную силу.

Коэффициент размера классификации используется для оценки уровня разделения между крупным и мелким порошком.

В докладе представлены сведения о главных параметрах при фракционировании частиц.

#### **Источники**

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // МАТЕС Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Соловьева О.В., Латыпов Д.Н. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 8. С. 33-37.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен В.Л. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник КГЭУ. 2018. 10. № 1(37). С. 74-81.

4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Поляков А.И. Эффективность входной ступени прямоугольных сепараторов // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 11. С. 66-69.

5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18-22.

6. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

## СЕКЦИЯ 7. Экологические проблемы водных биоресурсов

УДК 574.586

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФИТОНА В УСТАНОВКАХ С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ

Гульназ Данисовна Ибрагимова

Науч.рук. д-р биол. наук, зав. каф. М.Л. Калайда  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
Gulnaz.ibragimova777@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассмотрены методы исследования перифитона в установках замкнутого водоснабжения.

**Ключевые слова:** аквакультура, установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), биологический фильтр, перифитон.

### METHODS OF PERIPHYTON RESEARCH IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

Gulnaz D. Ibragimova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
Gulnaz.ibragimova777@gmail.com

**Abstract.** The paper considers methods of periphyton studies in closed water supply plants.

**Keywords:** closed water supply systems (RAS), biological filter, periphyton, forming organisms.

В современности актуально выращивание и разведение рыбы и гидробионтов в искусственно созданных условиях с высоким уровнем автоматизации процессов, а именно – в рыбоводных установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) [1]. Главным атрибутом УЗВ является биологический фильтр.

Биологический фильтр представляет собой резервуар с загрузкой, исполняющей роль субстрата для живых организмов. В биофильтре УЗВ вода, проходя через загрузочный материал, очищается от метаболитов рыб. При этом на загрузочном материале образуется группа прикрепленных к искусственному субстрату организмов-фильтраторов – перифитон [2].

М.Л. Калайда и другие авторы [2] отмечают, что изучение перифитона интересно и тем, что оно показывает усложнение водной экосистемы, организованного для разведения объектов аквакультуры в установках замкнутого водообеспечения на искусственных кормах. В этом случае рыбоводная система становится подобной природной экосистеме.

По мнению А.А. Протасова (2010), перифитон представляют собой сложную структуру, которая включает как прикрепленные, так и подвижные формы [4].

Исследование перифитона применяется для оценки качества вод [5]. Перифитон также незаменим при оценке состояния экосистемы. В состав перифитона входят представители трех групп: консументы (простейшие, колероватки, черви и иные); продуценты (водоросли) и организмы-редуценты (зооглейные, нитчатые, палочковидные, кокковидные и иные бактерии и грибы) [6].

Если в водоемах перифитон формируется на листьях растений, которые можно отобрать, как биоматериал с обрастателями, то при изучении перифитона биофильтра УЗВ возникает сложность с выбором метода сбора материала. Одним из особенно используемых искусственных субстратов являются предметные стекла, укрепление стёкол может осуществляться разными методами [7]. Глубина погружения искусственного субстрата зависит от прозрачности воды. Нижняя граница погружения искусственного субстрата для организмов-обрастателей является 1–1,5 прозрачности. Оптимальной глубиной погружения является 0,5 м от поверхности [6].

Основным плюсом использования предметного стекла как искусственного субстрата является то, что прикрепленный к ней перифитон можно легко изучить под микроскопом.

Также существует другие немаловажные преимущества использования искусственного субстрата при изучение перифитона:

- одинаковые по размеру;
- удобно и легко переносить в лабораторию;
- с ними удобно обращаться;
- легко установить точный возраст живого сообщества;
- легко организовать исследования и выполнить сравнения перифитона в различных УЗВ с различным составом гидробионтов.

### **Источники**

1. Луканин А.В. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studref.com/305036/ekologiya/protsessy\\_i\\_apparaty\\_biotehnologicheskoy\\_ochistki\\_stochnyh\\_vod](https://studref.com/305036/ekologiya/protsessy_i_apparaty_biotehnologicheskoy_ochistki_stochnyh_vod) (дата обращения: 11.11.2021).

2. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Бабилова В.В. Особенности видового состава биоценоза биофильтра на осетровом рыбноводном заводе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45654998> (дата обращения: 11.11.2021).

3. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д., Бабилова В.В. Элементы циркулярных технологий в аквакультуре // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. Т. 2. С. 76-89.

4. Гидробиологические методы рыбохозяйственных исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studbooks.net/1378110/agropromyshlennost/gidrobiologicheskie\\_metody\\_rybohozyaystvennyh\\_issledovaniy](https://studbooks.net/1378110/agropromyshlennost/gidrobiologicheskie_metody_rybohozyaystvennyh_issledovaniy) (дата обращения: 11.11.2021).

5. Калайда М.Л., Бабилова В.В. Исследование изменения биообрастаний в биофильтрах малых установок с замкнутым циклом водоснабжения // Матер. междуна. молод. науч. конф. конф. «Тинчуринские чтения–2021. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С.420-424.

6. Боголюбов А.С. Методика изучения перифитона и оценки сапробности водоемов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://karpolya.ru/uploads/fajly/25perifiton.pdf> (дата обращения: 11.11.2021).

7. Кутикова Л.А. Фауна аэротенков (Атлас). Л.: Наука, 1984. С. 264.

УДК 597.552.512

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (ONCORHYNCHUS MYKISS) В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Виктория Вячеславовна Ильина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент С.Д. Борисова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
[ilina-viktoriya@mail.ru](mailto:ilina-viktoriya@mail.ru)

**Аннотация.** Описаны особенности гидрохимического режима установок замкнутого цикла водоснабжения по выращиванию радужной форели. Исследования гидрохимического режима позволяют выявить влияние содержания химических веществ на рост и развитие молоди форели.

**Ключевые слова:** гидрохимический режим, радужная форель, концентрация, токсичность.

# FEATURES OF THE HYDROCHEMICAL REGIME OF CULTIVATION OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

Victoriia V. Ilina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ilina-viktoriya@mail.ru

**Abstract.** The features of the hydrochemical regime of recirculating aquaculture systems for growing rainbow trout are described. Studies of the hydrochemical regime make it possible to determine the effect of the content of chemicals on the growth and development of juvenile trout.

**Keywords:** hydrochemical regime, rainbow trout, concentration, toxicity.

Радужная форель как объект культивирования с давних пор пользуется большой популярностью. Привлекательна она высокой пищевой активностью, скоростью роста, широкой адаптационной способностью, и вкусовыми качествами. Радужная форель считается рыбой холодных и чистых водоемов, но может жить и при температуре воды от близкой к нулю до 25–28 °С, в щелочной высокоминерализованной и соленой воде [1]. Такая пластичность форели способствовала ее распространению по всему миру.

В ряде стран форелеводство достигло высокого развития. Например, в Норвегии форель является основным (наряду с семгой) объектом выращивания, в Дании почти все рыбохозяйственные ресурсы водоемов используются только под форелеводство, а обще годовое производство радужной форели на 800 форелеводческих предприятиях достигло еще к 80-м годам прошлого столетия 18 тыс. т. В Италии и Японии объем производства радужной форели удваивается каждые 5–6 лет [2].

В России форелеводство набирает обороты. В 2021 году в Республике Татарстан открылся завод по производству радужной форели на ООО «Биосфера Фиш». Завод построен по датским технологиям выращивания рыб в установках замкнутого водоснабжения. Планируемая мощность 2 млн. малька в год и 100 тонн товарной рыбы. Водосточник – артезианская вода, предварительно очищенная от различных примесей. Молодь получают от закупаемой оплодотворенной икры.

Условия водной среды формируются под воздействием следующих факторов: качество и состав воды, поступающей в систему, регулирование температурного, гидрохимического и кислородного режимов [3].

Артезианская вода, подаваемая в установку выращивания рыбы не должна содержать общего железа более 0,5 мг/л, жёсткость воды находится в пределах 2–8 мг-экв./л. При выращивании мальков наилучший результат достигается при температуре 10–14 °С. Содержание растворенного кислорода в воде составляет от 10–11 (на входе) до 7 (на выходе) мг/л. Ион аммония  $\text{NH}_4$  сам по себе не ядовит для рыб, организм рыбы выделяет свободный аммиак  $\text{NH}_3$  через жабры. На токсичность аммиака сильно влияет рН и температура. Предельно допустимой концентрацией нитритов считается 0,25 мг/л. Нитраты  $\text{NO}_3$  для рыбы нетоксичны и она может выдерживать до 1000 мг/л. Для форели нежелательно превышение концентрации нитратов 120 мг/л [4].

Гидрохимические анализы проводятся каждые два часа. В период наблюдений концентрация нитритов варьировала от 0 до 2 мг/л, нитратов – от 0 до 30 мг/л, общего аммиака – от 0 до 5 мг/л, температура в системе – от 10,4 до 14,2 °С, уровень рН – от 8,5 до 7,2, концентрация кислорода – от 9,2 до 10,7 мг/л.

Для первичного запуска биофильтра вместе с рыбой, необходимо было контролировать уровень аммиака во всей системе. Его концентрация должна быть в пределах допустимых значений. Степень воздействия общего аммиака зависит от уровня рН и температуры воды. Чем больше уровень рН и выше температура, тем меньше предельная концентрация общего аммиака. Так же содержание аммиака в установке замкнутого водообеспечения регулируется кормлением.

Уровень рН на начале запуска был 8,5, температура 12,5 °С, предельная концентрация общего аммиака при таких значениях 0,45 мг/л. Уровень общего аммиака в системе не должен опускаться ниже 0,5 мг/л до появления нитритов. В связи с тем, что система новая и бетонные бассейны подщелачивают воду, уровень рН регулировался соляной кислотой путем вливания капельным путем в систему перед биофильтром. Оптимальный уровень рН 7,2–7,6. Температура в системе поддерживалась около 13 °С. Максимальная концентрация общего аммиака была 5 мг/л, при рН 7,4, температуре 11,4 °С. Концентрация общего аммиака при таких показателях для форели не должна превышать 5,5 мг/л [5].

В условиях завода ООО «Биосфера Фиш», описанных выше, при запуске биофильтра нитриты появились через месяц после посадки рыбы в систему. Нейтрализация токсичности нитритов проводится с помощью увеличения ионов хлора и поддерживая их на уровне до 400 мг/л, посредством внесения поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ) на 1 м<sup>3</sup> 170 г на 1 мг/л нитритов.

Контроль всех вышеперечисленных показателей и своевременные технологические действия при их изменении позволяют поддерживать нормативные темпы роста радужной форели в установках замкнутого цикла водообеспечения.

### **Источники**

1. Богерук В.С., Антонова В.М., Топурия Г.М., Косилов В.И. Современное состояние и важнейшие задачи развития племенного рыбоводства в России. Екатеринбург: Издательский центр УрФУ, 2011. 257 с.
2. Голод В.М. Задачи и пути селекционной работы с радужной форелью в тепловодном рыбоводстве. М.: Изд-во ВНИРО, 2013. 155 с.
3. Актуальные вопросы сельскохозяйственных наук в современных условиях развития страны // Сб. науч. трудов по итогам междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 2015. № 2. С. 99-102.
4. Цуладзе В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели. М.: Агропромиздат, 1990. 156 с.
5. Проскуренко И.В. Замкнутые рыбоводные установки. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 152 с.

УДК 639.3

## **ОБЗОР ПАТЕНТОВ ПО ИСКУССТВЕННЫМ УКРЫТИЯМ ДЛЯ РЕЧНЫХ РАКОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ**

Фархад Азатович Исмагилов

Науч. рук. д-р биол. наук, зав. каф. М.Л. Калайда  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
f9033422551@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проведен анализ патентного поиска по искусственным конструкциям и субстратам для ракообразных. Использование разных форм и видов искусственных укрытий позволяет увеличить плотность посадки раков, а также увеличить процент выживаемости при совместном содержании разноразмерных особей.

**Ключевые слова:** патенты, ракообразные, конструкции, УЗВ, выращивание.

## ANALYSIS OF PATENT SEARCH BY FISH CUTTING METHODS

Farhad A. Ismagilov  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
f9033422551@yandex.ru

**Abstract.** The article analyzes the patent search for artificial structures and substrates for crustaceans. The use of different forms and types of artificial shelters makes it possible to increase the density of crayfish planting, as well as to increase the percentage of survival with the joint maintenance of different-sized individuals.

