

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»

**XXI АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ  
ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

5 – 6 декабря 2017 г.

Тезисы докладов

В трех томах

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

Том 2

Казань  
2018

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2  
Д22

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «КНИТУ» А.Н. Николаев;  
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «КГЭУ» Э.В. Шамсутдинов

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доц. Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор);  
канд. техн. наук, доц. Э.В. Шамсутдинов (зам. гл. редактора);  
д-р пед. наук, проф. А.В. Леонтьев; д-р хим. наук, проф. Н.Д. Чичирова;  
д-р техн. наук, проф. И.В. Ившин; канд. физ.-мат. наук, доц. Ю.Н. Смирнов;  
канд. полит. наук, доц. А.Г. Арзамасова

Д22 XXI аспирантско-магистерский семинар, посвященный Дню энергетика. В 3 т. Т. 2: тезисы докладов (Казань, 5–6 декабря 2017 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 188 с.

ISBN 978-5-89873-501-2 (т. 2)  
ISBN 978-5-89873-503-6

Представлены тезисы докладов, 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 филологии по направлению «Теплоэнергетика».

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

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2

ISBN 978-5-89873-501-2 (т. 2)  
ISBN 978-5-89873-503-6

© Казанский государственный энергетический университет, 2018

## Секция 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

УДК 621.311

### УСТАНОВКА ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ

С.С. Али Язид  
КГЭУ, г. Казань

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

Использование морской воды из-за высокой концентрации солей для питья, хозяйственных и промышленных целей невозможно. Поэтому необходимо опреснение морской воды – снижение концентрации растворенных солей до оптимального уровня.

Выделяют следующие методы опреснения воды:

- биологические (способность водорослей поглощать соли из морской воды);
- химические (химическое осаждение и ионный обмен);
- физические (дистилляция, электродиализ, вымораживание и обратный осмос).

Установки обратного осмоса (УОО) обладают существенными преимуществами по сравнению с другими методами опреснения воды: энергетические затраты сравнительно невелики, установки конструктивно просты и компактны, работа их может быть легко автоматизирована.



Блок баромембранных модулей рулонного типа

Современные промышленные УОО (см. рисунок) включают фильтры тонкой очистки воды, систему реагентной подготовки, насосы высокого давления, блоки фильтрующих модулей, блоки химической промывки.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МИНИ-ТЭЦ В ЖКХ**

**М.Ф. Асатов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. Абасев**

В современных условиях все более остро возникает вопрос о модернизациях в сфере ЖКХ, в связи с малой рентабельностью данной сферы на рынке услуг и больших потерь при использовании тепловой энергии, поэтому актуальность применения мини-ТЭЦ в ЖКХ становится все более очевидным. Для большей эффективности жилищно-коммунального хозяйства предлагают ряд мер, по модернизации начиная от правовых и экономических, заканчивая техническими. Среди технических мер особое внимание уделяется применению мини-ТЭЦ, так как метод решает проблему не только использования и экономии тепловой, и электроэнергии, но также и дает генерацию, что увеличивает возможность более полного обеспечения потребителей необходимым видом энергии.

Отмечая высокую эффективность применения мини-ТЭЦ в качестве недостатка, исследователи указывают необходимость нахождения места для застройки новой станции, но данная проблема может быть решена, при реконструкции существующей котельной. В данной работе рассматриваются оба варианта применения мини-ТЭС, как постройки новой станции, так и реконструкции котельной. Наиболее эффективным решением является выбор газопоршневых установок, применение которых позволит покрывать электрические нужды не только самой станции, но также обеспечивать ей потребителей. Так же возможно обеспечение потребителей тепловой энергией, что расширяет возможности применения мини-ТЭЦ в данной сфере. Мы считаем, что применение мини-ТЭЦ позволит не только увеличить возможность покрытия спроса потребителей тепловой и электрической энергии за счет собственной когенерации, но также даст возможность отказаться от покупки электроэнергии и тепла у поставщиков на невыгодных условиях.

В данной работе проведены расчеты окупаемости постройки новой мини-ТЭЦ и реконструкции существующей котельной. Расчеты показывают экономическую эффективность данного направления модернизаций, что отражает высокую инвестиционную привлекательность проекта и его устойчивость. По результатам расчетов и проведенного анализа эффективности применения мини-ТЭЦ на примере г. Казани, сделан вывод о перспективности и экономической эффективности данного направления в сфере ЖКХ.

УДК 621.165

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ РЕЖИМОВ ТУРБОАГРЕГАТА Т-185/220-130-2 В ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ**

**Ф.З. Аскарров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. Л.А. Низамов**

Одной из важнейших особенностей энергетического производства является жесткая зависимость режима работы электрических станций от режима потребления энергии на промышленных предприятиях, транспорте, в быту и сельском хозяйстве, изменяющегося под влиянием различных факторов: сменности работы, технологических особенностей производства, климатических условий и др. Поэтому производственные процессы в энергетике отличаются динамичностью, т. е. постоянным изменением во времени общей нагрузки электростанций и отдельных агрегатов.

Диаграмма режимов работы турбин в графической форме выражает зависимость между расходом пара, электрической мощностью, тепловой нагрузкой турбоагрегатов и другими параметрами, определяющими режим работы турбоустановки и их тепловую экономичность. Построение диаграммы режимов паровых турбин выполняется на основании расчетов тепловых балансов переменных турбоагрегата. Наличие диаграммы режимов позволяет выделить область возможных режимов работы турбоустановки и определить тепловую экономичность каждого из них.

Основной характеристикой, определяющей экономичность работы теплофикационных турбин на различных режимах, является энергетическая характеристика – зависимость расхода теплоты на входе в турбогенератор от его нагрузок. В общем случае расход теплоты на входе в турбогенератор является функцией многих переменных – электрической мощности, нагрузок регулируемых отборов, параметров свежего пара и пара отборов, давления в конденсаторе, режима работы схемы регенерации и т. д. Поэтому построение энергетических характеристик теплофикационных турбин представляет собой сложную задачу.

Целью данной работы является разработка аналитической модели энергетической характеристики теплофикационной турбины Т-185/220-130-2 с регулируемым отбором пара, для последующего использования её в различных вычислениях. Обработка осуществляется с помощью математической статистики, в результате чего получаем графическое представление диаграммы режимов в эмпирической форме.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ФОРСУНОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ МАЗУТА В КОТЛАХ**

**Р.В. Ахметова, С.М. Маргулис  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. Таймаров**

Сжигание мазута в топках котлов ТЭС характеризуется рядом особенностей: высокая температура в ядре факела, увеличенная длина факела, повышенная интенсивность образования оксидов азота, необходимость поддержания повышенной температуры уходящих газов после дымососа, необходимость подогрева мазута перед подачей в топку до температуры порядка 90 °С, необходимость подогрева воздуха в калориферах перед регенеративными подогревателями. Существующие в настоящее время паромеханические форсунки типа ФУЗ-5000 и механические форсунки типа Ильмарине не обеспечивают формирование факела с равномерным распределением температуры по всему объему факела. Кроме того, при сжигании мазута с помощью существующих форсунок наблюдается недостаточное дробление капель мазута и их догорание происходит в конце факела и набросом его на противоположный экран. Одной из причин этого является применение периферийной тангенциальной крутки воздуха в горелках. Угол раскрытия факела является постоянным при всех паровых нагрузках котлов. Поэтому при проектировании новых типов форсунок необходимо предусматривать возможность более мелкого дробления капель мазута, обеспечивающего объемное сгорание в начале и в середине факела при всех паровых нагрузках. В упомянутых выше форсунках дробление капель мазута происходит однократно на выходе через отверстия форсунки под определенным углом [1]. В данной работе предлагается разработка треступенчатого дробления капель мазута в паромеханических форсунках. Первичное дробление происходит на выходе из центральных сопел, вторичное дробление – за счет соударения образовавшихся капель с распыляющим паром, третичное дробление – за счет соударения капель после вторичного дробления с плоскостью распыливающего насадка [2]. Угол раскрытия факела регулируется за счет перемещения регулирующей втулки и давления мазута. Рекомендуемая для разработки новых форсунок крутка воздуха должна быть периферийной с аксиальными лопатками с наружным и внутренним концентрическим их расположением.

## Список литературы

1. Исследование химических процессов образования оксидов азота при сжигании газа и мазута / М. А. Таймаров [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 20. – С. 80–83.

2. Пат. 115870 Российская Федерация. МПК F 23 D 11/10, F 23 D 11/36. Форсунка / Таймаров М. А., Ахсанов М. М.; патентообладатель ФГБОУ ВПО КГЭУ. – 2011141697/06; заявл. 13.10.11; опубл. 10.05.12. Бюл. № 13. – 2. с.

УДК 621.183

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА ПГУ ТРЕХ ДАВЕНИЙ НА БАЗЕ ГТУ V-94.3A**

**Е.А. Бойко**

**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. доц. С.В. Новичков**

Среди бинарных ПГУ наиболее перспективными установками, способными достичь КПД 55–60%, являются ПГУ с котлами утилизаторами трёх давлений, использующие тепло уходящих газов мощных газовых турбин, от 200 МВт и выше. Как известно, одним из способов повышения эффективности работы любых паросиловых установок является введение промежуточного перегрева пара.

При постоянных начальных параметрах пара применение промежуточного перегрева приводит к смещению точки конечного состояния пара вправо, и, следовательно, к уменьшению влажности пара в последних ступенях турбины. Если средняя температура подвода тепла в дополнительном цикле будет выше, чем в основном, то такое введение промежуточного перегрева приведёт не только к уменьшению потерь от влажности, но и к росту термического КПД цикла. В этой связи, исследования возможности применения промежуточного перегрева пара у бинарных трехконтурных ПГУ, с целью повышения эффективности производства электроэнергии, является весьма актуальной задачей. В работе производится экономическая оценка применения бинарной ПГУ трех давлений как с промперегревом, так и без промперегрева. В состав рассматриваемой ПГУ входит следующее оборудование: газотурбинная установка типа V-94.3A мощностью 200 МВт, котел-утилизатор «ЗиОМАР» (г. Подольск) вертикальный трех давлений, паровая турбина типа К-107-6,8. Расчет ПГУ

на двух режимах в течение года осуществлялся для условий г. Санкт-Петербург: температура наружного воздуха на номинальном режиме – 7,9 °С, на пониженном режиме – +17,8 °С; газ газопровода Серпухов–Ленинград.

Оценка экономической эффективности производилась с использованием интегральных показателей экономической эффективности: чистый дисконтированный доход или интегральный эффект; индекс доходности; внутренняя норма доходности. Проведён анализ чувствительности результатов расчётов при изменении стоимости природного газа и тарифа на электроэнергию.

УДК 621.183

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТКЛЮЧЕНИЯ ПНД ТУРБИНЫ Т-118/125-130 НА ПЫЛЕУГОЛЬНОЙ ТЭЦ**

**С.А. Быканов**

**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. доц. С.В. Новичков**

В связи с разуплотнением суточных графиков энергосистем большое значение имеет исследование эффективных способов прохождения минимумов электрической нагрузки в ночные часы и в выходные дни. Поэтому весьма актуальным являются исследования по выбору наиболее эффективных способов форсирования мощности паротурбинных блоков.

Как известно получение дополнительной мощности (форсировка мощности) на паровых турбинах типа «Т» и «ПТ» может осуществляться:

– путем уменьшения на время форсировки величины производственного отбора турбин «ПТ» с пропуском освобождающегося пара в отопительный отбор или конденсатор;

– путем уменьшения на время форсировки отопительных отборов турбин «Т» и «ПТ» с пропуском освобождающегося пара в конденсатор.

В работе рассматривается возможность получения дополнительной электрической мощности при отключении подогревателей низкого давления (ПНД) на пылеугольном блоке с новой турбиной Т-118/125-130, в пределах резерва по электрической мощности турбоагрегата. Отключение регенеративных подогревателей низкого давления производилось на различных режимах работы станции (максимально-зимнем, средне-зимнем, летнем) и при разных коэффициентах теплофикации (0,5; 0,65; 0,7). Прирост мощности турбины появлялся вследствие того, что пар из отбора направлялся



в проточную часть турбины, где совершалась дополнительная работа расширения. Следует учесть, что с учетом минимально необходимой температуры основного конденсата на входе в деаэратор (148 °С) отключение всех подогревателей низкого давления невозможно. Максимальным числом подогревателей, которые можно отключить, является – три. Работа ТЭЦ при отключении ПНД оценивалась по следующим показателям: удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии, КПД ТЭЦ по отпуску электроэнергии, удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении, коэффициент использования теплоты топлива. Экономическая эффективность оценивалась на основе интегральных показателей эффективности.

УДК 621.18.018.52

## **УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЭЦ-2 Г. НИЖНЕКАМСК**

**А.А. Галеев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Г. Филимонов**

Проводимая модернизация на российских нефтеперерабатывающих производствах позволила повысить глубину переработки нефти на 5% и составила в среднем по России 79%. Одним из важных вторичных продуктов нефтепереработки является кокс, который широко используется в металлургической промышленности, а также для сжигания в энергетических установках.

В начале июля 2016 года на заводе ОАО «ТАНЕКО», в режиме комплексного опробования оборудования успешно выведена установка замедленного коксования (УЗК). С выходом на проектную мощность УЗК будет производить 700 тысяч тонн нефтяного кокса ежегодно, а также увеличит глубину переработки нефти с 73,2 до 95 %.

В связи с тем, что нефтяной кокс, получаемый на УЗК, имеет очень высокую теплоотдачу, руководством ПАО «Татнефть» было принято решение использовать его в качестве топлива на ТЭЦ-2 города Нижнекамск (ООО «Нижнекамская ТЭЦ»).

Сжигание нефтяного кокса автономно затруднительно, ввиду сложности организации устойчивого температурного режима горения при низком выходе летучих веществ. Возможным вариантом сжигания кокса является его сжигание в смеси с другим топливом – природным газом или углем. Принимая во внимание наличие в ООО «Нижнекамская ТЭЦ» природного газа как основного топлива вариант с «подсветкой» топки природным газом является наиболее целесообразным.

При этом, организация подобного сжигания на основе типовых решений для пылеугольных котлов имеет ряд эксплуатационных рисков, определяемых в том числе и отсутствием опыта подобного сжигания в нашей стране в промышленных масштабах. Возможными «проблемными» вопросами являются: усиленное шлакование поверхностей нагрева котлоагрегатов, наличие химического и механического недожога топлива, повышенное образование загрязняющих веществ и лавинообразные процессы коррозии, неустойчивое горение.

В рамках проводимых научных исследований предполагается анализ потенциальных проблем и разработка мероприятий, направленных на их предупреждение, либо нейтрализацию.

УДК 620.97

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАЗУТА ПРИ ЕГО ПОДГОТОВКЕ К СЖИГАНИЮ**

**А.Т. Ганеев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева;  
канд. техн. наук, доц. В.К. Мезиков**

В настоящее время актуальным является исследование влияния различных физических воздействий на характеристики традиционных углеводородных топлив, в частности мазута. Ультразвуковой диапазон можно разделить на высокие частоты (2–10 МГц); средние частоты (300–100 кГц) и традиционный низкочастотный диапазон (< 300 кГц). Воздействие ультразвука вызывает кавитацию, нагревание, создает турбулентность, а также может разрушить молекулы и изменить структуру жидкости. Принимая во внимание такой отрицательный аспект как высокая вязкость мазута и нефтяных эмульсий, необходимо учитывать, что насыщенные углеводороды со своей квазисферической формой при даже не очень низких температурах образуют кристаллические решетки. Подобная структура содержит ячейки, в которых заключена жидкая фаза и, таким образом, у нефти растет вязкость. Но помимо увеличения вязкости нефти, для нефтепромыслов характерна проблема отложений в трубах тяжелых веществ. При воздействии на обрабатываемую жидкость равномерно распределенным по сечению потока жидкости звуковым полем с частотой 20–23 кГц и мощностью 5 кВт улучшаются эксплуатационные характеристики продуктов переработки нефти и углеводородного сырья. Перспективным

направлением является использование ультразвуковой обработки для конверсии нефтяных остатков, в частности мазутов. При этом происходит увеличение содержания дистиллятных фракций, выкипающих до 350 и 500 °С. В результате ультразвуковой обработки происходит изменение состава нефтяного остатка, в частности, увеличивается содержание асфальтенов и снижается содержание парафинонафтеновых углеводородов. В данной работе проведен ряд экспериментов воздействия ультразвука на динамическую вязкость мазута. Построена зависимость изменения вязкости от скорости сдвига, в среднем зафиксировано снижение вязкости в два раза при воздействии ультразвука по сравнению с нагревом до определенной температуры.

УДК 621.165

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБОУСТАНОВКИ ПТ-140/165-130 С ПИКОВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ СЕТЕВОЙ ВОДЫ**

**Д.И. Гатауллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.А. Низамов**

Турбина ПТ-140/165-130/15 – теплофикационная паровая турбина с регулируемым одним производственным и двумя теплофикационными отборами пара для нужд производства, отопления и горячего водоснабжения.

Регенеративная система турбоустановки включает подогреватели, утилизирующие теплоту пара из уплотнений и эжекторов, четыре ПНД, деаэратор и три ПВД. Подогреватели низкого давления питаются греющим паром из ЦНД турбины, а ПВД и деаэратор – из ЦВД.

Теплофикационная установка состоит из двух горизонтальных сетевых подогревателей. Каждый подогреватель рассчитан на номинальную теплопроизводительность 64 МВт. При работе с одним нижним теплофикационным отбором сетевой подогреватель ПСГ1 может обеспечивать номинальную тепловую нагрузку турбоустановки, равную 128 МВт.

При низких температурах окружающего воздуха может быть осуществлён трёхступенчатый подогрев сетевой воды с использованием пиковых водогрейных котлов.

На сегодняшний день объём пара, отпускаемого на производство гораздо ниже, чем в советское время. Поэтому в условиях сокращения потребления пара производственных параметров предприятиями становится актуальной задача загрузки производственных отборов турбин. Одним

из вариантов решения данной задачи является установка дополнительных подогревателей сетевой воды, использующих в качестве греющей среды пар производственных параметров.

УДК 621.311.22

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БАШЕННЫХ ГРАДИРЕН ТЭС**

**Б.А. Гильфанов, Р.И. Разакова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: д-р хим. наук, проф. А.А. Чичиров;  
канд. техн. наук, доц. С.М. Власов**

Современные города растут в быстром темпе и чтобы обеспечить их тепловой и электрической энергией строятся тепловые электрические станции (ТЭС). Принцип работы станции основывается на воде. Вода является теплоносителем и её нужно охладить для следующего использования в контурах станции. На такой тепловой электростанции система технического водоснабжения является оборотной. Для охлаждения пара в конденсаторе турбины, используют циркуляционную воду из градирен.

Падение температуры воды в градирнях происходит за счет испарения. Низкая температура улучшает вакуум в конденсаторе, что в свою очередь увеличивает теплоперепад на турбину, повышая её мощность.

Главным достоинством оборотного водоснабжения является то, что они занимают мало места и уместаются на площадке электростанции. Градирни рассеивают теплоту в атмосферном воздухе, что с экологической точки зрения является преимуществом. В настоящее время станции переходят от железобетонных к металлическим конструкциям градирен, что облегчает их строительство и обслуживание.

Градирни имеют потери на унос через башни. Если конструкции, оборудованные водоуловителями, то потери равны или меньше 0,05%, без водоуловителя составляют 0,5–0,8% циркуляционного расхода воды. При средней скорости ветра потери на унос ветром через воздухоходные окна составляют 0,02–0,05%.

Таким образом установка водоуловителя улучшает работу градирни, снижая потери на унос. Мы видим положительные стороны, обеспечивающие увеличения мощности станции в целом. Это позволит сократить расходы на потребление воды, а также ее сброс, что улучшает экономические экологические показатели станции.

УДК 621.183

## **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ НА ПЫЛЕУГОЛЬНОМ БЛОКЕ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЛА ТПП-312А**

**В.Ю. Зебров**

**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. доц. С.В. Новичков**

Одним из путей повышения эффективности существующих энергоблоков и выработки дополнительной электрической мощности, при покрытии переменной части графиков электрической нагрузки, является использование турбинного экономайзера для нагрева питательной воды с байпасированием подогревателей высокого давления.

Модернизация котельного агрегата с нагревом питательной воды в орребренном турбинном экономайзере при отключенных подогревателях высокого давления (ПВД) приводит к повышению КПД котельного агрегата, при этом снижается расход топлива. Кроме этого, увеличивается мощность паровой турбины. В этой связи исследование способов получения дополнительной электрической мощности за счет модернизации котла является актуальной задачей.

Рассматривается способ повышения мощности на примере пылеугольного энергоблока с модернизированным котлом ТПП-312А. Модернизация котла ТПП-312А заключалась в следующем. Вместо старого гладкотрубного экономайзера в существующий объем газохода ставятся две поверхности нагрева из орребренных труб. Первая ступень орребренной поверхности представляет собой экономайзер котла, а другая так называемый турбинный экономайзер, т.е. включенный по питательной воде в схему регенерации паровой турбины К-300-240. Обе поверхности нагрева выполнены из труб с поперечным спиральным орребрением. Такие поверхности обладают высокой тепловой эффективностью и компактностью. Модернизация котла с установкой в газоходе дополнительной поверхности нагрева в виде турбинного экономайзера позволяет не только повысить КПД котла, но одновременно увеличить мощность паровой турбины, в схему регенерации которой включен турбинный экономайзер.

Анализировались две принципиальные схемы увеличения мощности паровой турбины, за счет отключения подогревателей высокого давления (ПВД) и нагрева байпасируемой питательной воды в турбинном экономайзере.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНИ-ТЭЦ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫРАБОТКИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

**Н.В. Крапивин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Волков**

Когенерационные мини-ТЭЦ (КмТЭЦ) – это электростанции с комбинированным производством электричества и тепловой энергии. Использование в практических целях отработавшего тепла силовых агрегатов электростанций является отличительной особенностью мини-ТЭЦ и носит название когенерация. Газопоршневые установки (КГУ), установленные на мини-ТЭЦ, это оборудование для выработки двух видов энергии – электрической и тепловой, имеющие ряд своих плюсов: самый высокий КПД, очень низкая себестоимость вырабатываемой электроэнергии, наиболее короткие сроки окупаемости, минимальное количество выбросов в атмосферу.

В летний период при отсутствии отопительных и вентиляционных нагрузок вырабатываемая в газопоршневых двигателях тепловая энергия идет только на нужды ГВС. В этот период возможна работа только одного двигателя. При сохранении выработки электрической энергии от двух генераторов образуются излишки полезно используемой тепловой энергии. В зимний период во время максимальных отопительных, вентиляционных нагрузок, а также максимальных нагрузок ГВС тепловой энергии, вырабатываемой КГУ, может не хватать для их покрытия. В этом случае недостающая тепловая энергия вырабатывается пиковым водогрейным котлом, подключенным к системе теплоснабжения по параллельной схеме и подающим теплоноситель с помощью насоса. При использовании такой схемы работы Мини-ТЭЦ КПД установки может увеличиваться до 90%. При этом, соотношение мощности двигателя и вырабатываемой установкой энергии составляет  $1 \times 1$ , что является очень неплохим показателем. Ведь при этом на 1 кВт мощности двигателя приходится 1 кВт общей (тепловой и электрической) вырабатываемой энергии.

Все это делает Мини-ТЭЦ на базе газопоршневых энергоблоков универсальным вариантом решения проблемы энергоснабжения. К недостаткам можно отнести: высокую скорость двигателя, что приводит к возникновению вибрации, и необходимость использования более сложной системы отвода отработанных газов.

УДК 621.039

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ АЭС****С.С. Кривулин****СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов****Науч. рук. ассист. И.А. Ростунцова**

Проведено обоснование атомной теплофикации на базе теплоснабжения г. Заречный от Белоярской АЭС в параллельной работе с существующими котельными. Использование ТФУ блока БН-800 позволит обеспечить 90% нагрузок потребителей, что значительно больше при использовании районных котельных (РК). Существующие котельные города введены в эксплуатацию с 1970 года и выработали свой ресурс. Дополнительно, отключение котельных позволит снизить ущерб от химического загрязнения атмосферы при сжигании органического топлива и уменьшить затраты на природный газ. При определении оптимальной схемы теплоснабжения от АЭС и РК важным является распределение базовой и пиковой нагрузки между источниками теплоты, а именно покрытие теплофикационной нагрузки от АЭС в зависимости от коэффициента атомной теплофикации от 0 до 100%, с последующим частичным или полным выводом РК из теплоснабжения до того момента пока максимально возможная тепловая нагрузка блоков АЭС в размере 1047,5 ГДж/ч покроет ту же нагрузку, вырабатываемую РК. Оптимальный коэффициент теплофикации АЭС будет обеспечивать наиболее эффективный вариант теплоснабжения, и определять собою доленое участие различных участников в суммарном графике тепловых нагрузок.