**Keywords:** patents, crustaceans, constructions, ICV, cultivation.

В аквакультуре успешное выращивание гидробионтов обеспечивается не только физико-химическими условиями водной среды и характеристиками емкостей, но и дополнительными условиями. Так, при выращивании речных раков, для которых характерны сложное поведение самцов и самок при спаривании и вынашивании молоди и каннибализм, эффективность сохранения особей может определяться формой и видом искусственных укрытий. В связи с этим, был проведен патентный поиск по базе данных информационно-поисковой системы «Роспатента» по теме: искусственные конструкции и субстраты для ракообразных. Интернет сайт носит ссылку [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

После проведенного патентного поиска по теме «искусственные конструкции и субстраты для ракообразных» глубиной поиска 5 лет были выявлены 7 патента по данной теме. Наиболее интересные патенты с позиций перспектив использования представлены в таблице.

Рогачёва В.Г., Долганова С.М., Медведева В.А. [1, 2] предлагают в условиях марикультуры создание установок, значительно увеличивающих физическую и продукционную емкость рыбоводных участков, позволяющих объектам-гидробионтам располагаться компактно с высокой плотностью в состоянии относительной свободы, не требующей вскармливания на протяжении всего времени их роста до момента добычи.

Курапов А.А., Колмыков Е.В., Зубанов С.А. [3] предложили использовать как место обитания и укрытия молоди всего возрастного ряда раков и взрослых особей с обеспечением их питания субстрат искусственного рифа.

Список охранных документов

| Индекс МПК                                                           | № охранных документов, заявка, патент | Дата опубликования | Страна выдачи патента | Название изобретения                                                       | Авторы                                                    |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| A01K 61/00 (2006.01)                                                 | 2018129396                            | 15.05.2019         | РФ                    | Установка донного выращивания объектов марикультуры в полувольных условиях | Рогачёв В.Г. (RU), Долганов С.М. (RU), Медведев В.А. (RU) |
| A01K 61/00 (2006.01)<br>A01K 61/59 (2017.01)<br>A01K 61/73 (2017.01) | 2019120799                            | 02.09.2019         | РФ                    | Искусственный биотоп как среда обитания раков                              | Курапов А.А. (RU), Колмыков Е.В. (RU), Зубанов С.А. (RU)  |
| A01K 61/00 (2006.01)                                                 | 2020108421                            | 24.08.2020         | РФ                    | Установка для культивирования трепангов                                    | Долганов С.М. (RU), Рогачёв В.Г. (RU), Медведев В.А. (RU) |
| A01K 61/00 (2006.01)                                                 | 2020114682                            | 28.08.2020         | РФ                    | Многоярусная конструкция для выращивания речного рака                      | Старцев А.В. (RU), Пономарева Е.Н. (RU), Журба Д.Г. (RU)  |

Патент «Многоярусная конструкция для выращивания речного рака» авторов Старцевой А.В., Пономаревой Е.Н., Журба Д.Г. относится к разделу аквакультуры – раководство [4]. При культивировании речного рака с помощью такой конструкции можно увеличить плотность его посадки в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ) за счет превращения объема установки в многослойную конструкцию с трубчатыми укрытиями.

Проведенный поиск и анализ конструкцию искусственных укрытий для раков при их выращивании в аквакультурных выявил, что:

- конструкции искусственных укрытий различны по форме: от трубчатых, уложенных рядами, до имитации искусственного рифа;
- конструкции могут быть одиночными или сложными, многоярусными;
- размерные характеристики укрытий определяются возрастом выращиваемых объектов.

Разработка новой конструкции укрытия для раков в УЗВ должна учитывать имеющиеся патентные данные, особенности поведения раков и соответствовать характеристикам малой УЗВ.

### **Источники**

1. Установка донного выращивания объектов марикультуры в полувольных условиях: пат. 2687595 Рос. Федерация № 2018129396; заявл. 10.08.2018; опубл. 15.05.2019, Бюл. № 14.

2. Установка для культивирования трепангов: пат. 2730611 Рос. Федерация № 2020108421; заявл. 26.02.2020; опубл. 24.08.2020, Бюл. № 24.

3. Искусственные биотоп как среда обитания раков: пат. 192040 Рос. Федерация № 2019120799; заявл. 04.07.2019; опубл. 02.09.2019, Бюл. № 25.

4. Многоярусная конструкция для выращивания речного рака: пат. 199367 Рос. Федерация № 2020114682; заявл. 24.04.2020; опубл. 28.08.2020, Бюл. № 25.

УДК 597.2/5

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОРМОВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И РЫБОВОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS)**

Андрей Андреевич Калайда

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор И.В. Бурлаченко

ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва

Charict131@gmail.com

**Аннотация.** Клариевый сом – один из перспективных объектов современной аквакультуры. Изучение зависимости рыбоводных и морфологических характеристик, благополучия рыб от состава и характеристик кормов, применяемых при выращивании, значимо, как для товарного выращивания рыбы, так и для ихтиологических исследований.

**Ключевые слова:** клариевый сом, аквакультура, корм, морфометрические показатели.

# INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF FEED ON MORPHOMETRIC AND FISHING INDICATORS OF AFRICAN CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS)

Andrei A. Kalaida  
VNIRO, Moscow  
Charict131@gmail.com

**Abstract.** Clarium catfish is one of the most promising objects of modern aquaculture. The study of the dependence of fish-breeding and morphological characteristics, well-being of fish on the composition and characteristics of feed used in cultivation, is significant both for commercial fish farming and for ichthyological research.

**Keywords:** clary catfish, aquaculture, feed, morphometric indicators.

Африканский клариевый сом имеет ряд биологических особенностей, которые обуславливают его значительный потенциал как объекта аквакультуры для товарного выращивания [1]. По данным доклада ФАО [2] о состоянии рыболовства и аквакультуры за 2020 (см. в таблице), относительные темпы роста производства клариевого сома за последние 10 лет остаются на очень высоком уровне, и потенциал производства данного объекта остается крайне высоким.

Изменение объемов продукции ряда объектов аквакультуры по данным доклада ФАО за 2020 г. [2]

| Объекты аквакультуры                              | Объем продукции, тыс.т. в год |        | Относительный прирост продукции за 2010-2018 гг, % | Доля в общемировой продукции аквакультуры |      |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|
|                                                   | 2010                          | 2018   |                                                    | 2010                                      | 2018 |
| Нильская тиляпия ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) | 2657,7                        | 4525,4 | 170                                                | 7                                         | 8,3  |
| Атлантический лосось ( <i>Salmo salar</i> )       | 1437,1                        | 2435,9 | 169                                                | 3,8                                       | 4,5  |
| Клариевый сом ( <i>Clarias gariepinus</i> )       | 343,3                         | 1245,3 | 363                                                | 0,9                                       | 2,3  |

Наиболее перспективным и динамично развивающимся вариантом культивирования клариевого сома для России является товарное выращивание в малых и средних хозяйствах на базе установок с замкнутым водооборотом (УЗВ).

Несмотря на значительную толерантность клариевого сома к некоторым факторам среды выращивания, таким как кислородный режим и содержание азотистых соединений выращивание сома в условиях УЗВ обнаруживает ряд требований к условиям содержания и биотехнологии культивирования, которые не характерны для традиционных в России объектов аквакультуры. Среди этих требований – высокая температура среды обитания, минимизация сортировок и вторжений в групповую иерархию. Реализация потенциала высоких темпов роста и достижение плотностей посадки до  $400 \text{ кг/м}^3$  при товарном выращивании, возможных в условиях УЗВ, требует очень высокого качества кормов по целому ряду параметров. Этот вопрос обостряется тем фактом, что процессы, оказывающие негативное воздействие на благополучие объектов аквакультуры, в условиях, требуемых для содержания клариевого сома, за счет высокой температуры протекают очень быстро и представляют большую угрозу из-за высоких плотностей посадки. Отдельно отмечу важность качества кормов при выращивании молоди [3] и их возможное влияние на распространение каннибализма, который является значительной проблемой при получении рыбопосадочного материала.

Использование кормов, ориентированных на более традиционные виды аквакультуры [4] показало, что корма с высоким содержанием протеина (40–45 %, корма для лососевых) позволяют добиться повышения темпов роста (в 1,9–3,0 раза), при одновременном снижении кормового коэффициента (в 1,4–2,3 раза) в сравнении с низкопротеиновыми (23–34 %, корма для карповых) кормами. Кроме того, высокое содержание протеина приводит к большим показателям индексов высоты, толщины и обхвата тела, но приводит к повышению доли жировых отложений в массе тела.

В Российской Федерации был проведен ряд исследований по эффективности различных кормовых добавок и составов комбикормов при выращивании африканского клариевого сома [5]. В то же время, технология изготовления кормов, условия культивирования, такие как параметры воды, плотность посадки и т.д. не всегда отражали условия в промышленных установках при товарном выращивании. Кроме того, важным аспектом при короткоцикловом выращивании африканского клариевого сома является постоянная необходимость в рыбопосадочном материале. Поэтому особую важность приобретают вопросы стабильного производства рыбопосадочного материала. Для решения этой задачи важны не только аспекты искусственного воспроизводства сома, но и методы повышения выживаемости, темпов роста и благополучия молоди.

## Источники

1. Skelton Paul H. A Complete Guide to the Freshwater Fishes of Southern Africa / Paul H. Skelton, Steven M. Norris – Southern Book Pub of South Africa. 1st edition. 1993. 390p.

2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/ca9229ru>.

3. Шевченко Д.Г., Приз В.В., Воробьева Г.И. Сравнительная эффективность кормовых белковых продуктов при использовании их в стартовых кормах для африканского сома (*Clarias gariepinus*) // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: матер. 2-ой науч. школы-конф. с участием стран СНГ. 2007. С. 173-174.

4. Фаттолахи М. Весовой и линейный рост африканского сома (*Clarias gariepinus* Burchell) в зависимости от факторов среды и качества корма: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04. М., 2006. 23 с.

5. Приз В.В. Испытание препарата «Колламин-80» в качестве добавки в корма для личинок африканского сома (*Clarias gariepinus*) // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Матер. 2-ой науч. школы-конф. с участием стран СНГ. 2007. С.119-120.

УДК 574.5

## ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЕРИФИТОНА БИОФИЛЬТРА НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ

Марина Львовна Калайда, Валерия Владимировна Бабикина<sup>1</sup>

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

<sup>2</sup>lera.babikova.1995@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены структура и соотношение групп в перифитоне биофильтра малой рыбоводной установки с замкнутым циклом водоснабжения на разных глубинах; Определены количественные показатели перифитона рыбоводной установки замкнутого водоснабжения.

**Ключевые слова:** установка замкнутого водоснабжения, биофильтр, перифитон.

## FEATURES OF SPECIES COMPOSITION OF BIOFILTER PERIPHYTON AT DIFFERENT DEPTHS

Marina L. Kalayda, Valeria V. Babikova<sup>1</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>lera.babikova.1995@mail.ru

**Abstract.** This article examines the structure and ratio of groups in the periphyton of the biofilter of a small fish-breeding plant with a closed water supply cycle at different depths; The quantitative indicators of the periphyton of a fish-breeding plant with a closed water supply have been determined.

**Keywords:** closed water supply installation, biofilter, periphyton.

Сокращение уловов в мировом океане приводит к быстрому развитию аквакультуры. Наиболее эффективным на современном этапе выращивание рыбы и других видов гидробионтов является установка замкнутого цикла водоснабжения (УЗВ).

В работе рециркуляционной системы (УЗВ) не только вода выступает в качестве многократно используемого ресурса, но и метаболиты рыб, которые в биофилтре служат основой формирования перифитона – консументов разного порядка. Рыбоводная система с элементами циркулярных технологий, становится подобной по структуре природной экосистеме [1].

С этих позиций изучение перифитона биофилтра рыбоводной установки на базе кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «КГЭУ» представляет значительный интерес.

Материалом для данного исследования послужили пробы перифитона, отобранные из биофилтра УЗВ с осетровыми видами рыб.

Для исследования перифитона в биофилтре УЗВ использовали пластины для обрастаний, которые при помощи тросика опускались в биофилтр на разные глубины: 30, 60 и 90 см, пробы просматривались через неделю. Весь дальнейший анализ осуществлялся путем микрокопирования под покровным стеклом. Гидробионты определялись живыми по таблицам и рисункам по [2, 4, 5].

Проведенное исследование выявило в перифитоне биофилтра 25 видов и форм организмов, относящихся к следующим систематическим группам: растительные жгутиконосцы – 2 вида (8 % от общего числа видов); животные жгутиконосцы – 1 вид (4 %); амебы– 1 вид (4 %); раковинные корненожки – 3 вида (12 %); инфузории – 7 видов (28 %); коловратки – 5 видов (20 %); олигохеты – 3 вида (12 %); брюхоресничные, круглые черви и водные клещи по 1 виду (4; 4 и 4 %, соответственно).

Анализ видового состава перифитона биофильтра показал большое разнообразие фауны, где по числу видов преобладают инфузории, которые, в свою очередь, говорят о низкой нагрузке на биофильтр и высоком качестве очистки воды [2].

В таблице представлено соотношение групп гидробионтов в составе перифитона с экспериментальных пластин на разных глубинах в биофильтре УЗВ с осетровыми видами рыб.

Представленность групп гидробионтов в биофильтре установки с замкнутым циклом водоснабжения

| Группы гидробионтов       | УЗВ с осетровыми рыбами    |           |           |
|---------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
|                           | Пластины на разной глубине |           |           |
|                           | 1(30 см)                   | 2 (60 см) | 3 (90 см) |
| Растительные жгутиконосцы | 2                          | –         | –         |
| Животные жгутиконосцы     | 1                          | –         | –         |
| Голые амебы               | 1                          | –         | –         |
| Раковинные корненожки     | 1                          | 3         | 1         |
| Инфузории                 | 4                          | 3         | 2         |
| Коловратки                | 2                          | 1         | 3         |
| Олигохеты                 | –                          | 3         | 2         |
| Круглые черви             | –                          | 1         | 1         |
| Брюхоресничные черви      | –                          | –         | 1         |
| Водяные клещи             | –                          | 1         | 1         |
| Всего                     | 11                         | 12        | 11        |

Анализ видового состава перифитона биофильтра на разных глубинах показал, что в верхнем (30 см) и нижнем (90 см) слоях было встречено 11 видов (44 % от общего числа видов); в среднем (60 см) – 12 видов (48 %). В верхнем слое биофильтра преобладают бесцветные жгутиконосцы, саркодовые. В нижнем горизонте биофильтра бесцветные жгутиконосцы и голые амебы полностью исчезают, на смену им приходят организмы II и III трофических уровней, т.е. коловратки, брюхоресничные, круглые и малощетинковые черви, водяные клещи [3].

Таким образом, анализ результатов обследования пластин выявил, что состав биоценоза видоизменяется в зависимости от горизонта биофильтра, что свойственно природной экосистеме.

### Источники

1. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д., Бабилова В.В. Товарная аквакультура и искусственное воспроизводство гидробионтов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. С. 76–89.

2. Кутикова Л.А. Фауна аэротенков (Атлас). Л.: Наука, 1984. С. 264

3. Жмур Н.С., Очирова М.Н. Рекомендации по проведению технологического и гидробиологического контроля на биологических фильтрах. М.: Мин-во мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1987.

4. Липеровская Е.С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод. Итоги науки и техники ВИНТИ. М., 1976. Т. 4. С. 169–217.

5. Мажейкайте С.И. Ресничные инфузории. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 46–98.

УДК 639 371/374

## ОСОБЕННОСТИ ВЕСОВОГО И ЛИНЕЙНОГО РОСТА НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ В СИСТЕМЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Марина Львовна Калайда<sup>1</sup>, Александра Юрьевна Петрова<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>kalayda4@mail.ru, <sup>2</sup>sashapetrova-1996@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены особенности весового и линейного роста нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) в системе замкнутого водоснабжения. В работе приведено сравнение литературных данных с данными полученными в ходе исследований на кафедре ВБА.

**Ключевые слова:** нильская тилапия (*Oreochromis niloticus*), линейный и весовой рост нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), установка замкнутого цикла водоснабжения.

## FEATURES OF WEIGHT AND LINEAR GROWTH OF THE NILE TILAPIA IN A CLOSED WATER SUPPLY SYSTEM

Marina L. Kalaida<sup>1</sup>, Alexandra Y. Petrova<sup>2</sup>  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>kalayda4@mail.ru, <sup>2</sup>sashapetrova-1996@mail.ru

**Abstract.** The features of the weight and linear growth of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a closed water supply system are considered. The paper presents a comparison of the literature data with the data obtained in the course of research at the VBA department.

**Keywords:** Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), linear and weight growth of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), installation of a closed water supply cycle.

Тилапии (лат. *Tilapia*) – рыбы широко используемые в аквакультуре по всему миру. К основным промысловым видам относятся: нильская тилапия (*Oreochromis niloticus*), голубая тилапия (*Oreochromis aureus*), мозамбикская тилапия (*Oreochromis mossambicus*) [1].

Нильская тиляпия (*Oreochromis niloticus*) считается одним из наиболее ценных и значимых объектов рыбоводства. Отличается от других видов крупными размерами (максимальная длина тела – 60 см, максимальный вес – 4,3 кг), высокой гибкостью по отношению к факторам внешней среды, а исходя из этого, неприхотливыми условиями выращивания, высокой скоростью роста (среднесуточный прирост 3 г) и выживаемостью (80–98 %) [2].

В 2021 году в ФГБОУ ВО «КГЭУ» на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» были произведены исследования по линейному и весовому росту нильской тиляпии (*Oreochromis niloticus*).

Средние значения линейного и весового роста в ходе исследований с 30.12.2020 г. (возраст – 0,5 мес.) по 31.08.2021 г. (возраст – 9 мес.) отражены на рис. 1, 2. Исследования показали, что весовой и линейный рост тиляпии в эксперименте, проведённом на кафедре ВБА, был лучше, чем в [3] и сопоставим с данными по [4, 5].

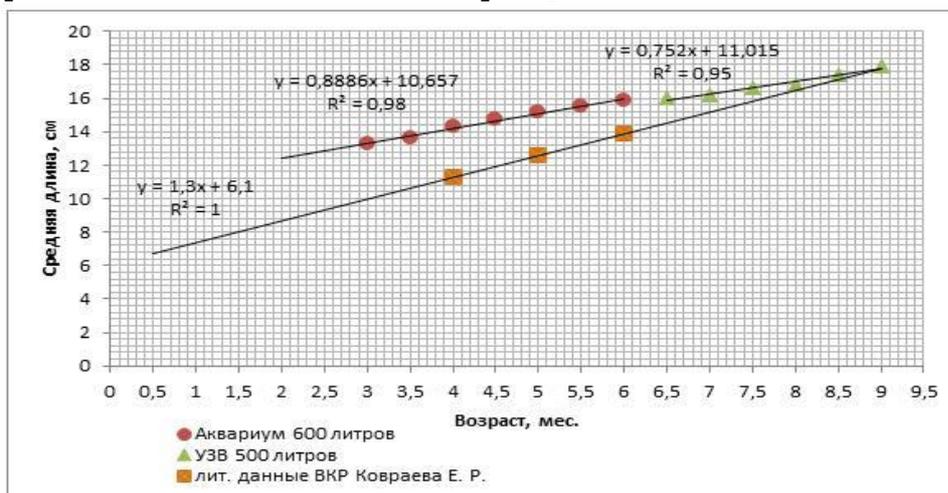


Рис. 1. Средние значения линейного роста на протяжении всего периода исследования

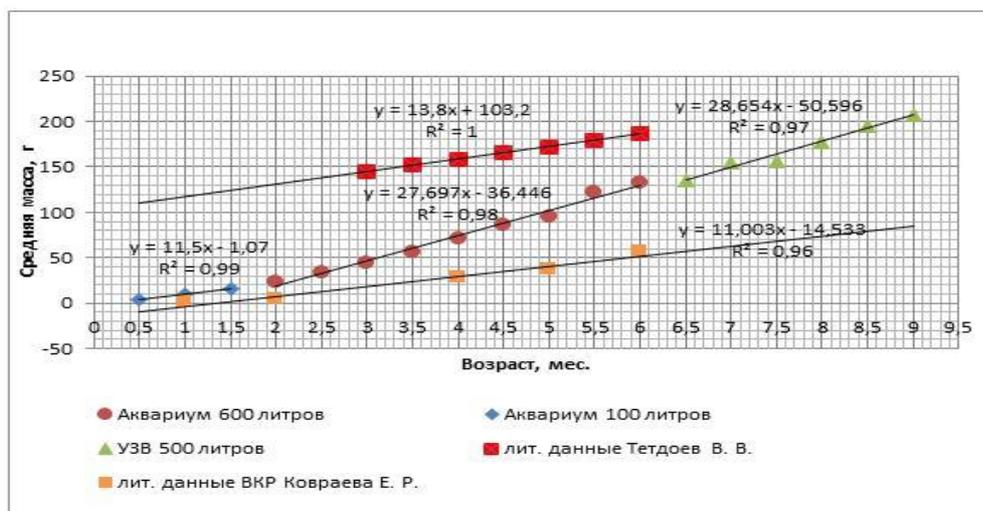


Рис. 2. Средние значения весового роста на протяжении всего периода исследования

Таким образом, можно сделать вывод, что линейный и весовой рост рыб в установках замкнутого цикла водоснабжения зависит от большого количества факторов выращивания. Например: от качества и количества задаваемых кормов, от плотности посадки, от объема бассейнов.

### Источники

1. Плиева Т.Х., Новикова Н.Н., Лаврентьева Н.М., Тетдоев В.В. Перспективы использования тилапии в рыбоводных хозяйствах России // Аналит. и реферат, информация. Вып. 1. М.: ВНИЭРХ, 2003. С. 14–21.
2. Боронецкая О.И., Тетдоев В.В. Рыбоводная и морфофизиологическая характеристика нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) // Вестн. РУДН. 2008. С. 12–16.
3. Ковраева Е.Р. Выпускная квалификационная работа. Особенности искусственного воспроизводства нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*) в условиях УЗВ ООО НПО «Альгобиотехнология» (Воронежская область) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.algobiotechnologia.com/uploads/files/diplom.pdf>
4. Тетдоев В.В., Плиева Т.Х., Лаврентьева Н.М., Михалёва Т.А. Выращивание тилапии на рыбоводном предприятии с замкнутым циклом водоснабжения // ФГБОУ ВПО «РГАЗУ». 2013. №1. С. 56-59.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. Л.: Рыб из-во ЛГУ, 1956. 245 с.

УДК 627.834

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЫБОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ФИЛИАЛА АО «ТАТЭНЕРГО» - ЗАИНСКАЯ ГРЭС

Марина Львовна Калайда<sup>1</sup>, Айнур Расихович Саетов<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>kalayda4@mail.ru, <sup>2</sup>saetov67@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены рыбозащитные устройства (РЗУ), установленные на водозаборные сооружения береговой насосной станции (далее – БНС) № 1 филиала АО «Татэнерго» - Заинская ГРЭС. Показано, что средняя суммарная эффективность РЗУ, работающих по типу «Водовоздушной завесы», установленных на Заинской ГРЭС, составила 80,00 %, что на 14,29 % выше нормативной эффективности предотвращения попадания рыб и иных водных биологических ресурсов в водозаборы. При этом замечено, что водовоздушные рыбозащитные устройства, помимо своей основной функции защиты рыб от попадания в работающее оборудование, выполняют дополнительные, порой не менее важные, экологические задачи.

**Ключевые слова:** аэрация, биоресурсы, водоем, водозабор, рыбозащитное устройство, методы контроля, экология, эффективность.

## ECOLOGICAL COMPONENT OF OPERATION FISH PROTECTION DEVICES OF THE BRANCH OF JSC TATENERGO - ZAINSKAYA GRES

Marina L. Kalaida<sup>1</sup>, Ainur R. Saetov<sup>2</sup>

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>kalayda4@mail.ru, <sup>2</sup>saetov67@mail.ru

**Abstract.** The article discusses fish protection devices (FPD) installed on the water intake structures of the coastal pumping station (hereinafter – CPS) No. 1 of the branch of JSC Tatenergo - Zainskaya GRES. It is shown that the average total efficiency of the FPD operating according to the type of "Water-air curtain" installed at the Zainskaya GRES was 80.00 %, which is 14.29 % higher than the regulatory efficiency of preventing fish and other aquatic biological resources from entering water intakes. At the same time, it is noted that water-air fish protection devices, in addition to their main function of protecting fish from getting into working equipment, perform additional, sometimes no less important, environmental tasks.