Оптимальное значение коэффициента теплофикации определялось исходя из годового экономического эффекта, который равен:

$$\mathcal{E}_Г = P_Г - Z_Г,$$

где  $P_Г$  – годовой результат от внедрения варианта;  $Z_Г$  – годовые затраты во внедренный вариант.

Основными затратами на АЭС, при осуществлении теплоснабжения, являются затраты в тепловые сети и на недовыработку электроэнергии при покрытии теплофикационной нагрузки из нерегулируемых отборов турбины. Годовой экономический эффект от внедрения оптимального варианта теплоснабжения (с коэффициентом теплофикации от АЭС 0,9) составит 384 млн. руб./год.

УДК:621.3

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ «НЕДОГРУЗКИ» СТАНКА**

**Д.И. Кулизаде**

**ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. Шварцбург**

В электроприводах станков часто используют в качестве преобразователя энергии электродвигатели переменного тока. Особенностью их эксплуатации при реализации технологических процессов является наличие на валу таких двигателей мощности, существенно меньшей номинальной мощности самих двигателей – «недогрузка» станка. В этом случае двигатель работает при невысоких коэффициентах мощности  $\cos\varphi$ , т.е. при завышенных потребляемых токах, которые определяют высокое значение реактивной составляющей потребляемой мощности  $Q$ , а значит и полной потребляемой мощности  $S$ .

Интерес для повышения энергоэффективности технологических процессов резания представляет метод искусственного повышения коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ) посредством компенсации сдвига фаз.

В этом случае, при реализации конкретного машиностроительного технологического процесса резания на конкретном технологическом оборудовании, создается, например, посредством включения параллельно фазным обмоткам электродвигателя станка емкостей, компенсационный ток, величина которого соответствует реактивной составляющей потребляемого тока.

Этот метод позволяет минимизировать потребление энергии при реализации технологических процессов без изменения других показателей качества и количественно оценить комплексное воздействие этих процессов на окружающую среду и человека.

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ УСТАНОВОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВОД ТЭС И АЭС В ПРУДАХ-ОХЛАДИТЕЛЯХ**

**А.Р. Мамлеева, А.С. Виноградов**

**КГЭУ, г. Казань**

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

Пруды-охладители являются регуляторами поверхностного стока и обеспечивают оборотное водоснабжение крупных электростанций.

Пруды-охладители применяют при низких требованиях к эффекту охлаждения воды, наличии естественных водоемов или искусственных водохранилищ с большим объемом воды.



Авторы [1] разработали инновационную технологию снижения температуры поверхностных слоев воды в летнее время благодаря подъему более холодных придонных слоев. При этом параметры объекта определяют расчетным путем с использованием законов равновесия и движения жидкости.

Так же известно устройство для подъема придонных слоев воды в водоеме, содержащее вертикальную трубу с лопастным винтом, соединенным с ветровым двигателем [2]. Недостатком устройства является бесполезность его применения в регионах с незначительными ветровыми потоками.

Известна система оборотного водоснабжения электростанции, разработанная авторами [3]. Система оборотного водоснабжения отличается тем, что дополнительное устройство для барботажа наружного воздуха размещено в зоне водосброса водоема-охладителя.

Данные работы направлены на повышение эффективности работы прудов-охладителей путем интенсификации теплообмена воды по объему водоема.

### Список литературы

1. Пат. 52020 Российская Федерация. МПК E 02 В 15/00, F 28 В 9/06. Устройство для подъема придонных слоев воды в водоеме / Мадоян А. А. [и др.]; патентообладатель Мадоян А. А. – № 2005136999/22; заявл. 29.11.05; опубл. 10.03.06. Бюл. №7. – 2 с.

2. Пат. 2044825 Российская Федерация. МПК E 02 В 15/00. Устройство для регулирования экологической системы водоема / Бирицкий М. И.; заявитель и патентообладатель Бирицкий М. И. – №5045884/15; заявл. 04.06.92; опубл. 27.09.95.

3. Пат. 39391 Российская Федерация. МПК<sup>7</sup> F 28 В 9/06. Система оборотного водоснабжения электростанции / Мадоян А. А. [и др.]; патентообладатель Мадоян А. А. – №2003115403/22; заявл. 26.05.03; опубл. 27.07.04.

УДК 621.311

## ВНЕДРЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Л.М. Мингалеева  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. А.Ш. Низамова

В постановлении Кабинета Министров РТ «Об утверждении государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Татарстан на 2014 - 2020 годы» от 4 декабря

2013 года № 954, одним из главных направлений повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве является внедрение энергосберегающих технологий при модернизации. Существенный энергосберегающий эффект может быть получен за счет комплексной модернизации тепло- и водоснабжения зданий кустовым методом с установкой автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов и ликвидацией центральных тепловых пунктов.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это комплекс устройств, который транспортирует тепловую энергию от тепловой сети к отоплению и ГВС. ИТП размещают в подвалах дома или в технических помещениях здания.

По словам председателя комитета ЖКХ исполкома Казани Искандера Гиниятуллина в 2017 году в Казани планируется установить 1394 ИТП в 1115 многоквартирных домах и 165 бюджетных учреждениях.

Модернизация сетей связана с износом центральных тепловых пунктов, около 70%, следствием которого являются большие потери тепловой энергии. Для их реанимирования, по словам энергетиков понадобится 3,7 млрд руб.

Если установить ИТП, то за счет эффективного оборудования получим экономию на 12%, т. е. если для нагрева 1 м<sup>3</sup> воды в ЦТП необходимо 0,062 Гкал, то в ИТП – 0,055 Гкал.

УДК 621.311

## **СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ БЕССТОЧНЫХ МАЛООТХОДНЫХ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**А.И. Минибаев, А.Р. Мамлеева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: д-р хим. наук, проф. Н.Д. Чичирова;  
канд. техн. наук, доц. С.М. Власов**

Использование электромембранных аппаратов в схемах переработки и утилизации стоков позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду за счет полного исключения сброса, а также получить дополнительный экономический эффект за счет выделения из стоков ценных компонентов, возвращаемых в производственный цикл.

Для отработки технологий утилизации высокоминерализованных сточных вод ионитной ВПУ был собран лабораторный электромембранный стенд. За основу был взят лабораторный стенд, разработанный в 2013 году в рамках работы № 14.В37.21.0658. Стенд был кардинально преобразован в соответствии с новой задачей. Принципиальные изменения коснулись основного элемента – электромембранного аппарата. Был установлен новый мембранный пакет из более химически стойких мембран, позволяющих работать в агрессивной среде при высоких токовых нагрузках.

Электромембранная установка в качестве основного элемента включает четырехтрактный электромембранный аппарат. Аппарат представляет собой многокамерную однопакетную сборку, в которой особым способом соединены ионообменные мембраны и прокладки проточного типа, образующие тракты для подачи обессоливаемых растворов. Материалы, контактирующие с растворами – химически коррозионностойкие.

Аппарат предназначен для проведения лабораторных работ при изучении применимости процесса для различных способов очистки и обессоливания воды, переработки сточных вод, концентрирования водных растворов неорганических солей, разделения раствора солей на щелочной и солевой растворы.

Публикация материалов работы осуществлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 17-48-160401.

УДК 621.311.2

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ**

**Н.Н. Мирошниченко**  
**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. ассист. И.А. Ростунцова**

Одним из новых направлений в решении проблемы повышения маневренности АЭС является включение в схему станции контура с аккумулятором тепловой энергии, который позволяет сохранить стабильный режим работы реакторного оборудования при работе АЭС с переменной электрической нагрузкой. На таких АЭС может использоваться стандартное реакторное оборудование. В состав системы аккумуляирования тепловой энергии входят: четыре (по числу парогенераторов) параллельно включённых теплообменника зарядки (ТЗ), четыре бака высокотемпературного теплоносителя (ВТТ), насосы прокачки ВТТ, четыре параллельно включённых

теплообменника разрядки высокого давления (ТРВД), и столько же теплообменников разрядки низкого давления (ТРНД), регулирующая и запорная арматура. В качестве аккумулирующей среды используется высокотемпературный теплоноситель-масло ТЛВ-330. Нагрев масляного теплоносителя проводится в ТЗ теплотой конденсации части свежего пара, отбираемого из основного потока при снижении нагрузки. Отбор пара осуществляется через дроссельно-регулирующие клапаны ТЗ, настроенные на поддержание давления пара в ПГ, что исключает необходимость в изменении мощности реактора. Нагретый масляный теплоноситель накапливается в баках ВТТ и, при необходимости, возвращает теплоту рабочей среде через ТРВД и ТРНД, частично берущие на себя в этот момент функции регенеративных подогревателей. Это позволяет уменьшить величину регенеративного отбора пара на подогрев основного конденсата и питательной воды и использовать данный пар на увеличение мощности турбины. В период разрядки аккумулятора теплоты происходит отключение части высокого и низкого давления. Нагрев питательной воды и основного конденсата происходит в теплообменниках ТРВД и ТРНД. Рассмотрены два варианта диспетчерского графика нагрузок: при семичасовой ночной разгрузке энергоблока на 20% номинальной мощности возможно дневное повышение мощности в виде двух четырехчасовых пиков нагрузки на 13,3% от номинального либо семнадцатичасовое, так называемое «полупиковое» повышение мощности на 6,6% от номинального значения.

УДК 621.311.22

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКО-ОСТАНОВОЧНЫХ РЕЖИМОВ  
ОГНЕВОГО СТЕНДА КАФЕДРЫ «ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
СТАНЦИИ» КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**К.М. Мирсалихов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Грибков**

Целью доклада является отображение результатов, полученных в ходе исследования пуско-остановочных режимов огневого стенда кафедры ТЭС КГЭУ.

Огневым стендом служит для получения продуктов сгорания при различных режимах работы газовой горелки, состав которых затем анализируется.

Огневой стенд представляет собой газоплотную камеру сгорания, снабженную газовой горелкой со смесеобразованием на поперечных струях, что обеспечивает равномерное смешивание и устойчивый факел. В качестве топлива используется пропан.

Стенд может быть использован как для научных, так и для учебных целей.

Для того чтобы планировать объем и вид лабораторных работ, необходимо знать пуско-остановочные характеристики стенда. Основными такими характеристиками является скорость прогрева и расхолаживания камеры сгорания, а также изменение температуры уходящих газов, так как по мере прогрева состав продуктов сгорания изменяется. Для анализа этого изменения, с помощью газоанализатора Testo 350-XL производился забор и анализ пробы дымовых газов, полученных в камере сгорания огневого стенда в начале и в конце прогрева. Для определения температуры уходящих газов использовалась термопара с выводом результата измерения на милливольтметр.

В данной работе, мною исследованы режимы пусков и остановов при различных сочетаниях расхода воздуха и топлива подаваемых на горелку. В результате был определён оптимальный пуско-остановочный режим.

УДК 621.311.04

## **РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ**

**Л.А. Мухаметзянова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АХМЕТОВА И.Г.**

Целью проведения экспериментальных исследований является внедрение системы риск-менеджмента на энергетических предприятиях, методы управления рисками.

Риск-менеджмент включает в себя:

- процесс выработки цели риска и рискованных вложений капитала;
- определение вероятности наступления события;
- выявление степени и величины риска;
- анализ окружающей обстановки;
- выбор стратегии управления риском;
- выбор необходимых для данной стратегии приемов управления риском и способов его снижения, т. е. приемов риск-менеджмента;
- осуществление целенаправленного воздействия на риск.

Управление рисками в генерирующих компаниях требует системного подхода, учитывающего специфику отрасли, с применением мощного инструментария современного риск-менеджмента, такого как: операционное хеджирование, хеджирование с использованием производных инструментов, передача рисков третьим лицам, оптимизация товарных и денежных потоков, использование контрактов с опционными характеристиками и т. д.

При управлении рисками необходимо особое внимание уделить: тщательному отбору персонала; распределению рисков между инфраструктурными организациями; внутреннему контролю над ходом и исполнением бизнес-процессов; страхованию ответственности от ошибок и технологических сбоев; совершенствованию нормативно-правового регулирования.

УДК 621.43

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЭС ВНЕДРЕНИЕМ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**С.Д. Осьмилин**  
**СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов**

**Науч. рук. ассист. И.А. Ростунцова**

Основным направлением обновления тепло- и электрогенерирующих мощностей России является сохранение действующего оборудования с вводом новых мощностей на основе парогазовых и газотурбинных технологий. Техническое перевооружение ТЭЦ осложняется необходимостью обеспечения надежного и бесперебойного теплоснабжения потребителей в течение всего периода замены оборудования. Поэтому при реконструкции ТЭЦ актуальным является установка газотурбинных надстроек, которые позволяют сохранить компоновку главного корпуса, тепловую схему, а в ряде случаев и основное оборудование. Существенную роль играют и более низкие капитальные вложения по сравнению с внедрением бинарных схем, оказывающие положительное влияние на снижение стоимости вырабатываемой электрической и тепловой энергии. Рассмотрена схема и проведена оценка эффективности модернизации действующего энергоблока ТЭЦ по парогазовому циклу, путем включения в тепловую схему блока Т-110/120-130 газовой турбины со сбросом газов в энергетический котел. Разработана схема глубокого охлаждения уходящих газов ГТУ путем замены паровой регенерации высокого давления на газовую за счет установки газовой подогревателей. При этом ГТУ подбирается по массовому расходу газов, который не превышает 25–30% воздуха. При условии

вышеописанной модернизации, в зависимости от использования (по условиям габаритов, конструкции и схемы) той или иной ГТУ, достигается увеличение электрической мощности. КПД выработки электроэнергии нетто ПГУ возрастает до 50–55%. Экономия топлива по сравнению с ПТУ такой же мощности достигает 10%. Для более глубокого охлаждения газов ГТУ и получения максимальной дополнительной электрической мощности в тепловую схему ПГУ включены газоводяные подогреватели, замещающие паровую систему регенерации. При отключении трех ПВД получен прирост электрической мощности 15,52 МВт; интегральный эффект составит 1256 млн руб. при горизонте расчета 9 лет.

УДК 621.311

## **СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ БАШЕННОЙ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ГРАДИРНИ**

**Д.В. Просвирнина**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.М. Власов**

Основными процессами, сопровождающиеся сбросом диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосферу, на тепловых электрических станциях (ТЭС) являются сжигание органических видов топлива в паровых котлах и процесс десорбции в башенных испарительных градирнях (БИГ).

При эксплуатации башенных испарительных градирен происходят выбросы вредных веществ, которые в свою очередь ведут к негативным последствиям для окружающей среды и качества жизни человека:

- 1) тепловое загрязнение;
- 2) выбросы диоксида углерода (парникового газа), влияющие на теплообмен с окружающим пространством, блокирующие переизлучаемое тепло на ряде частот, что в свою очередь сказывается на формировании климата в целом.

В современный период известно, что к 2016 году концентрация диоксида углерода достигла своего максимального количества и превысила значение 400 ppm. В связи с этим, в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата было ратифицировано девяносто шестью странами – участниками Парижское соглашение, регулирующее меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 года.

По анализу литературных данных можно сделать вывод, что за весь период эксплуатации БИГ не было проведено полномасштабных исследований по снижению выброса диоксида углерода из БИГ.

В ходе проведения лабораторных исследований водно-химического режима для системы оборотного охлаждения с БИГ на смоделированном лабораторном стенде «Установка водооборотного охлаждения – 0,3» («УВО – 0,3») было замечено «явление», протекающее с абсорбцией и десорбцией диоксида углерода из воздуха многокомпонентными, в том числе щелочными растворами при стабилизации химического равновесия системы. Замеченное «явление» не было однократным и повторялось при каждом исследовании.

Полученные результаты исследования являются предпосылкой для изучения влияния химических режимов системы оборотного охлаждения на процесс снижения диоксида углерода из БИГ.

УДК 621.311.04

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ СИНХРОННЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

**М.Р. Рафиков**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук д-р техн. наук, проф. И.М. Валеев**

Современная электроэнергетика характеризуется значительным объемом ввода линий высокого и сверхвысокого напряжения для обеспечения электроэнергией развивающихся промышленных регионов, а также для усиления связи между отдельными энергорайонами. Анализ эксплуатации энергоблоков тепловых электрических станций указывает на необходимость работы энергоблоков в маневренных режимах больше, чем раньше, из-за возросшей неравномерности графиков нагрузки энергосистем при недостатке регулируемых средств компенсации реактивной мощности.

Таким образом, возникает требование к длительной работе турбогенераторов по потреблению реактивной мощности, особенно в период минимума нагрузки. Установленные на тепловых электростанциях турбогенераторы традиционного типа (синхронные) практически не допускают режимов потребления реактивной мощности даже в тех конструкциях, где решены проблемы нагрева торцевых зон. Это связано с малыми запасами статической и динамической устойчивости при потреблении реактивной мощности.

Существенным недостатком синхронной машины является её неустойчивость при углах нагрузки близких к  $90^\circ$ , что затрудняет передачу электрической энергии на дальние расстояния, и практически не осуществляемый режим потребления реактивной мощности.



Для устранения этого недостатка используют асинхронизированные синхронные турбогенераторы (АСТГ). Особенностью АСТГ является возможность полной компенсации асинхронных ЭДС, наводимых в обмотках ротора со стороны статора (при соответствующем регулировании возбуждения). При этом генератор остается синхронной машиной, обеспечивающей режим выдачи реактивной мощности, и в тоже время способной при сохранении требуемого запаса статической устойчивости работать в режиме потребления реактивной мощности.

УДК 621.183

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЛОКОВ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

**Д.А. Русаков**

**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. ассистент И.А. Ростунцова**

Актуальность проблемы определяется основными направлениями развития теплоэнергетики России на период до 2030 г. обеспечивающие техническое перевооружение и реконструкцию тепловых электростанций, а также ввод новых генерирующих мощностей с использованием новых эффективных технологий производства электроэнергии. С этой целью целесообразно внедрять теплоэнергетическое оборудование с высокими параметрами рабочих, обеспечивающее повышение экономичности существующих ТЭС на 1,5–1,8%. Промежуточный перегрев пара применяют для следующих целей: повышения степени сухости пара на выходе из турбины; повышения работоспособности пара и КПД турбины за счет подвода к пару дополнительной теплоты; повышения начального давления пара  $p_0$  сверх сопряженного его значения. В ходе работы были произведены расчёт и сравнение критериев эффективности турбоустановки сверхкритических параметров типа К-1200-240 с одной и двумя ступенями промежуточного перегрева. В результате теплового расчёта двух принципиальных схем с одной и двумя ступенями промежуточного перегрева были получены следующие значения электрических КПД:  $\eta_{\text{э}}^{\text{пп1}} = 0,404$ ,  $\eta_{\text{э}}^{\text{пп2}} = 0,464$ . При внедрении дополнительной ступени перегрева наблюдается прирост КПД, что положительно сказалось на величине удельного расхода топлива, а, следовательно, существенно повысило экономичность станции. Однако такое внедрение повлекло за собой изменения в тепловой схеме традиционного блока К-1200-240, а именно, разделение цилиндра высокого давления

на две части ЦВД и ЦВД. Кроме того, в схему был добавлен дополнительный подогреватель низкого давления, что также повысило эффективность цикла. Введение второй ступени ПП понижает влажность рабочего тела на последних ступенях турбины. По этой причине имеется потенциальная возможность углубления вакуума в конденсаторе, и как следствие, увеличения работы цикла. Также благодаря пониженной влажности уменьшается стоимость изготовления лопаток последних ступеней за счёт возможности использования менее эрозионно-устойчивого металла.

УДК 621.187

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ХАРАКТЕРА ОТЛОЖЕНИЙ НА ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАНАХ

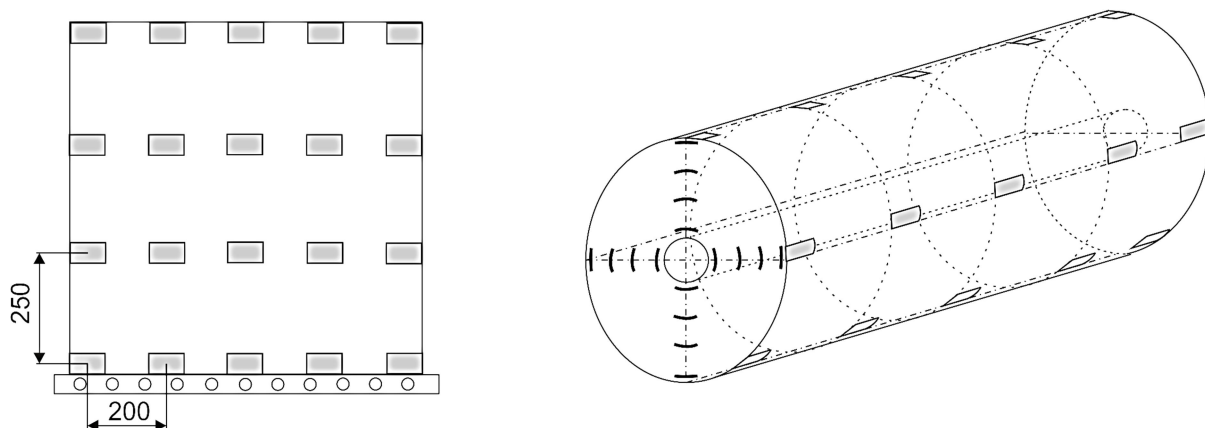
С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова  
КГЭУ, г. Казань

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

Выявляя причину преждевременного выхода из строя мембранных блоков установки обратного осмоса, был использован метод ИК-спектроскопии для выявления характера отложений на мембранах.

Исходным материалом для исследований состава отложений стали отработанные ацетатцеллюлозные мембраны обратноосмотического рулонного фильтрационного элемента NanoRO К 8040-С установки «Шарья МП-25-ОО» для переработки стоков котельной «Ашальчи» Ашальчинского месторождения ПАО «Татнефть».

Образцы выбирались из пяти точек по длине и четырех точек по ширине 1-го, 8-го, 15-го и 21-го мембранных слоев, как показано на рисунке. Всего было взято 80 образцов.



Места изъятий проб материала

Исследование инфракрасных спектров было выполнено с помощью ИК-Фурье спектрометра ALPHA (модуль ALPHA-E) фирмы Bruker Optics (Германия) методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО или attenuated total reflection – ATR) в ЦКП на базе ЮРГПУ им. М.И. Платова.

УДК 378.1:004.422

## **ПРОГРАММА РАСЧЕТА СОСТАВА ИСХОДНОЙ ВОДЫ, КОНЦЕНТРАТА И ПЕРМЕАТА УСТАНОВКИ ОБРАТНОГО ОСМОСА**

**С.Р. Сайтов, Н.А. Кириллова  
КГЭУ, г. Казань**

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

На основании данных о работе и паспортной документации водоподготовительной установки филиала АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-2 на базе кафедры «Тепловые электрические станции» разработана программа расчета состава исходной воды, концентрата и пермеата установки обратного осмоса.

Программа позволяет по заданным исходным параметрам (показатели качества и расход питательной воды на установку обратного осмоса) рассчитать показатели качества и расходы пермеата и концентрата одноступенчатой установки обратного осмоса. Данная программа может быть использована для расчета объема и состава фильтрата и концентрата установки обратного осмоса для промышленных и энергетических предприятий (например, филиала АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-2 или котельной «Ашальчи» Ашальчинского месторождения сверхвязкой нефти (СВН) ПАО «Татнефть» и т.д.).

Так же, программа может быть применена в образовательном процессе для студентов, обучающихся по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» по таким профилям, как «Тепловые электрические станции», «Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного водопользования», «Технология и производство электрической и тепловой энергии», «Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях», «Перспективные технологии эффективного использования топливно-энергетических ресурсов» и др.

Программа может быть использована в процессе преподавания целого ряда дисциплин: «Водно-химические режимы теплоэнергетических установок», «Водоподготовка», «Водоподготовка и применение оборудования водоподготовки», «Тепловые и атомные электрические станции» и др.