**Keywords:** aeration, bioresources, reservoir, water intake, fish protection device, control methods, ecology, efficiency.

Водообеспечение тепловых электростанций – необходимость, поэтому большинство из них либо расположены на берегу водоемов, либо на искусственных водохранилищах-охладителях [1]. Для забора воды из них устраиваются водозаборные сооружения [1, 2], представляющие собой комплекс гидротехнического оборудования и являющиеся отправной точкой в системе водоснабжения [1, 3]. Водозаборное сооружение должно не только надежно подавать воду, но и функционировать как средство рыбозащиты [4].

В рамках реализации инвестиционного проекта с высоким природоохранным потенциалом на водозаборные сооружения береговых насосных станций филиала ОАО «Татэнерго» Заинская ГРЭС в 2015–2018 гг. были смонтированы РЗУ типа «Водовоздушная завеса» [3, 5]. Особенность данного типа РЗУ основано на избегании рыбами восходящих водо-воздушных потоков, издающих низкочастотные колебания [6, 7].

Средняя суммарная эффективность всех РЗУ типа «Водовоздушная завеса», установленных на Заинской ГРЭС, по оценке специалистов Татарского отделения ФГБНУ «ВНИРО» составила 80,00 %, что на 14,29 % выше нормативной эффективности предотвращения попадания рыб в водозаборы [8]. Был обнаружен положительный эффект от установки рыбозащитных устройств не только в ее прямом назначении в виде снижения попадания рыб в водозаборные сооружения, но и, на первый взгляд, неожиданный, однако научно объяснимый факт значительного улучшения экологической ситуации, сложившейся в пруде-охладителе.

Наибольшим экологическим воздействием обладает водовоздушное аэрирование, приводящее к улучшению качества воды в водоемах. Аэрация, возникающая при работе РЗУ типа «Водовоздушная завеса», восстанавливает кислородный баланс прудов-охладителей и улучшает их общее экологическое состояние. Кислород, растворенный в воде, активно поглощается различными водными организмами, в том числе рыбой. Непрерывное поступление кислорода от аэрационных устройств обеспечивает интенсивное биохимическое окисление органических веществ.

Отмечено, что происходит активное изменение химического состава воды за счет ускорения происходящих химических реакций. Обнаружено положительное влияние рыбозащитных аэрационных процессов на улучшение химического состава воды. За счёт водовоздушных потоков, восходящих с донных участков, расположенных на глубинах 4-5 метров, происходит активное механическое перемешивание водных масс и горизонтальный водообмен, благодаря чему от водозабора потоком воды относит взвешенный и плавающий мусор.

РЗУ на основе водовоздушной завесы являются объектом нашего исследования в рамках кандидатской диссертации «Совершенствование системы контроля состояния рыбозащитного устройства (РЗУ) водозаборного сооружения для повышения эффективности работы конденсационной станции (КЭС)», в которой мы планируем предложить альтернативный метод контроля эффективности работы РЗУ для повышения сохранности рыб и иных водных биоресурсов.

### **Источники**

1. Калайда М.Л., Муганцева Т.П. Повышение эффективности работы системы технического водоснабжения ТЭС // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. № 7-8. С. 128.

2. Мотинов А.М., Колесникова Т.В. Рыбопропускные сооружения и рыбозащитные устройства Гидротехнические сооружения / под общ. ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. С. 543.

3. Малеванчик Б.С., Никоноров И.В. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. С. 256.

4. Кузьмин Ю.И. Методические рекомендации по Проектированию рыбозащитных устройств водозаборных сооружений. Л.: ГосНИОРХ. 1972. С. 57.

5. Булгаков А.Б., Романцов В.П., Банцевич З.Л. Воздушно-пузырьковые рыбозащитные устройства (РЗУ) с применением гидравлических кавитационных аппаратов (ГКА) // Известия Академии промышленной экологии. 2000. № 43. С. 60.

6. Стуране Р.Я., Юдин В.К. Конструкции рыбозащитных устройств фильтрующего типа с воздушной продувкой. Экспресс информация. Мелиоративное и водное хозяйство. Вып. 11. М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР. 1988. С. 2–6.

7. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства. М., 2000. С. 405.

8. Эрслер А.А., Шерамет Н.Г. Экспресс-методика по определению функциональной эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах. М.: ЦУРЭН. МИК, 2002. С. 42.

УДК 628.1

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, СВЯЗАННЫЕ С РАБОТОЙ ТЭС, И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Юлия Айдаровна Мустахитдинова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ymustakhitdinova@mail.ru

**Аннотация.** Топливо-энергетический комплекс России остается главным загрязнителем окружающей среды, а в особенности гидросферы. Конечно же общество не может отказаться от использования электроэнергии, но для предотвращения трагических последствий биосферы нужно приложить максимум усилий по уменьшению негативных явлений. В данной статье рассматривается взаимосвязь теплоэнергетики и водного хозяйства, а также анализируются возможные пути решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, ТЭС, водные биоресурсы, загрязнение, теплотехника, нефтепродукты, сточные воды.

# PROBLEMS OF AQUATIC BIORESOURCES RELATED TO THE WORK OF THERMAL POWER PLANTS AND WAYS TO SOLVE THEM

Yulia A. Mustakhitdinova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ymustakhitdinova@mail.ru

**Abstract.** Russia's fuel and energy complex remains the main polluter of the environment, especially the hydrosphere. Of course, society cannot refuse to use electricity, but to prevent the tragic consequences of the biosphere, it is necessary to make every effort to reduce the negative phenomena. This article examines the relationship between the heat and water sectors and analyzes possible ways of solving this problem.

**Keywords:** power, cogeneration plants, aquatic bioresources, pollution, heat engineering, petroleum products, wastewater.

Эксплуатация тепловых электрических станций (ТЭС) связана с использованием большого количества воды, которая используется для получения пара, для конденсации отработавшего пара, для охлаждения движущихся механизмов и др. Одной из главных проблем ТЭС являются сточные воды, являющиеся источником химического загрязнения: стоки водоподготовки, гидрозолоудаление в случае использования твердого топлива, отработавшие растворы после химических промывок теплосилового оборудования или его консервации, стоки, загрязненные нефтью и т.д. При конденсации пара имеет место тепловое загрязнение водоемов. Тепловые выбросы приводят к зарастанию водоемов водорослями и нарушению кислородного баланса, что в свою очередь может нарушить баланс их флоры и фауны.

Сточные воды очень опасны для водоемов (происходит нарушение газообмена, гибель многих водных обитателей, распространение различных заболеваний) и зачастую классические методы очищения стоков, такие как химические, биологические, механические, биохимические методы не всегда обеспечивают должную очистку. Именно поэтому так важен переход к бессточному режиму водопользования, который заключается в повторном использовании сточных вод, очищенных до конкретных норм, в новом технологическом цикле ТЭС, что позволяет отказаться от забора новой свежей воды и обеспечить большую экономию водных природных ресурсов.

Одним из самых первых предприятий, которое разработало и реализовало идею бессточной системы водопользования стало ООО «ЕвроХИМ - БМУ». Если раньше производственные стоки сбрасывались в водоёмы, то с 2012 г. они собираются в гидроизолированных чашах аккумулирующей емкости и в объеме до 4000 м<sup>3</sup> в сутки возвращаются в производственный процесс. То есть, химический завод «ЕвроХИМ – БМУ» полностью прекратило загрязнение водных ресурсов. В последнее время все больше и больше предприятий стремится к использованию данной системы водоснабжения.

Еще одним важным способом решения данных экологических проблем являются следующие методы: применение новых усовершенствованных систем водоподготовки (мембранные технологии, электродиализ, термический метод), топливных элементов и использование альтернативных источников энергии.

Минэнерго России разработало программу модернизации тепловых электростанций. Правительство Российской Федерации одобрило проект, рассчитанный на период 2022–2031 гг.

### **Источники**

1. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). М.: Высшая школа, 2011. С. 178.
2. Кормилицын В.И., Цицкшвили М.С., Яламов Ю.И. Основы экологии. М.: Интерстиль, 1997. 152 с.
3. Хван Т.А. Промышленная экология. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 29 с.
4. Щеглов А.Г. Стратегия обновления и развития тепловых электростанций на территории России. М.: Стройиздат, 2007. 187 с
5. Зверева Э.Р., Плотникова В.П., Бурганова Ф.И., Зверев Л.О., Латыпова Д.М. Извлечение ценных компонентов из золошлаковых отходов тепловых электрических станций // Вестник КГЭУ. 2020. Т.12. №2(46). С. 3-12.

## **КОРМА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМЛЕНИЯ ГИБРИДА РУССКОГО И ЛЕНСКОГО ОСЕТРА В САДКОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ В РАЙОНЕ СЕЛА АБДИ**

Дмитрий Вячеславович Пенкин, Мадина Фархадовна Хамитова<sup>1</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия  
<sup>1</sup>it-sk@bk.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты выращивания и кормления гибрида русского и ленского осетра в садковом хозяйстве на пруду села Абди (р. Нысе) в Тюлячинском районе РТ по материалам 2021 г.

**Ключевые слова:** садковое рыбоводство, гибриды осетровых рыб, кормление рыбы, кормовой коэффициент.

## **FEED AND FEEDING EFFICIENCY OF THE RUSSIAN AND SIBERIAN STURGEON HYBRID IN THE CAGE FISH FARMING IN THE AREA OF ABDI VILLAGE**

Dmitriy V. Penkin, Madina F. Khamitova<sup>1</sup>  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
<sup>1</sup>it-sk@bk.ru

**Abstract.** The paper presents the results of growing and feeding a hybrid of Russian and Siberian sturgeon in a cage farm on a pond in the Abdi village (Nyse river) in Tyulyachinsky district of the Republic of Tatarstan based on material from 2021.

**Keywords:** cage fish farming, sturgeon hybrids, fish feeding, feed conversion coefficient.

Осетровые рыбы характеризуются высокой адаптационной пластичностью и многогранной экологической приспособленностью. Многие виды и их гибриды относительно нетребовательны к условиям среды, хорошо оплачивают корма и обладают высоким темпом роста [1, 2].

Разведение осетровых рыб в условиях индустриальных садковых рыбоводных хозяйств базируется в основном на использовании полноценных комбинированных кормов. Быстрый рост рыб и высокая продуктивность в рыбоводных садках возможны только в том случае, если объекты выращивания обеспечены необходимым количеством питательных и биологически активных веществ.

За последние десятилетия в условиях реального производства товарной осетровой продукции испытаны и широко применяются корма как отечественных, так и зарубежных производителей. Корма зарубежного производства занимают существенную нишу в обеспечении отечественного осетроводства [3, 4].

При определении поставщика кормов рыбоводного хозяйства в районе села Абди выбор пал на продукцию датской компании «BioMar», крупнейшего международного производителя производственных кормов для осетра.

Рыбоводное садковое хозяйство на пруду с. Абди Тюлячинского района Республики Татарстан специализируется на дорастивании гибридов русского и ленского осетра до товарной навески 4–5 кг.

Общая площадь пруда – 22 га. Рабочая площадь зеркала пруда (зона определенная для установки садковой линии) составляет 2,5 га [5]. Средняя глубина в весенне-летний период составляет от 6 до 6,5 метра. В осенне-зимний период средняя глубина рабочей площади составляет от 3 до 3,5 метров.

Колебания уровня воды в течение года составляет около 3 м. Понижение уровня начинается в августе месяце и продолжается до октября, на этом уровне оно сохраняется до весны и повышается с таянием снега. В пруду наблюдается слабое течение воды, которое образуется за счет стока впадающих в него ручьев, родников, а также ветровых явлений.

Зарыбление производилось в мае 2021 г. молодь гибрида русского и ленского осетра в количестве 1486 шт. В течение двух недель после зарыбления произошел отход рыбы в количестве 28 шт. за весь дальнейший период отход не наблюдался. Масса посадочного материала варьировала от 350 до 900 г.

Кормление производили 4 раза в сутки в летний период и 2 раза в сутки при понижении температуры до 12°C, при температуре 8°C кормление прекратили. Использовались комбикорма европейского производства (ALLER Aqua, Дания) EFICO Sigma 811R с содержанием протеина 46 %, гранулы 4,5 мм.