Программа разработана в MS Excel 2007, алгоритм расчета реализован с помощью встроенного языка объектно-ориентированного программирования VBA.

УДК 621.183

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИНАРНОЙ ПГУ МОЩНОСТЬЮ 260 МВт НА ОСНОВЕ ГТУ ТИПА GTX-100**

**А.А. Соловьев**  
**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. доц. С.В. Новичков**

Сочетание паротурбинной и газотурбинной установок, объединяемых общим технологическим циклом, позволяет снизить потерю теплоты с уходящими газами ГТУ. При объединении этих установок происходит снижение потерь отработавшего тепла газовых турбин или тепла уходящих газов парогенераторов, и, следовательно, в повышении КПД парогазовой электростанции по сравнению с отдельно взятой паротурбиной или газотурбинной электростанциями. Применение бинарных парогазовых установок (ПГУ) для сегодняшней энергетики – наиболее эффективное средство значительного повышения тепловой и общей экономичности электростанций на органическом топливе. Лучшие из действующих бинарных ПГУ имеют КПД до 50%, а проектируемые – до 60%. ПГУ называют бинарными потому, что в них осуществляется двойной термодинамический цикл: пар в котле-утилизаторе и работа паровой турбины производятся за счет тепла, подведенного в камеру сгорания газотурбинной установки (ГТУ) и уже отработавшего в верхнем газотурбинном цикле. Как известно, изменения температуры и давления наружного воздуха оказывают влияние как на электрическую мощность ГТУ, на количество уходящих газов после ГТУ, и в целом на эффективность всей ПГУ. Поэтому анализ характеристик газотурбинного оборудования, в составе бинарной ПГУ, в зависимости от параметров наружного воздуха является весьма актуальной задачей. В данной работе анализировались следующие показатели в зависимости от температуры наружного воздуха: удельный расход топлива в камеру сгорания; расход воздуха на горение топлива в камеру сгорания; электрические КПД ПГУ, ГТУ; температура уходящего воздуха; коэффициент избытка воздуха в уходящих газах ГТУ.

В качестве объекта исследования выбрана ПГУ-КЭС «Строгино», состоящая из двух парогазовых энергоблоков общей мощностью 260 МВт. В состав каждого энергетического блока входит следующее основное тепло-механическое оборудование: две газотурбинные установки GTX-100; два вертикальных паровых котла-утилизатора производства ОАО ИК «ЗИОМАР»; одна паротурбинная установка SST-PAC400.

УДК 621.183

## **НАДСТРОЙКА ПГУ-ТЭЦ ПО СБРОСНОЙ СХЕМЕ НА ОСНОВЕ ГТУ ТИПА V 64.3A**

**Р.И. Степанов**

**СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**Науч. рук. доц. С.В. Новичков**

В настоящее время в России уделяется большое внимание внедрению на ТЭС комбинированных парогазовых установок путем включения парогазовых установок (ПГУ) в цикл работы котельного агрегата. Это один из наиболее эффективных способов увеличения мощности и экономичности теплоэнергетических установок. В так называемой «сбросной» схеме ПГУ, уходящие газы газотурбинной установки (ГТУ) направляются в топку парового котла. Поэтому изучение особенностей совместной работы газотурбинной установки и котельного агрегата, в зависимости от количества сбрасываемых в топку парового котла уходящих газов ГТУ являются актуальной задачей. Таким образом, анализ характеристик котельного агрегата при сбросе уходящих газов от ГТУ и определении их экономически целесообразного количества является актуальной задачей.

Проводимые на данном этапе исследования по определению зависимостей ряда характеристик котельного агрегата от количества сбрасываемых газов ГТУ, являются основой для выбора экономически целесообразного количества сбросных уходящих газов от ГТУ. В качестве модели для исследования были взяты газотурбинная установка типа V64.3A и котельный агрегат Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427). Котельный агрегат Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427) предназначен для работы в блоке с теплофикационными турбинами ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ), Т-100/110-130 (ПО ТМЗ) и др. Котел рассчитан на сжигание углей Канско-Ачинского бассейна (Березовского, Назаровского месторождений) с жидким шлакоудалением. Котел однокорпусный, однобарабанный с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, работает с уравновешенной тягой. Проводился поверочный

расчет котельного агрегата (КА) при сбросе уходящих газов от ГТУ в количестве 50 и 100%. Расчет осуществлялся при температуре наружного воздуха 18,7 °С, что соответствует среднезимнему режиму для города Кемерово Новосибирской области. Проведенные исследования показали, что наибольшее улучшение показателей надстраиваемой ТЭЦ наблюдается при изменении уровня надстройки ТЭЦ от состояния «без сброса» до состояния «сброс 50% газов от ГТУ», чем при изменении уровня надстройки от состояния «сброс 50% газов от ГТУ» до «сброс 100% газов от ГТУ».

УДК 621.039

## **МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

**Э.И. Фатхутдинов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Б. Груздев**

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) после выгрузки из реактора продолжает выделять тепловую энергию. Поэтому после выгрузки из активной зоны ОЯТ направляют в бассейн-выдержки на 3~4 года, а затем отправляют в пристанционное хранилище ОЯТ.

Отработавшие в реакторе кассеты ТВС (ОТВС), размещают в специальных охлаждаемых контейнерах. Существуют два метода охлаждения:

1. Гидравлический способ, где в качестве хладагента применяется ХОВ.

2. Газовый, где хладагентом является газообразный гелий, продуваемый компрессорами в пространстве между ОТВС.

Изначально тепловыделение от ОЯТ относительно большое, то теплоноситель прокачивают через насосы, чтобы создавать вынужденную конвекцию. А так как затраты электроэнергии, требуемые на прокачку через насосы, связаны с объемным расходом, то гидравлический способ по данному критерию выгоден. Большие денежные затраты гидравлического метода связаны с очисткой теплоносителя от радиоактивных элементов, а для газового теплоносителя можно использовать стационарную установку подавление активности (УПАК).

УДК 658.26

## **ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ**

**А.Р. Хаертдинова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. Абасев**

Значительной проблемой в настоящее время является очистка теплонагревательных поверхностей различного оборудования от ржавчины, накипи и других комплексных агрессивных отложений и биоотрастаний, которые постоянно образуются в процессе эксплуатации теплообменных агрегатов, приводя к перерасходу топлива, снижению КПД, увеличению затрат на ремонт и обслуживание.

Во многих технологических процессах используется вода, как один из наиболее доступных материалов. Вода применяется в качестве теплоносителя, растворителя, действующего компонента и в других направлениях. В большинстве случаев вода используется не в высокочистом виде, а с содержанием примесей, наиболее из которых распространены соли жесткости – карбонаты, сульфаты кальция, магния, железа и др. Использование воды сопряжено с процессами отложения содержащихся в ней солей на стенках оборудования: трубах, котлах, теплообменниках, реакторах и т.д. В результате процесса отложения повышается сопротивление течению воды, ухудшается теплообмен через поверхности, на которых отложились соли.

Для предотвращения последствий солеотложения применяется подготовленная (обессоленная вода), ингибиторы солеотложения и технологии очистки оборудования от солей отложения. Подготовка обессоленной воды не всегда возможна и экономически целесообразна, равно как и применение ингибиторов солеотложения.

В данной работе рассматривается современное активное химическое средство – «Антиржавин», эффективность которого обеспечивается комбинацией неорганических и органических кислот, а также антикоррозионными присадками. Одним из важных компонентов Антиржавина является глиоксаль – высокоактивное безопасное химическое вещество. Антиржавин быстро и эффективно переводит неорганические отложения в раствор, обеспечивая увеличение пропускной способности оборудования и восстановление ее энергоэффективности.

## **РЕФОРМИРОВАНИЕ ЖКХ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

**Е.С. Чекменева**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Ш. Низамова**

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) – комплекс разнообразных отраслей, призванных обеспечивать необходимые условия для нормальной жизнедеятельности человека и функционирования социальной и производственной структуры территории.

В настоящее время в нашей стране большое значение имеют проблемы реформы ЖКХ. Коммунальная отрасль является индикатором того, насколько развит каждый субъект РФ и страна в целом. Обеспечить социальную безопасность гражданам можно только при условии устойчивого функционирования сферы ЖКХ. Нужно стремиться к тому, чтобы оказываемые населению коммунальные услуги были качественными.

Для этого стоит провести реформу. Средние показатели физического износа в РФ следующие: у котельных – 55 %, водопровода – 65 %, систем водоотведения, канализации, теплосетей – 63 %, электросетей – 58 %, водопроводных насосных станций – 65 %, КНС – 57 %, очистных сооружений водопровода – 54 % и канализации – 56 %. Провести реформу сферы ЖКХ было необходимо, поскольку работа жилищно-коммунальных служб была неудовлетворительна, коммуникации – сильно изношены. Проблему решили, переведя коммунальную отрасль в рыночное русло. Населению предоставили права собственности на недвижимость, при этом на него легли такие обязанности, как уплата налоговых сборов, взнос на капитальный ремонт, оплата потребляемых энергоресурсов, стоимости текущего ремонта общего имущества.

Предполагалось, что реформа позволит в корне изменить отрасль ЖКХ за непродолжительное время (2-3 года), решить имеющиеся проблемы. Но добиться этого не удалось. Хотя положительные результаты все же наблюдались. Чтобы проблема регулирования была решена, видение эффективности применяемых мер должно быть одинаковым у власти, представителей ЖКХ и обычных граждан.



УДК 621.181

## **СЖИГАНИЕ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ ФРАКЦИИ В ПАРОВЫХ КОТЛАХ**

**Е.Г. Чикляев**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. Таймаров**

При глубокой переработке нефти на НПЗ получается значительное количество побочного газообразного продукта – метано-водородной фракции с низшей теплотой сгорания  $6808 \text{ ккал/м}^3$  при содержании водорода около 50% и метана около 30%. Используемый на ТЭС как топливо для паровых котлов природный газ содержит метана 98,16% объемных, имеет низшую теплоту сгорания  $8028 \text{ ккал/м}^3$  при плотности  $0,682 \text{ кг/м}^3$  при факторе сжимаемости 0,998. Метано-водородная фракция является газообразным топливом со специфическими свойствами, обусловленными высоким содержанием водорода. Как видно из сравнительных характеристик, низшая теплота сгорания природного газа на 15,2% выше теплоты сгорания метано-водородной фракции. Другим показателем сложности сжигания метано-водородной фракции являются более широкие пределы взрываемости с воздухом. Скорость горения водорода в смеси с воздухом на порядок выше скорости горения метана. Оптимальной, по условиям минимального влияния на теплообмен в котле и работу существующих горелочных устройств тепловая доля метано-водородной фракции в сжигаемой смеси с природным газом должна составлять около 12%. Сжигание смеси с большей тепловой долей метано-водородной фракции потребует проведения реконструкции газораздающей части горелок. Из расчетного анализа следует, что смесь природного газа с метано-водородной фракцией имеет более широкие пределы воспламенения (взрываемости), чем природный газ. Опасность воспламенения водорода в воздухе имеет место при содержании в нём водорода от 4,0 до 75,0 объемных %. Однако исследованиями [1] выявлено, что водород в больших объёмах взрывоопасен при меньшей концентрации. С увеличением объёма более опасной становится меньшая концентрация водорода. Реакция воспламенения водорода с кислородом представляет собой цепную химическую реакцию, проходящую по свободно радикальному механизму. Критичным для продолжения цепочки является соприкосновение свободных радикалов со стенками топки.

## Список литературы

1. Особенности химических реакций горения метано-водородной фракции в радиантных топках / М. А. Таймаров // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2016. – № 11–12. – С. 124–128.

УДК 621.311.22

### **ДЫМОВАЯ ТРУБА, ОБЪЕДИНЕННАЯ ГРАДИРНЕЙ**

**Э.А. Шайхатова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Ш. Низамова**

Весьма ответственным устройством в системе охраны биосферы от вредных выбросов ТЭС являются газоотводящие устройства – дымовые трубы. Природоохранные мероприятия в отношении уменьшения концентрации токсичных веществ включают две обязательные стадии – очистка в возможных пределах дымовых газов в газоочистных устройствах ТЭС и последующее рассеивание остаточных вредностей за счет турбулентной диффузии в больших объемах атмосферного воздуха.

Для экономии территории, материальных затрат и повышения естественной тяги конструкцию градирни стараются совмещать с дымовой трубой. В данном случае обязательным условием является наличие сероочистки дымовых газов. Высота дымовой трубы при этом меньше высоты градирни.