Контрольное взвешивание в садках осуществлялось не чаще чем раз в 30 дней, так как рыба при проведении взвешивания испытывает стресс и ложится на дно садка.

Рыбоводные показатели, полученные при выращивании гибрида русско-ленского осетра в садковом хозяйстве на пруду в районе с. Абди по материалам 2021 г.

| Даты измерения | Средний вес, г | Абсолютный прирост, кг | Затраты корма, кг | Кормовой коэффициент |
|----------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|
| 17 мая         | 800            |                        |                   |                      |
| 17 июня        | 940            | 6,06                   | 217,6             | 0,80                 |
| 17 июля        | 1180           | 11,66                  | 311,6             | 0,89                 |
| 17 августа     | 1430           | 12,15                  | 476,2             | 1,31                 |
| 17 сентября    | 1710           | 13,61                  | 469,2             | 1,15                 |

К концу вегетационного сезона средняя масса рыбы составила 1710 г и варьировала от 1160 до 2100 г. Всего с мая по сентябрь 2021 г. было израсходовано 1475 кг кормов, затраты кормов на единицу прироста продукции составили 1,14. В течение сезона кормовой коэффициент варьировал от 0,8 в мае до 1,3 в августе (см. таблицу).

### Источники

1. Лабенец А.В. Тепловодное рыбоводство России в свете сложившихся социально-экономических реалий // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: матер. докл. Астрахань: АГТУ, 2007. С. 62-64.

2. Юсупова А.З. Особенности выращивания русского осетра в садках от личинки, перешедшей на активное питание: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.04.01. Астрахань, 2014. 23 с.

3. Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Пономарева Е.Н., Чалов В.В., Баканева Ю.М., Болонина Н.В., Чипинов В.Г., Абсалямов Р.Б., Коваленко М.В. Результаты научной оценки эффективности и продуктивного действия новых продукционных кормов зарубежного производства в условиях хозяйств с естественным и регулируемым термическим режимом выращивания // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хоз-во. 2009. № 2. С. 102-108.

4. Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. М.: Высшая школа, 1982. 208 с.

5. Пенкин Д.В., Хамитова М.Ф. Особенности кислородного режима пруда села Абди (р. Нысе) в Тюлячинском районе Республики Татарстан // Тинчуринские чтения: XIV междунар. мол. науч. конф. 2019. Т. 2. С. 436-439.

**ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРПА КОИ В ВОДОЕМЕ  
КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА Р. НЫСЕ  
В РАЙОНЕ С. АБДИ ТЮЛЯЧИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ  
ТАТАРСТАН**

Ирина Васильевна Пенкина

Науч. рук. канд. биол. наук, доцент М.Ф. Хамитова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
ireneri@mail.ru

**Аннотация.** В работе описаны результаты выращивания карпа кои в водоеме комплексного назначения, расположенного в Тюлячинском районе Республики Татарстан.

**Ключевые слова:** карп кои, зарыбление, водоем комплексного назначения.

**EXPERIENCE OF GROWING KOI CARP IN THE COMPLEX  
PURPOSE RESERVOIR ON THE NYSA RIVER IN THE ABDI  
VILLAGE AREA TYULYACHINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC  
OF TATARSTAN**

Irina V. Penkina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
ireneri@mail.ru

**Abstract.** The article describes the results of cultivation of koi carp in the complex purpose reservoir located in the Tyulyachinsky district of the Republic of Tatarstan.

**Keywords:** koi carp, release of juveniles, a reservoir of complex purpose.

Карп кои (*Cyprinus carpio haematopterus*) – декоративная одомашненная разновидность семейства карповых, выведенная из амурского подвида сазана (*Cyprinus carpio*) [1]. Карпом кои считается рыба, прошедшая 6 селекционных отборов, после чего ей присваивается определенная категория [2]. Кои – достаточно крупный представитель пресноводных рыб, достигающий в длину до 1 метра, с продолжительностью жизни около 25–35 лет [3].

Пруд с. Абди организован на базе русла р. Нысе (приток Меши (правый приток Камы, впадает в Камский залив Куйбышевского водохранилища) в Тюлячинском районе РТ [4].

Площадь водоема 22 га. Полный объем составляет 1,000 млн м<sup>3</sup>, полезный объем – 0,670 млн м<sup>3</sup>.

Данный водоем по генезису относится к малым водоемам комплексного назначения (до 50 га). В соответствии с типизацией ВКН [5, 6] пруд относится к пойменным водоемам с водопитанием 1-го типа – за счет вод малых рек и непересыхающих ручьев.

Максимальные глубины отмечаются у плотины и достигают 9,0 м. Средняя глубина водоема варьируется в зависимости от сезона от 3,0–3,5 м осенью до 6,0–6,5 м в период паводка.

В данный водоем 13.10.2019 г. был осуществлен выпуск молоди карпа кои средней навеской 50 г в количестве 2 тыс. шт. (рис. 1). Выпуск проводился после летования водоема, при температуре воды 8 °С, уровень был на 3,0 м ниже подпора плотин, средняя глубина составляла 3–3,5 м.



Рис. 1. Молодь карпа кои перед выпуском в пруд в районе с. Абди

Ежегодно в конце вегетационного сезона нами проводились контрольные обловы. По результатам контрольного облова в сентябре 2021 г. средняя масса рыбы составила 2,0 кг и варьировала от 1,7 до 2,4 кг (рис. 2).



Рис. 2. Карпы кои при контрольном облове пруда в районе с. Абди в сентябре 2021 г.

Средняя зоологическая длина особей составила 50,5 см, средняя промысловая длина составила 43,0 см, средняя длина головы – 10,5 см, средняя высота тела – 13,5 см, средний обхват тела – 32,5 см.

Цвет выловленных особей варьировался от оранжевого до оранжево-красного (рис. 2).

#### Источники

1. Козырь А.В., Масайло Т.В., Левашко А.С., Яромаш В.В., Влияние температурного режима на темпы роста карпа кои (*Cyprinus carpio haematopterus*) // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: матер. междунар. молод. науч.-пр. конф. Пинск: ПГУ, 2017. С. 305-307.

2. Аквастатус №5. 2004 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aquastatus.ru/viewtopic.php?f=17&t=18814> (дата обращения 01.11.2021)

3. Гайдомака Л. Карпы Кои: мифы и реальность. М.: Mimolet, 2015. 425 с.

4. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. Казань: Изд-во «Фолиант», 2018. 512 с.

5. Калайда М.Л. Продукционная характеристика водоемов Среднего Поволжья как базы пастбищной аквакультуры (на примере Республики Татарстан): автореф. дис. ... д-ра биол. Наук: 03.00.10. Москва, 1998. 58 с.

6. Калайда М.Л. Биологическое и технологическое обоснование рыбохозяйственного использования колхозных и совхозных водоемов комплексного назначения (на примере Татарской ССР): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04. Москва, 1983. 249 с.

## АНАЛИЗ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА ПО МЕТОДАМ МЕЧЕНИЯ РЫБ

Евгений Сергеевич Пиганов

Науч. рук. д-р биол. наук, зав. каф. М.Л. Калайда  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
vip.piganov@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведен анализ патентного поиска по методам мечения и идентификации рыб. Использование разных форм и видов меток для различных видов рыб при ведении производственных и селекционных работ в аквакультуре.

**Ключевые слова:** мечение рыб, идентификация рыб, патенты, эксперименты, Rfid-метки, аквакультура.

## ANALYSIS OF PATENT SEARCH BY FISH CUTTING METHODS

Evgeny S. Piganov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
vip.piganov@mail.ru

**Abstract.** The article analyzes the patent search on the methods of fish tagging and identification. The use of different forms and types of labels for different

**Keywords:** fish tagging, fish identification, patents, experiments, RFID tags, aquaculture.

В аквакультуре экспериментальная и селекционная работа с рыбами часто требует мечения рыбы. В рыбоводной практике применяются два типа мечения рыб – серийное и индивидуальное. Серийное мечение применяют при необходимости разделения рыб по полу, возрасту, происхождению. Индивидуальное мечение проводят при паспортизации производителей, для мониторинга производителей при проведении бонитировочных работ (плодовитость, качество и количество биоматериала, динамика роста, морфометрические показатели и селекционные признаки). Массовое мечение рыб используется для исследования биологии рыб (длина, масса, перемещение и миграции рыб, выживаемость, интенсивность промысла и т.д.) [1]. В таблице представлены результаты патентного поиска по теме: мечение рыб.

## Патенты по мечению рыб

| Индекс МПК                                 | №охранных документов, заявка, патент | Дата опубликования      | Страна выдачи патента | Название изобретения                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A01K61/00 (2000.01)                        | 2001128077/13, 16.10.2001            | 27.06.2003<br>Бюл. № 18 | РФ                    | Способ массового мечения осетровых рыб                                                                                                                                         |
| A01K61/00 (2000.01)                        | 99101432/13, 26.01.1999              | 20.06.2000<br>Бюл. № 17 | РФ                    | Способ массового мечения рыб                                                                                                                                                   |
| A01K61/00 (2006.01)                        | 2008100859/12, 09.01.2008            | 20.07.2009<br>Бюл. № 20 | РФ                    | Способ мечения осетровых рыб                                                                                                                                                   |
| G01N33/48 (2006.01)<br>G01S13/00 (2006.01) | 2013150136/15, 11.11.2013            | 20.05.2015<br>Бюл. № 14 | РФ                    | Способ сбора информации для экспресс-диагностики инфекционных заболеваний биологических объектов - животных и птиц с использованием Rfid-меток и система для его осуществления |

В рассмотренных патентах три патента рассматривают массовое мечение рыб [2–4]. В патенте Иванова С.А. [2] при мечении осетровых рыб самкам предлагается надрезать носовую перегородку. В патенте Подушки С.Б. [3] предлагается метить осетровых путем пробивания отверстия в грудном плавнике у самок – на левом, а у самцов – на правом.

В патенте Сафроненкова Б.П. [4] предлагается метить рыб при исследовании миграций с помощью изменения параметров среды культивирования на эмбриональном этапе развития, начиная со стадии пигментации глаз с получением метки на отолите.

В последний период появились новые метки-чипы, которые позволяют идентифицировать рыб. Так, Попова И.А. предлагает метить рыб с помощью RFID-Меток что позволит каждой особи иметь свой код-идентификатор [5].

Имеются и другие способы массовой и индивидуальной идентификации рыб, не зарегистрированные в системе Роспатент, по меткам, которые нанесены с помощью красителей, криоклеймения и термоклеймения [6].

Таким образом, анализ патентов в области мечения рыб показал, что форм и видов меток для идентификации рыб разработано достаточное количество для разных случаев контроля. Отмечено, что применение описанных приемов мечения болезненно для рыб и многие метки не долговечны и теряются рыбами.

При организации воспроизводства ценных видов рыб остро стоит вопрос по их идентификации. Различение самок и самцов рыб при отсутствии половых отличительных признаков, особенно, при проведении инъектирования гормональными препаратами, требует разработки безопасного способа мечения.

### **Источники**

1. Калайда М.Л., Говоркова Л.К. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие, учебник для вузов рыбопромыслового флота: СПб.: Проспект науки, 2013. С. 144-152.

2. Способ массового мечения осетровых рыб: пат. 2206987, Рос. Федерация № 2001128077/13 заявл. 16.10.2001 опубл. 27.06.2003 Бюл. № 18.

3. Способ мечения осетровых рыб: пат. 2361397, Рос. Федерация № 2008100859/12 заявл. 09.01.2008 опубл. 20.07.2009 Бюл. № 20.

4. Способ массового мечения рыб: пат. 2206987, Рос. Федерация № 2001128077/13 заявл. 16.10.2001 опубл. 27.06.2003 Бюл. № 18.

5. Способ сбора информации для экспресс-диагностики инфекционных заболеваний биологических объектов - животных и птиц с использованием Rfid-меток и система для его осуществления: пат. 2581913, Рос. Федерация № 2013150136/15 заявл. 11.11.2013 опубл. 20.04.2016 Бюл. № 11.

6. Способы мечения рыб [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ribovodstvo.com/books/item/f00/s00/z0000017/st014.shtml> (дата обращения: 12.09.21).