В градирнях возможно совмещение не только дымовой трубы, но и всего оборудования сероочистки. Таким образом, современные конструкции градирен представляют собой комплексное сооружение, включающее в себя системы охлаждения основного и вспомогательного оборудования, дымовой трубы и оборудования сероочистки. Совмещение установки сероочистки с градирней является наиболее удачным техническим решением, позволяющим упростить количество оборудования сероочистки за счет исключения перепускных газоходов, оставив в итоге только абсорбционную башню со вспомогательным оборудованием.

Основные преимущества:

– снижение приземной концентрации загрязняющих веществ, за счет увлечения дымовых газов потоками воздуха;

– повышение тяги и эффективности охлаждения воды при обтекании воздухом;

- упрощение конструкции тракта дымовых газов за электрофильтрами и схемы включения сероочистки;

- удешевление, так как дымовая труба дорогостоящее сооружение.

Недостатки совмещения:

- необходимость увеличения антикоррозионной стойкости стен градирни;

- увеличение длины газоходов;

- негативное влияние сильного ветра на высоту подъема дымовых газов;

- негативное влияние на высоту подъема дымовых газов в период пуска системы охлаждения, особенно в зимний период.

**Секция 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА.  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК  
И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ТЕПЛОВЫЕ  
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

УДК 620.97

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ  
ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТОМНОЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

**А.Р. Абкадыров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. Плотникова**

На атомных электростанциях (АЭС) в отличие от тепловых электростанций (ТЭС) теплоносителю передается теплота, которая выделяется во время реакций в атомном реакторе. Далее теплота из теплоносителя передается воде, которая в результате закипает. Водяной пар вращает турбину, к которой подсоединен генератор, генерирующий электрическую энергию.

С развитием атомной энергетики связано тепловое загрязнение окружающей среды. АЭС выделяют больше тепловой энергии в окружающую среду по сравнению с ТЭС. Опасным следствием этого является тепловое загрязнение вод, нарушающее природные условия жизни биологических организмов и приводящее к гибели многих видов рыб.

Тепловой насос – это устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии к потребителю с более высокой температурой. Термодинамически парокompрессионный тепловой насос аналогичен холодильной машине.

Для охлаждения подогретой воды, выходящей из конденсаторов ТЭС и АЭС часто используются градирни, благодаря которым реализуется экономически выгодное обратное водоснабжение. Испарение 1% воды при этом понижает температуру оборотной воды градирен примерно на 6 °С. Однако в жаркое время года указанные градирни функционируют недостаточно эффективно, вследствие чего охлажденная в них вода может иметь превышение температуры над проектной на 0,5–2,5 °С. Данное обстоятельство осложняет поддержание требуемого технологического режима теплоэлектростанции и при этом способствует тепловому загрязнению окружающей среды и, следовательно, изменению микроклимата на прилегающей территории.

Учитывая вышеизложенное, рассмотрена целесообразность использования теплового насоса для снижения температуры воды, выходящей из систем охлаждения различной производительности.

Утилизация 20% избыточной теплоты, заключенной в сбросных водах, эквивалентна введению в эксплуатацию нового котлоагрегата.

## **ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИТП НА БАЗЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

**С.Р. Алимкулова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В течение многих лет теплоснабжение в России осуществлялось от ТЭЦ или мощных котельных через центральные тепловые пункты (ЦТП) на основе кожухотрубных водоводяных подогревателей (ВВП). Такая система имела целый ряд недостатков, в числе которых осуществление управления процессом отопления конечных потребителей только посредством регулировки температуры или напора теплоносителя в котельной. Это делает задачу обеспечения одинаковых параметров отопления всех зданий крайне затруднительной и приводит к так называемым «недотопам» и «перетопам».

Латунные трубки кожухотрубных теплообменников в системе отопления ГВС подвержены интенсивному обрастанию солями жесткости, что является проблемой, так как они плохо поддаются чистке. Замена поврежденных трубок затруднена, а часто и невозможна, что снижает эффективность их работы и требует значительных эксплуатационных расходов. Также кожухотрубные ВВП имеют значительные габариты и вес, и обладают невысоким КПД.

Однако в последние годы в целях повышения энергосбережения и энергоэффективности происходит модернизация систем теплоснабжения посредством внедрения индивидуальных тепловых пунктов на базе пластинчатых теплообменников. Пластинчатые теплообменники представляют собой пакет гофрированных пластин, крепящихся на раме либо запаянными секциями, либо набором пластин, загерметизированным резиновыми уплотнениями. По сравнению с традиционными кожухотрубными теплообменниками (ТО) пластинчатые ТО имеют целый ряд преимуществ, такие как компактность, малая металлоемкость, высокая ремонтпригодность, высокий коэффициент теплопередачи. К тому же, тепловые пункты на основе пластинчатых теплообменников могут «подстраиваться» под конечного потребителя: в случае необходимости мощность ИТП может быть легко уменьшена или увеличена простым извлечением или добавлением пластин, то есть сокращением или увеличением площади поверхности теплообмена в теплообменнике.

УДК 697.3

## **ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**С.Р. Алимкулова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

На сегодняшний день транспортировка тепловой энергии потребителям осуществляется через центральные тепловые пункты (ЦТП). Они, как правило, обслуживают группы зданий и располагаются в отдельно стоящем сооружении. Большинство ЦТП, функционирующих в России, устарели и имеют ряд существенных недостатков:

- значительные потери тепловой энергии при транспортировке;
- отсутствие эффективного регулирования;
- возможное увеличение расхода тепловой энергии на все здания, снабжающиеся от данного ЦТП, что создает риски роста температуры обратной сетевой воды и перегрузки магистральных тепловых сетей.

Одним из путей решения этих проблем является переход на индивидуальные тепловые пункты (ИТП), которые используются для обслуживания одного здания или его части. Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это оборудование, предназначенное для транспортировки тепловой энергии от тепловой сети (ТЭЦ, ЦТП, котельной) к внутридомовым системам отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. Благодаря своей компактности ИТП возможно размещать в подвальном или техническом помещении здания.

Но использование индивидуальных тепловых пунктов взамен центральных имеет ряд существенных недостатков:

- возможно возникновение шумов из-за работы насосов и запорно-регулирующей арматуры;
- ограничения по мощности и функциональности из-за площади помещения отведенного под ИТП. Если ЦТП обычно не имеет ограничений по высоте, то в случае с ИТП этот вопрос достаточно актуален;
- качество воды, поступающей в ИТП напрямую из водозабора без необходимой деаэрации, может привести к быстрому износу оборудования, в результате возникновения коррозии.

Несмотря на вышеперечисленные недостатки, внедрение ИТП является актуальным мероприятием и требует дальнейшего исследования и модернизации.

УДК 621.311.04

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ОТ ТЭЦ**

**Т.Р. Асадуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Двигатель Стирлинга (ДС) является двигателем внешнего сгорания. Он может работать на любом источнике тепла, главное для его стабильной работы – наличие разности температур, нагреваемой и охлаждаемой частей.

ДС – это тепловая машина, в которой рабочее тело, в виде газа или жидкости движется в замкнутом объеме. Принцип работы двигателя Стирлинга основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с извлечением энергии из возникающего при этом изменения объема рабочего тела.

Учитывая, что для охлаждения нагретой циркуляционной воды в системах оборотного водоснабжения ТЭЦ применяют пруды-охладители, рассмотрен вариант применения двигателя Стирлинга для утилизации части тепла.

Учитывая, что пруд-охладитель является естественным природным водоемом, механическую энергию, преобразованную из тепловой, можно использовать для решения таких экологических проблем, как аэрация воды и поддержание оптимального температурного режима.

УДК 697.34

## **ВАЖНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

**А.А. Габдуллазянова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.Е. Костылева**

Работа посвящена рассмотрению проблем оптимизации систем теплоснабжения котельных Республики Татарстан в целях создания надежной системы теплоснабжения городских и сельских населенных пунктов, планомерного сокращения затрат на производство тепловой энергии, обеспечения рационального потребления топливно-энергетических ресурсов и снижения расходов на содержание объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что от уровня оптимизации теплоснабжающих объектов зависит конечная стоимость энергии у потребителя, другими словами экономическая эффективность работы, как отдельного источника, так и всей системы в целом.

В работе рассмотрены базовые мероприятия, призванные обеспечить необходимый уровень оптимизации с учетом современных технологий и технологических возможностей ныне существующих теплогенерирующих станций. К базовым мероприятиям можно отнести: оснащение приборами учета всех без исключения отопительных котельных и потребителей, проведение экспертизы действующих тарифов, нормативов и фактических затрат на производство и распределение тепловой энергии. Так же к малозатратным мероприятиям можно отнести инвентаризацию и паспортизацию отопительных котельных, объектов инженерной инфраструктуры, переоценку основных фондов муниципальных энергоснабжающих предприятий. После утверждения предложенных мероприятий составляется план по модернизации и замене морально и физически устаревшего оборудования, там, где это будет целесообразно и будет иметь наибольший положительный эффект.

По результатам работы можно будет оценить уровень затрат на внедрение мероприятий, которые помогут оптимизировать работу системы теплоснабжения котельных, экономию и сроки окупаемости каждого мероприятия.

УДК 697.3:620.92

## **ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**А.Р. Гайнуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. Загретдинов**

В настоящее время во многих странах актуален вопрос об использовании НиВИЭ (Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии) в области теплоснабжения и Российская Федерация не является исключением. Связано это с ограниченным количеством невозобновляемых источников энергии и загрязнением окружающей среды.

Альтернативная или возобновляемая энергия не требует ее добычи и неисчерпаема в количестве. Такие виды возобновляемых источников энергии как солнечная, ветровая, геотермальная, течений, приливов и океанов, биомассы и другие требует лишь преобразования и увеличение ее потенциала.

В России из-за непостоянства климата нельзя уверенно использовать один из известных источников возобновляемой энергии. В связи с этим выбор одного из основного вида энергии падает на низкопотенциальную



геотермальную энергию Земли. Температура грунта, расположенного ниже глубины проникновения тепла солнечной радиации, формируется только под действием тепловой энергии недр Земли и практически не зависит от изменений параметров наружного климата.

Устройством, позволяющим использовать низкопотенциальную энергию грунта, является тепловой насос. Тепловые насосы также могут использовать тепло удаляемого вентиляционного воздуха, что позволяет устанавливать комбинированные установки для снабжения теплом и горячей водой бытового потребителя.

Таким образом, использование возобновляемых источников энергии дает возможность частично или полностью отказаться от использования традиционных методов систем теплоснабжения.

УДК 621.577

## **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

**И.М. Гатауллина**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Основной функцией тепловых насосов является сбор тепловой энергии и её транспортировка к потребителю. Источником такой энергии может стать любое тело или среда, обладающая температурой от  $+1^{\circ}$  и более градусов. В состав конструкции таких насосов входят следующие компоненты: испарительный блок и конденсатор.

В настоящее время используются тепловые насосы, имеющие разные конструкции. Так, насос с открытым циклом применяют, когда дом расположен рядом с водоемом. В этом случае теплоноситель, вода, поступает в открытый контур, проходит весь цикл и, охлаждаясь, вновь сливается в водоем. Геотермальные насосы закрытого типа прокачивают теплоноситель – воздух или воду, по трубам, заложенным глубоко в землю и проложенным по дну водоема. Закрытый цикл в экологическом плане считается более безопасным. К закрытому типу относятся насосы с вертикальным и горизонтальным теплообменником, которые используются, когда поблизости нет водоемов. Вертикальные тепловые насосы применяются, когда площадь земельного участка, на котором расположен дом, невелика. Иногда вертикальные насосы устанавливают в пробуренных поблизости скважинах. Для обеспечения работы теплового насоса необходимо электричество.

Но это все равно намного выгоднее, чем использовать только электрообогреватель. Так как электрокотел или электрообогреватель тратит ровно столько же электроэнергии, сколько и выдает тепла.

К экономической эффективности теплового насоса можно отнести показатель стоимости выработки 1 Гкал тепла. По сравнению с системой центрального теплоснабжения 1 Гкал тепла, выработанная тепловым насосом в два с половиной раза дешевле. 1 Гкал тепла, выработанная дизельной котельной, обойдется в три раза дороже, чем выработанная тепловым насосом.