УДК 574.4/5

## **СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ВОДОЕМА ПАРКОВОЙ ЗОНЫ «ОЗЕРА ХАРОВОЕ»**

Александра Васильевна Платонова

Науч. рук. канд. биол. наук, доцент М.Ф. Хамитова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
platonovasasa047@gmail.com

**Аннотация.** В работе описана сезонная динамика зоопланктонного сообщества парковой зоны «Озеро Харовое» г. Казань по материалам 2016г.

**Ключевые слова:** «Озеро Харовое», зоопланктон, сезонная динамика.

## SEASONAL DYNAMICS OF ZOOPLANKTON OF «LAKE KHAROVOE» PARK ZONE WATERBODY

Aleksandra V. Platonova  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
platonovasasa047@gmail.com

**Abstract.** The paper describes the seasonal dynamics of the zooplankton community in the park zone «Lake Kharovoe» in Kazan based on materials from 2016 probing.

**Keywords:** «Lake Kharovoe», zooplankton, seasonal dynamics.

Водоем является остатком водно-болотной территории р. Казанка, на которой сейчас располагаются жилые, общественные, образовательные и муниципальные строения Кировского района г. Казани [1,2].

Площадь водоема составляет 1 га, максимальные глубины 3,5 м. Источниками водопитания водоема являются грунтовые, дождевые и талые воды [3,4].

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в водоеме парковой зоны «Озеро Харовое». Сбор материала проводился в рамках гидробиологической практики студентов каф. ВБА ФГБОУ ВО «КГЭУ».

Пробы зоопланктона отбирались на протяжении сезона с апреля по сентябрь 2016 г. Обработка проб зоопланктона проводилась на базе лаборатории кафедры ВБА ФГБОУ ВО «КГЭУ» стандартными гидробиологическими методами [5].

В 2016 году в составе зоопланктона выявлено 39 видов и форм зоопланктеров, из которых коловраток – 19, ветвистоусых ракообразных – 31, веслоногих ракообразных – 27 и 19 прочих видов и форм.

В течение периода исследований число видов и форм в «Озере Харовое» варьировало от 14 в июле до 24 в августе. Соотношение основных групп зоопланктона по числу видов составило: коловраток – 28 %, ветвистоусых – 34 %, веслоногих – 38 %. По количеству видов в течение сезона в апреле преобладали веслоногие рачки, в мае, июне и сентябре – ветвистоусые рачки, в августе – коловратки (рис. 1).

Среднесезонная численность зоопланктеров составила 14843 экз./м<sup>3</sup>, среднесезонная биомасса – 7,7 г/м<sup>3</sup>. Наибольшие численность и биомасса отмечались в сентябре (38740 экз./м<sup>3</sup> и 19,4 г/м<sup>3</sup>), наименьшие – в августе (5770 экз./м<sup>3</sup> и 3,9 г/м<sup>3</sup>) (рис. 2).

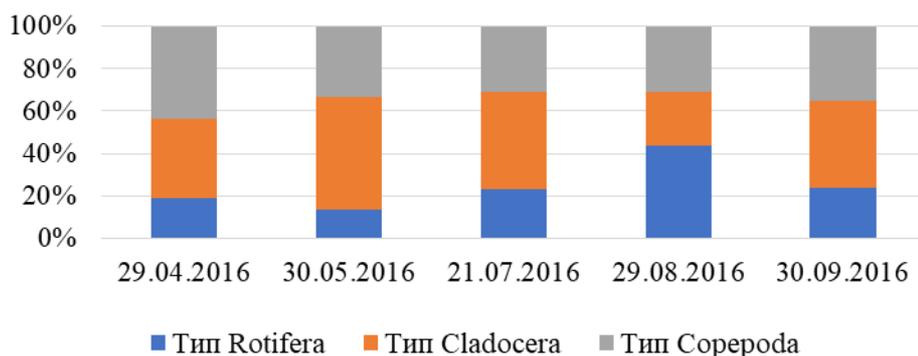


Рис. 1. Соотношение основных групп зоопланктона водоема парковой зоны «Озеро Харовое» по числу видов в 2016 г.

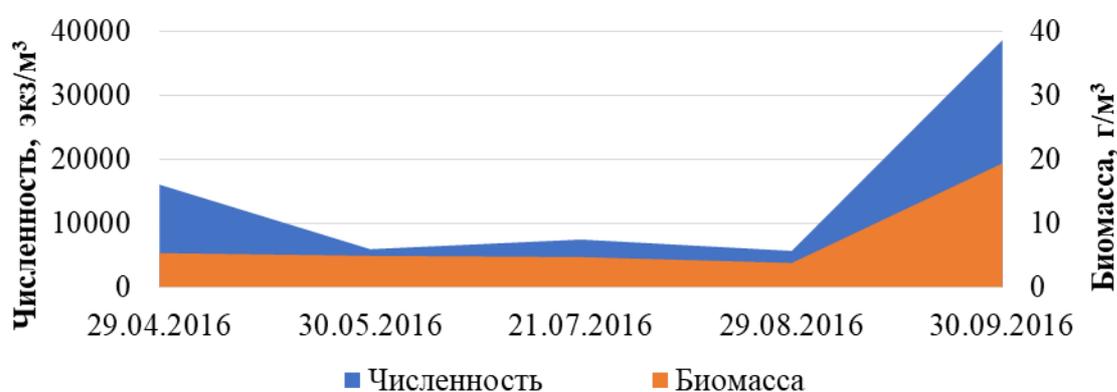


Рис. 2. Численность (экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (г/м<sup>3</sup>) зоопланктона водоема парковой зоны «Озеро Харовое» по числу видов в 2016 г.

В апреле в составе зоопланктона по численности и биомассе доминировали веслоногие ракообразные, представленные преимущественно копепоидитными стадиями веслоногих рачков (97,8% от общей численности).

В мае по численности и биомассе начинают преобладать ветвистоусые ракообразные, доля которых в общей численности составляла 60,8 %, биомассе – 72,9 %, среди них доминировали *Simocephalus vetulus* (Muller, 1776), *Bosmina longirostris* (Muller, 1785).

В июле по численности и биомассе преобладали веслоногие ракообразные, на них приходилось 74,3 % от общей численности, также значительный вклад в общую биомассу вносили планктонные стадии личинок хирономид (46,6 % от общей биомассы).

В августе по численности преобладали коловратки и веслоногие ракообразные, среди которых наибольшим обилием обладали *Testudinella patina* (Herman, 1783) и копепоидитные стадии веслоногих рачков. Основу биомассы составляли прочие виды и формы, такие как *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758) и *Caenis macrura* (Stephens, 1835).

В сентябре по численности и биомассе в составе зоопланктона доминировали ветвистоусые ракообразные, так на *Daphnia longispina* (Muller, 1785) приходилось 52,8 % от общей биомассы.

### Источники

1. Хамитова М.Ф., Бабилова В.В. Фитопланктон водоема парковой зоны «Озеро Харовое» Республики Татарстан // Сб. науч. тр. молод. ученых III Респ. молод. экол. науч. конф. Казань: Изд-во АН РТ, 2018. С. 53-59.
2. Экологический паспорт водного объекта «Озеро Харовое по ул. Яруллина Кировского района г. Казани». Казань, 2007. 37 с.
3. Хамитова М.Ф., Гатауллина Р.З. Особенности макрозообентоса водоема парковой зоны «Озеро Харовое» в г. Казани // Матер. докл. XXI аспи.-маг. науч. семинара, Казань: КГЭУ, 2018. Т. 2. С. 178-179.
4. Хамитова М.Ф., Гатауллина Р.З. Оценка качества вод водоема парковой зоны «Озеро Харовое» в г. Казани по индексу Y // В сб.: XIII междунар. мол. науч. конф. Тинчуринские чтения. 2018. Т. 2. С. 61-63.
5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

УДК 539.2.03

## ИСКУССТВЕННЫЕ НЕРЕСТИЛИЩА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПРОМЫСЛОВОЙ РЫБЫ В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Максим Сергеевич Улыбин

Науч. рук. канд. биол. наук, доцент М.Э. Гордеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
maksim.ulybin@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются различные способы повышения численности промысловых видов рыб в Куйбышевском водохранилище, среди которых особый интерес представляет создание искусственных нерестилищ. Показано, что в последние годы – это актуальная задача, позволяющая бороться с пересыханием икры в связи со сработкой уровня воды, что встречается на акваториях водохранилищ. Приведены примеры организации искусственных нерестилищ на акватории Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан.

**Ключевые слова:** промысловые виды рыб, Куйбышевское водохранилище, искусственные нерестилища.

# ARTIFICIAL SPAWNING GROUNDS AS A WAY TO INCREASE THE NUMBER OF COMMERCIAL FISH IN KUIBYSHEV RESERVOIR

Maksim S. Ulybin  
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan  
maksim.ulybin@mail.ru

**Abstract.** The article analyses various ways to increase the number of commercial fish species in the Kuibyshev reservoir, among which the creation of artificial spawning grounds is of particular interest. It has been shown that in recent years it is an urgent task that allows you to combat the drying of caviar in connection with the working of the water level, which is found on the water areas of the reservoirs. Examples of the organization of artificial spawning grounds in the waters of the Kuibyshev reservoir within the Republic of Tatarstan are given.

**Keywords:** commercial fish species, Kuibyshev reservoir, artificial spawning grounds.

Куйбышевское водохранилище – одно из крупнейших в системе Волжского каскада. Оно расположено в центральной части Среднего Поволжья, на границе лесостепной провинции Приволжской возвышенности и низменного Заволжья [1]. Вытянутое в меридиональном направлении (протяженность 500 км), водохранилище тянется от лесной ландшафтной зоны на севере до степной на юге, пересекая всю лесостепную зону. Республика Татарстан захватывает большую часть акватории Куйбышевского водохранилища (50,7 %).

Формирование ихтиофауны Куйбышевского водохранилища шло за счет исходной фауны рыб бассейна р. Волга, однако создание водохранилища и проникновение ряда видов препятствовали созданию больших промысловых запасов ценных видов рыб, в то время как второстепенные и малоценные рыбы, обладая высокой экологической пластичностью, увеличили здесь свою численность [2]. К другим причинам снижения численности промысловых видов рыб можно отнести: большая сработка уровня в весенний период, что отрицательно может сказаться на естественном воспроизводстве запасов всех видов рыб; практически полное отсутствие работ по реконструкции ихтиофауны путем увеличения численности хозяйственно значимых высокоценных видов; загрязнение водохранилища сбросными водами промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий.

Биопродукционные возможности Куйбышевского водохранилища велики и реализация их возможна при правильном решении рыбохозяйственных задач. Пути повышения численности ценных промысловых видов рыб: научно-обоснованное регулирование промысла (данная задача успешно реализуется на акватории Куйбышевского водохранилища); строительство рыбопитомников, снабжающих водохранилище рыбопосадочным материалом и обеспечивающих направленное формирование ихтиофауны (работы в данном направлении ведутся, например, в настоящее время активно развивается рыбоводный комплекс «Биосфера-Фиш» в задачи которого входит производство 5 млн шт. мальков стерляди в год для воспроизводства рыбных запасов территориальных вод Волго-Вятского региона); проведение мелиоративных работ (приоритет отдают созданию искусственных нерестилищ).

На акватории Куйбышевского водохранилища особо актуально создание искусственных нерестилищ для литофильных и фитофильных видов рыб. Для литофильных видов рыб искусственные нерестилища должны быть на площади не меньше 5 га, нерестовым субстратом может служить галька средней фракции (5–10 см), либо бетонные панели, поверхность которых имитирует нерестовый субстрат в виде гальки и крупного гравия. Для фитофильных видов рыб искусственные нерестилища выставляют в весенний период в прибрежной зоне водоема с колеблющимся уровнем воды. Наиболее распространенными искусственными нерестилищами для фитофильных рыб являются плавучие рамные нерестилища, нерестовые гнезда и нерестилища-переметы.

На акватории Куйбышевского водохранилища в районе Республики Татарстан за последние годы проводили активную работу по созданию искусственных нерестилищ:

– в 2018 г. по инициативе Госкомитета РТ по биоресурсам в 9 районах РТ (Актанышском, Камско-Устьинском, Лаишевском, Мамадышском, Мензелинском, Рыбно-Слободском, Спасском, Тукаевском и Зеленодольском) было установлено около 10 км нерестилищ. Участие в данном мероприятии принимали студенты и преподаватели специализированной кафедры по данному направлению – кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». Материалом для нерестилищ послужили сосновые ветки, которые выделяют природный антисептик, избавляющий икру белых рыб от опасности заражения инфекциями. Нерестилища могут опускаться и подниматься вместе с водой, не позволяя икре пересохнуть;

– в 2020 г. отделом по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов по Республике Татарстан Камско-Волжского филиала ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД» произведена установка 25 искусственных нерестилищ на площади в 2 га в Спасском районе Республики Татарстан. Тип нерестилища: ленточное полотно. Использовалась мелкочейстая капроновая дель длиной 20-25 м, шириной 1,5 м, посаженная на капроновый шнур. По всей площади дели прикреплялся отдельными пучками субстрат из капроновой нити. Нерестилища были установлены горизонтально по 3 полотна в связке при глубине 1-1,5 м от поверхности воды;

– в 2020 г. отделом по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов по Республике Татарстан Камско-Волжского филиала ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД» произведена установка искусственных нерестилищ в виде нерестовых гнезд в Мамадышском и Елабужском рыбопромысловых районах Республики Татарстан. Было установлено 1980 искусственных нерестовых гнезд на площади в 3,5 тыс. га. [3]

В настоящее время ведутся работы по оценке эффективности установленных искусственных нерестилищ и постоянный мониторинг численности промысловых рыб Куйбышевского водохранилища.

Таким образом, создание искусственных нерестилищ позволит сохранить биоразнообразие, повысить численность ценных промысловых видов рыб.

### **Источники**

1. Куйбышевское водохранилище. Л.: Наука, 1983. 214 с.
2. Шакирова Ф.М. Современное состояние ихтиофауны Куйбышевского водохранилища и факторы, влияющие на ее изменения // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Матер. XXVIII междун. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 622-625.
3. Новости Республики Татарстан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tatar-inform.ru/news/v-mamadyshskom-i-elabuzhskom-rayonah-ustanovili-iskusstvennye-nerestilischa-5747250> (дата обращения: 12.10.21).

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. Атомные и тепловые электрические станции

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ахметзянова А.Т.</b> Причины возникновения отклонений качества горячей воды от норматива по запаху. . . . .                                          | 3  |
| <b>Банокина А.И., Власова А.Ю.</b> Сравнительный анализ «традиционной» ионообменной и баромембранной технологий водоподготовительных установок. . . . . | 6  |
| <b>Борисов А.Р.</b> Интеграция систем искусственного интеллекта для наблюдения и диагностики атомных электростанций. . . . .                            | 10 |
| <b>Валиуллина Е.С.</b> Моделирование сжигания низкосортного топлива в топке котла ТП-14А для снижения токсичных выбросов. . . . .                       | 13 |
| <b>Варганова А.М., Закирова И.А.</b> Повышение эффективности работы систем отопления. . . . .                                                           | 16 |
| <b>Гарифуллина А.М.</b> Технологии для удаления жесткости воды и предотвращения накипи. . . . .                                                         | 19 |
| <b>Гусева А.А.</b> Сравнение индивидуальных тепловых пунктов с центральными тепловыми пунктами. . . . .                                                 | 21 |
| <b>Дмитриева Е.В.</b> Снижение потерь тепла в схеме теплоснабжения. . . . .                                                                             | 24 |
| <b>Зиганшина С.С., Ахметов Т.Р.</b> Трансформация понятия радиуса эффективного теплоснабжения в Российской Федерации. . . . .                           | 26 |
| <b>Ибрагимов С.А.</b> Схема стехиометрической парогазовой установки. . . . .                                                                            | 29 |
| <b>Ибрагимова А.Р., Ахметьянова Г.И.</b> Перспективы в решении проблемы аварийного и ветхого жилья в России. . . . .                                    | 31 |
| <b>Измайлова А.Р., Миниханова А.Р.</b> Перспективы развития атомной энергетики. . . . .                                                                 | 33 |
| <b>Киселёв И.И.</b> Улучшение качества мазута с помощью присадок. . . . .                                                                               | 36 |
| <b>Киселев Р.В., Низамова А.Ш.</b> Исследование работы энергоблока с газификатором угля. . . . .                                                        | 40 |
| <b>Климин А.В.</b> Выбор сетевого подогревателя для теплофикационной турбины. . . . .                                                                   | 43 |
| <b>Крылов М.Э.</b> Перспективы развития реакторов двухконтурной АЭС. . . . .                                                                            | 46 |
| <b>Минугалиева Д.И.</b> Спектральный анализ ингибиторов коррозии, применяемых в структуре жилищно-коммунального хозяйства. . . . .                      | 49 |
| <b>Мурадян Г.С., Шакирзянова А.Р.,</b> Проектный подход в развитии альтернативных источников энергии. . . . .                                           | 52 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Муртазин А.А.</b> Повышение эффективности градирен ТЭС при интенсивном боковом ветре. ....                                                  | 55 |
| <b>Низамаева А.В., Власов С.М., Бабилов О.Е.</b> Анализ микробиологических отложений в системе технического водоснабжения на ТЭС. ....         | 58 |
| <b>Пахомов С.А.</b> Энергетическая эффективность парогазовых установок. ....                                                                   | 61 |
| <b>Селиванов В.Л.</b> Повышение мощности ГТУ при высоких температурах наружного воздуха. ....                                                  | 63 |
| <b>Соколов А.М.</b> Цифровизация объектов распределённой энергетики. ....                                                                      | 65 |
| <b>Сорокин К.С.</b> Анализ тепловыделяющих сборок ядерных реакторов. ....                                                                      | 68 |
| <b>Тухбатуллин А.М.</b> Исследование влияния начальных и конечных параметров пара на тепловую экономичность паротурбинных установок. ....      | 71 |
| <b>Фадеева К.А., Шамбина Д.А.</b> Оценка целесообразности перехода частных потребителей на двухставочный учёт потребления электроэнергии. .... | 73 |
| <b>Фатхуллина К.А.</b> Приземные концентрации, создаваемые ПГУ-ТЭС. ....                                                                       | 76 |
| <b>Филатов Д.А., Власов С.М.</b> Повышение эффективности систем технического водоснабжения ТЭС. ....                                           | 79 |
| <b>Хамитов А.Р.</b> Методы распознавания мошенничества в распределительных электроэнергетических сетях. ....                                   | 82 |
| <b>Черкасов А.С.</b> Методы модернизации турбоустановки путем надстройки ПГУ. ....                                                             | 85 |
| <b>Шайхутдинов Я.О.</b> Получение дополнительной энергии на АЭС с помощью отработавших тепловыделяющих сборок. ....                            | 88 |
| <b>Шарипов А.Р., Губайдулин Д.Ш.</b> Перспективы водородной энергетики. ....                                                                   | 91 |

## **СЕКЦИЯ 2. Промышленная теплоэнергетика. Эксплуатация и надёжность энергоустановок и систем теплоснабжения**

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Абдуллин Т.Р.</b> Экспериментальная установка для исследования колебательных процессов в трубопроводе. .... | 95  |
| <b>Азнабаева А.А.</b> Перспективы развития геотермальной энергетики. .                                         | 98  |
| <b>Акбуляков А.Т.</b> Применение теплового насоса в Республике Татарстан. ....                                 | 100 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Андрианова С.В.</b> Система автоматического управления микроклиматом теплицы. . . . .                                                     | 103 |
| <b>Артемьев А.Н.</b> Проблема внедрения новых конструкционных и топливных материалов на АЭС. . . . .                                         | 106 |
| <b>Асадуллин Т.Р.</b> Сравнительная характеристика приточно-вытяжных систем. . . . .                                                         | 108 |
| <b>Валиев Р.Ш.</b> Моделирование течения рабочей среды при нарушении герметичности затвора трубопроводной арматуры. . . . .                  | 111 |
| <b>Валиуллин К.И.</b> Автоматизация систем оперативного дистанционного контроля в предизолированных трубах. . . . .                          | 114 |
| <b>Гаирбекова А.Р.</b> Расчет вертикальной установки геотермального отопления дома. . . . .                                                  | 116 |
| <b>Гарейшина А.А.</b> Повышение эффективности ТЭЦ путем модернизации теплообменного оборудования. . . . .                                    | 119 |
| <b>Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В.</b> Закономерности изменения частотных характеристик элементов трубопроводных систем. . . . .              | 121 |
| <b>Гуломалиев Ш.Н.</b> Применение сильфонных компенсаторов в условиях криогенных температур. . . . .                                         | 124 |
| <b>Данов Е.Б., Валиев Р.Н.</b> Анализ работы тепловых сетей от блочно-модульной котельной с установленной тепловой мощностью 16МВт . .       | 127 |
| <b>Даутов Р.Р.</b> Перспективы применения высокотемпературных тепловых насосов на R744 для отопления. . . . .                                | 129 |
| <b>Ибадов А.А., Козин Д.Е., Сергеева Д.В.</b> Анализ экспериментального исследования распространения волн в стеклопластиковой трубе. . . . . | 132 |
| <b>Иванов Д.В.</b> Способы хранения свалочного газа. . . . .                                                                                 | 135 |
| <b>Иксанова О.Е.</b> Повышение эффективности насосной станции. . . . .                                                                       | 137 |
| <b>Кариева Л.И.,</b> Обитаемая лунная станция в лавовой трубке. . . . .                                                                      | 140 |
| <b>Мадыхова А.О.</b> Сравнительная оценка методов контроля трубопроводов теплоснабжения. . . . .                                             | 142 |
| <b>Макуева Д.А.</b> Применения вакуумной гелиосистемы с технологией «Heat Pipe» для горячего водоснабжения. . . . .                          | 145 |
| <b>Маслов К.М.</b> Утилизация непрерывной продувки парового котла. . .                                                                       | 148 |
| <b>Миронов И.В.</b> Анализ надежности теплопередающих труб на атомных электрических станциях. . . . .                                        | 150 |
| <b>Музюкова Д.С.</b> Анализ термодинамической эффективности теплотехнологической схемы производства бумаги. . . . .                          | 153 |
| <b>Мустафина Г.Р.</b> Производство биогаза из органических отходов для замены традиционного топлива. . . . .                                 | 156 |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Петров А.Н.</b> Новые направления использования зол ТЭЦ в бетонах нового поколения. . . . .                                        | 158 |
| <b>Пономарев Р.А.</b> Повышение эффективности тепловой сети методом изменения конструктивных и геометрических характеристик. . . . .  | 161 |
| <b>Сагадеева Л.А.</b> Технические характеристики материалов тепловой изоляции трубопровода системы теплоснабжения. . . . .            | 164 |
| <b>Семенчук А.О.</b> Водородная энергетика: характеристика и перспективы развития. . . . .                                            | 167 |
| <b>Сергеева Д.В.</b> Преимущества панельно-лучистого обогрева. . . . .                                                                | 169 |
| <b>Тарабаева Д.В.</b> Анализ традиционного и плазменного плавления золы ТЭЦ. . . . .                                                  | 172 |
| <b>Ульябаева Г.Ш., Гапоненко С.О.</b> Анализ существующих методов неразрушающего контроля трубопроводов. . . . .                      | 175 |
| <b>Фаздалова А.Р., Ваньков Ю.В.</b> Влияние негативных воздействий на коэффициент теплопроводности тепловой изоляции. . . . .         | 177 |
| <b>Федотова А.О.</b> Применения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей. . . . .                                             | 180 |
| <b>Хайруллина Н.Т.</b> Использование альтернативных источников энергии для теплоснабжения здания. . . . .                             | 183 |
| <b>Халимов А.А., Крехов Д.С.</b> Влияние температуры уходящих газов на эффективность работы котла в условиях крайнего севера. . . . . | 186 |
| <b>Шагалеева А.И.</b> Современные способы утилизации парниковых газов и перспективы их развития. . . . .                              | 188 |
| <b>Шакурова Р.З., Гапоненко С.О.</b> Метод оценки технологического состояния трубопроводных сетей. . . . .                            | 191 |
| <b>Ястребов А.В.</b> Особенности применения системы воздушного отопления. . . . .                                                     | 194 |