При условии круглогодичной эксплуатации теплового насоса средний срок окупаемости составляет от трех до пяти лет, при эксплуатации системы только на выработку ГВС окупаемость обеспечивается за два-три года в сравнении с централизованными сетями теплоснабжения.

УДК 629.063.2

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И АВТОНОМНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

**А.М. Гиниятов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков**

В качестве альтернативы централизованному газоснабжению рассматривается целесообразность применения автономного газоснабжения в условиях невозможности подключения газа к магистральному газопроводу ввиду большой удаленности.

За основу расчетов стоимости строительства централизованного газоснабжения была взята спроектированная и рассчитанная схема системы газоснабжения коттеджного поселка «Центральная Ореховка» расположенного в Зеленодольском районе Республики Татарстан. Коттеджный поселок рассчитан на 155 земельных участков, в каждый из которых необходимо провести систему газоснабжения. Расчет стоимости велся в программе «Гранд-Смета», согласно результатам расчета, стоимость строительства внутрипоселкового газопровода низкого давления обойдется на сумму 5 265 790 руб 00 копеек. Данная стоимость не учитывает строительство газопровода от магистрального газопровода до газорегуляторного пункта (ГРП) поселка. Таким образом, стоимость строительства всей системы газоснабжения поселка в конечном итоге будет зависеть от этого расстояния и порой достигать до больших денежных затрат. И при большой удаленности ГРП от магистрального газопровода собственникам участков становится экономически

не целесообразно строительство централизованного газоснабжения, так как они за более выгодную цену и в кратчайшие сроки могут осуществить газоснабжение автономно от резервуаров, с помощью сжиженного углеводородного топлива в свои дома.

Согласно проведенному расчету стоимость автономного газоснабжения коттеджа площадью 120 м<sup>2</sup> составляет порядка 280 тысяч рублей.

УДК 621.352.6

## **АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**И.Р. Гумеров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. Ахметов**

Целью данной работы является анализ возможности и перспектив применения топливных элементов в качестве автономного источника тепловой энергии. Кроме того, затронут вопрос развития данной технологии в условиях современного научно-технического прогресса как в России, так и во всем мире. Важным аспектом данной темы, требующим отдельного внимания, является высокие показатели экологичности данного вида распределенной генерации тепловой энергии, что, безусловно, актуально в настоящее время и в ближайшем будущем данная проблема будет лишь обостряться.

Рассмотрены основные виды энергетических установок на базе топливных элементов, осуществлен их анализ с выявлением преимуществ и положительных факторов использования данного типа установок.

Отмечены недостатки и отрицательные моменты для расширения областей применения и проблемы, затрудняющие повсеместное использование энергетических установок на базе топливных элементов для выработки тепловой энергии.

Кроме того, приведены некоторые пути решения данных проблем, которые на данный момент затрудняют распространение данной технологии как в коммунально-бытовом секторе, так и в промышленности.

Важным аспектом является поиск эффективных автономных источников энергии, поскольку развитие энергетики в отдаленных районах также требует инноваций и технических решений для полноценного раскрытия потенциала производственного и бытового сектора в тех районах, где пока невозможно осуществить энергоснабжение от централизованных источников.

Таким образом, представленная работа освещает перспективы применения данной технологии, а также сложности и проблемы, связанные с ее реализацией, то есть актуальность данной технологии в настоящее время. Так же в докладе приведены некоторые пути решения существующих проблем, препятствующих внедрению данной технологии.

УДК 665 (470.41)

## **ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

**М.В. Гурьянов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Тяжелая нефть в условиях истощения традиционных энергетических ресурсов приобретает все большее значение в мировой экономике. Особое значение она имеет и в России, где месторождения легкой нефти выработаны более чем наполовину. Геологические запасы высоковязкой и тяжелой нефти в России достигают 6-7 млрд т, однако их применение и извлечение требуют использования специальных дорогостоящих технологий.

Продукты переработки тяжелой (высоковязкой) нефти и природных битумов активно применяются в различных сферах жизни человека. К ним относятся следующие продукты (в порядке уменьшения объемов): битум дорожный, лак, смазочные масла арктические, мастика, дизельное топливо арктическое, битум строительный, мягчитель, сульфоны, сульфоксиды, полярные компоненты, сера и металлы (ванадий, никель, рений и др.).

Операционные затраты по добыче тяжелой нефти и природных битумов в 3-4 раза превосходят затраты на добычу легкой нефти, что связано не только с более высокой плотностью и вязкостью тяжелых нефтей, но и с недостаточной развитостью технологии ее добычи и переработки в нашей стране. Так, технология разделения основана на смешении тяжелой нефти с легкой нефтью или легкими дистиллятами.

Татарстан располагает крупнейшим в России ресурсным потенциалом природных битумов. По качеству – нефть разрабатываемых месторождений преимущественно сернистая, высокосернистая (80%) и высоковязкая (67% остаточных извлекаемых запасов), а по плотности – средние и тяжелые (68% остаточных извлекаемых запасов). Добыча нефти в республике, как и во всей Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, находится на стадии естественного снижения, на протяжении последних лет в регионе удается поддерживать добычу на уровне 28–30 млн т в год до 2020 года.

Таким образом, Татарстан обладает внушительным потенциалом в развитии технологии переработки тяжелой (высоковязкой) нефти.

УДК 621.577

## **СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ГРЭС**

**С.Ф. Джафарова**

**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. Валиев**

ГРЭС вырабатывает огромное количество тепла и электроэнергии. В среднем, значение КПД ГРЭС находится в районе 40%, из чего следует, что 60% энергии выбрасывается в окружающую среду.

Одним из вариантов увеличения КПД ГРЭС является использование этой низкопотенциальной теплоты в теплонасосных установках (ТНУ). В качестве приемника низкопотенциального тепла, сбрасываемого в конденсаторах паровых турбин, на рассматриваемой ГРЭС, используется природный водоем. Вода для охлаждения конденсаторов забирается из природного водоема и возвращается туда же. Температура воды на выходе из ГРЭС, в зависимости от времени года изменяется в пределах от 10 до 30 °С. В схеме ТНУ охлаждающая вода проходит через испарители ТНУ, где отдает снятое в конденсаторах тепло рабочему агенту. Рабочий агент сжимается в компрессоре и в конденсаторе передает теплоту воде, направляемой на нужды ГВС. В случае если теплоты полученной тепловым насосом недостаточно, в работу включаются паровые подогреватели, тем самым компенсируя потребителям недостаток тепловой мощности.

Коэффициент трансформации ТНУ является показателем эффективности и зависит от температуры наружного воздуха. Чем меньше разность между температурой входа и выхода воды, тем выше получается коэффициент трансформации тепла. Для выбранной схемы ТНУ при выработке тепла при температуре наружного воздуха ниже 0 °С, коэффициент трансформации тепла получается низким, что указывает на необходимость применения более совершенных схем утилизации низкопотенциального тепла на ГРЭС [1].

### **Список литература**

1. Анализ эффективности использования тепловых насосов в централизованных системах горячего водоснабжения / В. П. Фролов [и др.] // Энергосбережение. – 2004. – № 2. – С. 50–54.

УДК 621.577

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**В.А. Додонов, Д.С. Музюкова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. Плотникова**

Перспективным направлением в системах рекуперации низкопотенциальной теплоты является применение тепловых насосов, позволяющих повысить температуру и теплообменный потенциал отработанного теплоносителя.

Предприятия целлюлозно-бумажной промышленности – крупные потребители энергии. Из общего количества затрачиваемой тепловой энергии около 80% идет на основные технологические процессы, около 15% – на технологические нужды вспомогательных цехов и 5% – на прочие нужды. Резерв экономии натуральных видов топлива на промышленных предприятиях заключен в рациональном использовании вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). На предприятиях целлюлозно-бумажной отрасли имеется значительное количество низкопотенциальных ВЭР в виде потоков уходящего воздуха бумагоделательной машины, теплой воды при охлаждении щелока и теплой воды при конденсации водно-спиртовых паров метанольной и спиртовой колонн на стадии производства спирта.

Наибольшей эксергетической мощностью на целлюлозно-бумажном производстве обладают потоки уходящего воздуха бумагоделательной машины и теплая вода, образующаяся при конденсации паров в колоннах. Утилизацию теплоты отработанного влажного воздуха сушильной части бумагоделательной машины можно использовать в тепловом насосе. Влажный воздух, выходящий из сушильной установки, следует направлять в испаритель теплового насоса, где воздух охлаждается и осушается, далее осушенный воздух подогревается в конденсаторе теплового насоса до требуемой температуры и возвращается в сушильную установку. Теплую воду можно использовать для подогрева метанольной колонны с помощью ТНУ. Дефлегматорная вода после конденсации паров верхнего продукта направляется в теплообменники для дополнительного подогрева и затем поступает в бак-расширитель. Пары самоиспарения сжимаются в двухступенчатом струйном аппарате и направляются в колонну как греющий агент. Таким образом, имеет место экономия теплоты греющего теплоносителя в колонне.

УДК 629.7.017:658.562

## **ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПЕРЕХОДА К ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ПО УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ**

**Т.В. Едутова, В.Н. Логинов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.А. Лаптева**

Цель – разработать метод количественной оценки качества групп газотурбинных установок с сокращенным объемом испытаний, основанный на анализе существующих подходов к разработке моделей для оценки работоспособности технических систем.

Решение этой задачи возможно разработав математическую модель для группы установок, обладающих определенной совокупностью общих свойств, для этого используется сводная дроссельная характеристика (СДХ). С ее помощью разрабатывается методика:

– 20–25 % установок подвергаются испытаниям на всех рабочих режимах. Для них строится СДХ в соответствии с методикой. Рассчитанная СДХ является базовой характеристикой для остальных ГТУ;

– остальные установки испытываются на максимальном и номинальном режимах. По результатам этих испытаний строится суммарная СДХ для всей группы на указанных двух режимах. В результате выходит некоторое смещение от базовой кривой. Оставшийся участок суммарной СДХ строится эквидистантно базовой характеристике;

– путем сравнения значений суммарной СДХ и результатов испытаний оценивается разброс и рассчитываются доверительные интервалы. При выходе границ доверительного коридора за пределы технических условий определяется номер установки с максимальным отклонением значения дроссельной характеристики от номинального, и расчеты повторяются без учета этого ГТУ.

Разработанная математическая модель оценки качества групп газотурбинных установок позволяет количественно оценить уровень работоспособности серийных газотурбинных установок на всех этапах жизненного цикла.

УДК 697.3

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ**

**А.Р. Загретдинова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Одним из главных способов достижения эффективного энергосбережения и повышения комфорта в отапливаемых зданиях является автоматическое регулирование отпуска теплоты в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП).

Структура автоматического регулирования отпуска теплоты зданиям зависит от типов систем и ступеней автоматического регулирования.

Различают типы ступеней регулирования:

1. Местное пофасадное. Применяется при условии разделения системы отопления по фасадам здания и наличия значительного перепада температур в помещениях. При регулировании полностью используется теплота солнечной радиации.

2. Местное общедомовое. Применяется при отсутствии разделения системы отопления по фасадам здания. Теплота солнечной радиации, в отличие от пофасадного регулирования, используется не полностью.

Различают типы систем автоматического регулирования:

1) по отклонению: датчики, измеряющие температуру внутреннего воздуха, устанавливаются в отапливаемых помещениях и приводят в действие регулятор при отклонении этой температуры от установленного значения;

2) по возмущению: датчики, измеряющие значения метеорологических параметров, устанавливаются снаружи здания и влияют на поддержание температуры воздуха в помещениях в зависимости от внешних возмущений;

3) комбинированная: представляет собой совместное регулирование по отклонению и возмущению.

УДК 697.3

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ**

**А.Р. Загретдинова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Повышение энергетической эффективности посредством модернизации в сфере теплоэнергетики является одним из главных стратегических направлений развития экономики Российской Федерации. Наиболее результативным действием для осуществления данного направления является модернизация системы централизованного теплоснабжения путем перехода от центральных тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным (ИТП).

ИТП позволяют обеспечить регулирование и учет теплопотребления на каждом конкретном объекте без лишних сложностей в подготовке горячей воды. ИТП, включающие в свой состав весь спектр автоматического запорно-регулирующего, измерительного оборудования и типов теплообмен-



ников, являются посредниками в выполнении одной из главных задач энергетической политики – эффективное использование природных энергетических ресурсов.