### **СЕКЦИЯ 3. Энергообеспечение, энергоресурсосбережение и строительство**

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Александров Р.Н.</b> Перспективы применения установок с низкокипящим рабочим телом. . . . .                        | 197 |
| <b>Ахмадиев Д.А.</b> Анализ применения биогазовой энергетической установки в фермерском хозяйстве. . . . .            | 200 |
| <b>Ахметгалиев И.Ф.</b> Преимущества внедрения систем погодного регулирования в жилых и общественных зданиях. . . . . | 202 |
| <b>Бабушкин И.А.</b> Проблемы тарифной политики в области теплоэнергетики. Пути их решения. . . . .                   | 205 |

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Щеголькова Ю.С., Барышев Р.Н.</b> Преимущества и недостатки комбинированного применения ГТУ-ТЭС. ....                                                               | 208 |
| <b>Гимадиева Л.И.</b> Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС с помощью программы на языке С++. ....                                                   | 211 |
| <b>Запольская И.Н., Шаповалов С.К.</b> Методика оценки влияния переноса функции горячего водоснабжения в индивидуальный тепловой пункт на систему теплоснабжения. .... | 214 |
| <b>Каримов Д.Р.</b> Влияние качества электроэнергии на работу приборов и электроприемников. ....                                                                       | 217 |
| <b>Климовских М.В.</b> Хроматографические методы контроля фурановых соединений в трансформаторном масле. ....                                                          | 219 |
| <b>Маннапов Р.М.</b> Сравнительный анализ подземного газопровода из стальных и полиэтиленовых труб. ....                                                               | 221 |
| <b>Мыскин Г.А.</b> Использование датчика влажности воздуха. ....                                                                                                       | 224 |
| <b>Окружнов В.А.</b> Исследование тепловой эффективности в мини-градирне. ....                                                                                         | 226 |
| <b>Сабирова Ю.Ф.</b> Определение оптимальной ширины пористой вставки сепарационного устройства для разделения водо-нефтяной эмульсии. ....                             | 229 |
| <b>Смышляева Д.И.</b> Способы повышения энергоэффективности систем вентиляции. ....                                                                                    | 232 |
| <b>Степанова А.О.</b> Водоподготовка для систем отопления. ....                                                                                                        | 234 |
| <b>Талипова А.Р.</b> Исследование моделей высокопористых ячеистых сред различной пористости. ....                                                                      | 237 |
| <b>Токарева Л.А.</b> Анализ конструктивных решений башенных сооружений в энергетике. ....                                                                              | 240 |
| <b>Урманчеева Э.Ф.</b> Способы борьбы с внутренней коррозией, шламом и накипью в системах теплоснабжения. ....                                                         | 242 |
| <b>Шаповал Д.А.</b> Water heating boilers. ....                                                                                                                        | 245 |
| <b>Яппаров И.К.</b> Энергоэффективные аппаратурно-технологические решения по переработке крупнотоннажного растительного сырья. .                                       | 247 |

#### **СЕКЦИЯ 4. Энергетическое машиностроение**

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бабичевский Л.В.</b> Исследование биогаза как альтернативный вид топлива для ПГУ. .... | 250 |
| <b>Блязиков М.Д.</b> Исследование влияния составов МВС на работу паровых турбин. ....     | 252 |

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Валиуллин Б.Р.</b> Сравнительный анализ реакторов газификации углеродосодержащего сырья. . . . .                                            | 256 |
| <b>Демократиа Д.И.</b> Влияние климатических условий на работу газовых электростанций Индонезии. . . . .                                       | 259 |
| <b>Ишалин А.В., Сопина Ю.В.</b> Способы повышения мощности ГТУ в периоды пиковых нагрузок, при добавлении водорода в исходное топливо. . . . . | 262 |
| <b>Клейн Е.В.</b> Влияние использования теплоты уходящих газов на КПД газовой турбины. . . . .                                                 | 265 |
| <b>Марьин Г.Е., Цветкович А.М.</b> Перспективы внедрения мощных газотурбинных установок в энергосистему Республики Татарстан. .                | 267 |
| <b>Хизбуллин А.Р.</b> Перспективы применения и транспортировки технологических газов. . . . .                                                  | 270 |

## **СЕКЦИЯ 5. Автоматизация технологических процессов и производств**

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Абзалов Д.Б.</b> Автоматизация управления системой дымоудаления. . . . .                                                                     | 274 |
| <b>Андреева А.Р., Захарова Е.В., Шарафиева А.И.</b> Автоматическая сортировка твердых отходов. . . . .                                          | 276 |
| <b>Артемьев В.П., Зиятдинов А.А., Лаптев И.А.</b> Разработка автоматизированной программы для расчёта материалов. . . . .                       | 279 |
| <b>Бекмурзина М.Т., Пирогова А.М.</b> Arduino и Trace Mode. . . . .                                                                             | 281 |
| <b>Блинова Ю.А., Русин Д.М.</b> Обзор роботизированных решений для автоматизации складов. . . . .                                               | 284 |
| <b>Васина А.Ю.</b> Использование автоматических коллаборативных роботов для повышения безопасности персонала на предприятиях. . . . .           | 287 |
| <b>Горбов В.Ю.</b> Усовершенствование вентиляционных установок общественного назначения. . . . .                                                | 290 |
| <b>Касьян А.В.</b> Улучшение технологических процессов на электростанциях путем внедрения программно-технического комплекса SPPA-T3000. . . . . | 292 |
| <b>Куликов Р.В.</b> Выбор оптимального метода организации автоматизации технологических процессов на различных видах предприятий. . . . .       | 295 |
| <b>Латышов Т.И., Куликов Р.В., Гаянов А.А.</b> Интеллектуальные распределенные системы управления. . . . .                                      | 298 |
| <b>Лобанова А.П.</b> Оценка эффективности внедрения пофасадного регулирования. . . . .                                                          | 301 |

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Мавлеев Р.Р., Казиханов А.Р.</b> Оптимизация производственных процессов с помощью MES-системы. . . . .                                                             | 304 |
| <b>Миннихметов А.М., Васина А.Ю.</b> Преимущества автоматизированного способа дезинфекции помещений. . . . .                                                          | 306 |
| <b>Молокова О.А.</b> Автоматизированная система управления технологическими процессами объекта автоматизации – системы отопления сушильного барабана. . . . .         | 309 |
| <b>Насибуллина А.Р.</b> Автоматическое управление роботом-собакой. .                                                                                                  | 312 |
| <b>Петров Е.С.</b> Улучшение методов депарафинизации рафинатов на масляном производстве. . . . .                                                                      | 314 |
| <b>Пышняк С.Е.</b> Датчики анализа газа для роботизированной охранной системы с использованием искусственного интеллекта. . .                                         | 316 |
| <b>Русин Д.М., Блинова Ю.А.</b> Система навигации мобильной роботизированной платформы для транспортировки грузов с использованием искусственного интеллекта. . . . . | 319 |
| <b>Чиляева М.Р.</b> Усовершенствования решений для установок висбрекинга нефтяных остатков. . . . .                                                                   | 321 |
| <b>Шаронов Н.С., Шайхезадин Д.И.</b> Разработка прототипа мобильной платформы для экоробота. . . . .                                                                  | 324 |

## СЕКЦИЯ 6. Теплофизика

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Абдуллина А.А., Зиятдинов А.Ф.</b> Сравнение CREALITY ENDER 3 PRO И ANYCUBIC KOSSEL PLUS при печати трехмерной модели калибровочного кубика. . . . . | 328 |
| <b>Белоусова А.В.</b> Фракционирование частиц диоксида кремния. . . . .                                                                                 | 331 |
| <b>Вьюгова К.Д.</b> Определение эффективности и гидравлического сопротивления циклонного сепаратора ЦН – 11. . . . .                                    | 333 |
| <b>Галиев А.А., Мифтахов И.И.</b> Дезэмульсация водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе на тепловых электрических станциях. . . . .            | 336 |
| <b>Гарифуллин Р.Ф.</b> Численное моделирование газодинамики в экспериментальной установке с мини циклоном и сепаратором. . . .                          | 338 |
| <b>Канзафаров Т.Р.</b> Моделирование и печать 3 D детали. . . . .                                                                                       | 341 |
| <b>Каюмова А.А.</b> Экспериментальное определение гидравлического сопротивление классификатора с соосно расположенными трубами. . . . .                 | 343 |
| <b>Коныжов К.В.</b> Разделение сыпучих материалов. . . . .                                                                                              | 345 |

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Мишин М.В.</b> Воздушная классификация сыпучего материала на основе рапсового корма. . . . .                                  | 348 |
| <b>Напойкина А.В.</b> Поиск грубых ошибок с помощью критерия Шовене. . . . .                                                     | 350 |
| <b>Насырова И.И.</b> Секторное моделирование модуля с соосно расположенными трубами. . . . .                                     | 353 |
| <b>Полтев И.Е.</b> Анализ некоторых спектральных характеристик соединений мышьяка. . . . .                                       | 355 |
| <b>Сахибгареев Н.Ф., Галимова А.Р.</b> Исследование теплоотдачи от цилиндрической поверхности в мультивихревом аппарате. . . . . | 358 |
| <b>Сидоров М.В., Бадретдинова Р.Р.</b> Определение грубых экспериментальных ошибок методом диксона. . . . .                      | 361 |
| <b>Султанова Р.Р., Токмачёва И.С.</b> Методы повышения эффективности работы газотурбинных установок. . . . .                     | 363 |
| <b>Федосеева Е.В.</b> Применение классификаторов для разделения сыпучего материала в промышленности. . . . .                     | 366 |
| <b>Хамидуллина Д.И.</b> Особенности фракционирования сыпучего мелкодисперстного материала. . . . .                               | 369 |

## **СЕКЦИЯ 7. Экологические проблемы водных биоресурсов**

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ибрагимова Г.Д.</b> Методы исследования перифитона в установках с замкнутым водоснабжением. . . . .                                                                   | 372 |
| <b>Ильина В.В.</b> Особенности гидрохимического режима выращивания радужной форели ( <i>oncorhynchus mykiss</i> ) в установках замкнутого цикла водообеспечения. . . . . | 374 |
| <b>Исмагилов Ф.А.</b> Обзор патентов по искусственным укрытиям для речных раков в аквакультуре. . . . .                                                                  | 377 |
| <b>Калайда А.А.</b> Влияние различных типов кормов на морфометрические и рыбоводные показатели африканского клариевого сома ( <i>clarias gariepinus</i> ). . . . .       | 380 |
| <b>Калайда М.Л., Бабилова В.В.</b> Особенности видового состава перифитона биофильтра на разных глубинах. . . . .                                                        | 383 |
| <b>Калайда М.Л., Петрова А.Ю.</b> Особенности весового и линейного роста нильской тилляпии в системе замкнутого водоснабжения. . . . .                                   | 386 |
| <b>Калайда М.Л., Саетов А.Р.</b> Экологическая составляющая эксплуатации рыбозащитных устройств филиала АО «Татэнерго» - Заинская ГРЭС. . . . .                          | 388 |

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Мустахитдинова Ю.А.</b> Экологические проблемы водных ресурсов, связанные с работой ТЭС, и пути их решения. . . . .                                         | 391 |
| <b>Пенкин Д.В., Хамитова М.Ф.</b> Корма и эффективность кормления гибрида русского и ленского осетра в садковом хозяйстве в районе села Абди. . . . .          | 394 |
| <b>Пенкина И.В.</b> Опыт выращивания карпа кои в водоеме комплексного назначения на р. Нысе в районе с. Абди Тюлячинского района Республики Татарстан. . . . . | 397 |
| <b>Пиганов Е.С.</b> Анализ патентного поиска по методам мечения рыб.                                                                                           | 400 |
| <b>Платонова А.В.</b> Сезонная динамика зоопланктона водоема парковой зоны «озера Харовое». . . . .                                                            | 402 |
| <b>Улыбин М.С.</b> Искусственные нерестилища как способ повышение численности промысловой рыбы в Куйбышевском водохранилище.                                   | 405 |

Научное издание

XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА

(Казань, 7–8 декабря 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова

Авторская редакция

Корректор *Е. С. Дремичева*  
Компьютерная верстка *Е. С. Дремичевой*  
Дизайн обложки *Ю. Ф. Мухаметшиной*

Подписано в печать 28.02.2022

Формат 60x84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ  
Усл. печ. л. 24,3      Уч.-изд. л. 19,32      Тираж 200 экз.      Заказ №5242

Центр публикационной активности КГЭУ  
420066, Казань, Красносельская, д. 51



ISBN 978-5-89873-587-6



9 785898 735876