Переход от ЦТП к ИТП является целесообразным, так как, полностью автоматизированный тепловой пункт, расположенный в отапливаемом здании, позволяет:

- контролировать подачу теплоносителя, и, следовательно, объем потребляемого энергоресурса;
- отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения, что значительно сокращает затраты на прокладку трубопроводов;
- снизить потребление электрической энергии на перекачку и циркуляцию горячей воды;
- снизить тепловые потери при транспортировке горячей воды.

Таким образом, перенос тепловых пунктов ближе к обслуживаемому зданию сокращает капиталовложения и эксплуатационные затраты. При этом значительно повышается эффективность использования тепловой энергии, основы стимулирования которого установлены настоящим Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

УДК 628.35

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ**

**А.Н. Замалиев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.Е. Костылева**

Повышение энергетической эффективности приобрело особенную актуальность в связи с растущим количеством предприятий по утилизации отходов и их низкой эффективностью использования вторичных энергоресурсов, которые образуются в результате термического обезвреживания отходов. Данная проблема особенно актуальна для таких крупных объектов, как мусоросжигательные заводы и заводы по утилизации илового осадка, в том числе с точки зрения повышения их экономической эффективности.

Увеличения энергоэффективности термической утилизации отходов можно достичь двумя путями. Это использование тепла для внешнего потребления, которое подразумевает получение горячей воды и отопления

производственных помещений, а также выработку электроэнергии. Другим путем увеличения энергоэффективности является использование тепла на собственные технологические нужды – для обогрева и сушки отходов, получения горячего воздуха и пара.

Немаловажным фактором является ресурсосбережение, которое выступает основой для снижения материало- и энергоемкости проектируемых установок не нанося ущерб ее качественным параметрам и увеличению абсолютных значений производительности.

Основными источниками значительного потребления энергии в процессе термического обезвреживания отходов являются вентиляторы; оборудование для транспортирования, загрузки отходов, воздухоохлаждаемые конденсаторы и т. п. Для обеспечения существенного энергосбережения, связанного с оптимизированным управлением технологическим процессом, уменьшением износа механического основного и вспомогательного оборудования и снижением уровня шумового воздействия при колебаниях нагрузки могут быть использованы частотно-регулируемые приводы.

Одним из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности установок является регенерация тепла топочных газов и его использование для подогрева воздуха при горении. Эффективный подогрев воздуха также следует применять в сочетании со своевременным техническим обслуживанием основного оборудования для поддержания максимальной передачи тепла.

Особое внимание следует уделить оптимизации конструкции котла-утилизатора. Остающаяся энергия дымовых газов на выходе из котла обычно теряется. Поэтому, для того чтобы максимально утилизировать энергию, необходимо снизить температуру дымовых газов на выходе из котла-утилизатора. Котел-утилизатор должен иметь достаточную поверхность теплообмена, но также и хорошо сконструированную геометрию. Этого можно достигнуть в вертикальном, горизонтальном или вертикально-горизонтальном исполнениях котла-утилизатора.

Установки по термическому обезвреживанию отходов все больше подвержены автоматизации процессов. В связи с этим определяющим фактором для эффективного функционирования установок является внедрение автоматизированных систем, предусматривающие многофакторные измерения и контроль технологических систем, работающих на топливе и воздухе для горения.

Оптимизация КПД установок заключается в оптимизации всего процесса термической утилизации. Это включает в себя как уменьшение потерь, так и ограничение процесса потребления. Поэтому увеличение энергоэффективности термической утилизации отходов следует рассматривать не как применение отдельных технологических методов, а как сложную систему взаимосвязанных процессов для достижения поставленной цели.

УДК 628.336

## **ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛООВОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

**Г.М. Зарипова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Л.А. Николаева**

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос охраны природных ресурсов за счет повторного использования отходов производства.

Целью исследования является получение топливных гранул на основе обработанного обезвоженного избыточного активного ила (ИАИ) очистных сооружений, которые могут быть использованы для получения тепловой энергии. Топливные гранулы на основе ИАИ выступают как альтернатива дровам, бурым углям и сланцам, при этом частично решается проблема загрязнения окружающей среды отходами.

Для получения топливных гранул на основе активного ила необходимо проводить его обезвоживание. Одним из современных методов обезвоживания является центрифугирование. В качестве эффективного коагулянта перед механической очисткой предлагается дозировать в суспензию ИАИ необработанный и прокаленный карбонатный шлам водоподготовки.

Центрифугированию подвергались ИАИ, смесь, состоящая из ИАИ и необработанного шлама и смесь, представленная ИАИ и прокаленным карбонатным шламом ТЭС в различных пропорциях. Время центрифугирования составляло 1,2 и 3 минуты. Скорость вращения центрифуги составляет от 500 до 1500 об/мин.

Влажность ИАИ после центрифугирования с необработанным карбонатным шламом снизилась на 10 %, с прокаленным карбонатным шламом – на 12–16 %.

Из полученного осадка путем окатывания были получены топливные гранулы, которые обрабатывались органическими связующими (крахмал, лигносульфанат), далее высушивались при 110 °С. Определена низшая теплота сгорания топливных гранул.

Таким образом, полученные топливные гранулы могут служить вторичным энергетическим ресурсом на промышленных предприятиях и объектах теплоэнергетики.

УДК 62.133

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЭУ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

**В.Е. Захарова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В последнее время во всем мире наметилась устойчивая тенденция к повышению стоимости тепловой энергии (отопление и горячее водоснабжение) и многоквартирных, и частных жилых домов. Подобная ситуация является следствием уменьшения запасов газа, являющегося одним из основных видов топлива. На этом фоне наиболее перспективным направлением является поиск и внедрение альтернативных источников энергии.

Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, базирующаяся на преобразовании энергии ветра в электрическую, механическую, тепловую и в любую иную форму энергии, которая используется в народном хозяйстве. Энергия ветра экологична, повсеместно доступна и неисчерпаема.

Использование энергии ветра в России в настоящее время становится всё более интересно частным потребителям. Основными пользователями ветроустановок являются те, кто по тем или иным причинам оторван или удален от сетей централизованного энергоснабжения (например, участок находится на окраине населенного пункта, куда провести центральные коммуникации юридически сложно и финансово затратно).

В выше описанных случаях целесообразна установка электрических котлов. ВЭУ успешно могут применяться в качестве дополнительного источника питания, могут работать автономно или в составе сложных энергогенерирующих систем (ветро-солнечные, ветро-солнечно-дизельные и ветро-дизельные станции). Срок окупаемости выше перечисленных систем составляет от 6 до 8 лет при сроке службы установки до 25–30 лет.

УДК 620.9

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ В СИСТЕМУ МОЛОЧНОГО КОМБИНАТА**

**А.А. Ибадов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

При рассмотрении развития традиционных источников энергетики, наблюдается отрицательные тенденции, связанные, в первую очередь, с наличием таких негативных факторов, как быстрое истощение ископаемых ресурсов, а также, загрязнением окружающей среды.

Определение целесообразных условий применения типовых биореакторов, создание новых конструктивных разработок посредством технических решений по поддержанию высокой производительности получения биогаза требуют проведения обширных исследований. Все это позволит выявить приоритетные тенденции совершенствования биогазовых установок, развивая в необходимом направлении, что впоследствии повлияет на темпы их внедрения в молочную промышленность.

При данном методе очистки отходов молочного комбината снижается как нагрузка на окружающую среду, вызванную избытком образующейся сыворотки, так и уменьшаются связанные с этим платежи за загрязнения, а также в значительной мере и потребность в энергии. Вырабатываемый биогаз возможно использовать для производства пара, который применяют для технологического процесса, при этом затраты на топливо для молокоперерабатывающего завода будут сокращаться.

При рассмотрении использования биогазовой установки, работающей на отходах молочного производства, были затронуты вопросы перспективности развития биогазовых установок и состояния применения в современности, основные моменты и экологические аспекты внедрения выгрузочному биоэнергетики.

В ходе работы затрагивалась тема использования конечного продукта анаэробного брожения биомассы, а также топлива отрицательные характеристики биоэнергетических установок, сконструированных молочном по классической схеме.

Во время выполнения работы была запроектирована биогазовая установка, использующая в качестве биомассы, отходы молочного производства и стоки молкомбината. Подсчитан экономический эффект использования биогазовой установки для молочного комбината г. Казань.

УДК 620.9

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

**Д.В. Ильин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. Ахметов**

Повышение энергоэффективности зданий и сооружений представляет собой одно из наиболее актуальных вопросов сегодня. Минимизация потерь энергоресурсов, направляемых на жизнеобеспечение жилых объектов, дает значительный эффект энергосбережения, позволяет экономить колоссальные средства, делает жилье более качественным и комфортным.

Программа повышения энергоэффективности зданий и сооружений предусматривает выполнение целого комплекса мер, как на стадии строительства, реконструкции и ремонта объектов, так и на стадии их эксплуатации. Основные меры энергоэффективности направлены на снижение теплотерь здания.

Повышение энергоэффективности и энергосбережения зданий также предусматривает выполнение ряда мероприятий, призванных обеспечить максимально экономичный расход основных энергоресурсов – электроэнергии, горячей и холодной воды, тепловой энергии.

С жильцами должна проводиться регулярная работа по разъяснению требований энергоэффективности. Необходимо стимулировать их к переходу на энергосберегающие приборы, например, на энергосберегающие, светодиодные лампы.

Таким образом, в докладе представлен комплекс мер по повышению энергоэффективности жилого здания, включающий в себя мероприятия на различных стадиях их внедрения, а также различных по объему капиталовложений. Кроме того, мероприятия отличаются по сроку окупаемости и эффективности. Важно понимать, что повышение энергоэффективности требует творческого и комплексного подхода, поскольку решение данной задачи в рамках каждого отдельного здания представляется различными путями.

УДК 621.577.22

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ РАЗВИТИЮ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Г.М. Исмаилова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В последнее время актуален вопрос о совершенствовании и использовании местных нетрадиционных источников энергии. Ограниченный запас традиционных ресурсов подталкивает к освоению альтернативных энергоресурсов.

В отличие от углеводородного топлива геотермальные ресурсы обладают такими достоинствами как неиссякаемость, повсеместное распространение, принадлежность к местным ресурсам, локальность обеспечения потребителя теплотой и электроэнергией, безопасность и безлюдность при добыче геотермальной энергии, экологическая чистота.

Однако в процессе изучения геотермальных ресурсов выявлены и недостатки: низкий температурный потенциал теплоносителя, трудности складирования, невозможность транспортировки, рассредоточенность источников, ограниченный промышленный опыт.

Самым серьезным препятствием в развитии геотермальной энергетики можно назвать необходимость сложного процесса обратной закачки в водоносные горизонты отработанного теплоносителя, содержащего токсичные вещества.

У ГеоЭС в отличие от ТЭС и даже ГЭС, существует строгая привязка места строительства к определённым участкам в зависимости от геологии. Такие места находятся в труднодоступных, горных районах, рядом с действующими вулканами. Стоит отметить, что подземные воды имеют высокую минерализацию, из-за чего со временем закупориваются скважины.

Еще одним недостатком является то, что из общего объема капиталовложений стоимость бурения скважин составляет 70%.

В связи с внедрением новых менее затратных технологий бурения скважин с применением эффективных способов очистки воды от токсичных соединений и металлов капитальные затраты на отбор тепла от геотермальных вод непрерывно снижаются.

УДК 646.311

## **ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ОТ КОРРОЗИИ**

**Г.Д. Казакова, А.А. Сидорова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. Т.О. Политова**

Трубопроводы и оборудование в процессе эксплуатации подвергаются процессу коррозии.

Коррозия металлических сооружений наносит большой материальный и экономический ущерб. Она приводит к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части трубопроводов, сокращает межремонтные сроки оборудования, вызывает дополнительные потери транспортируемого продукта.

При подземной прокладке стальные трубопроводы подвергаются почвенной коррозии. В грунтах почти всегда содержатся соли, кислоты, щелочи и органические вещества, которые вредно действуют на стенки стальных труб. В некоторых случаях такая коррозия может вызвать очень быстрое появление сквозных свищей в металле трубы и этим вывести трубопровод из строя, такие разрушения происходят особенно часто в трубопроводах, уложенных без достаточной защиты от коррозии.

Успешная защита трубопроводных систем от коррозии может быть осуществлена при своевременном обнаружении коррозионных разрушений, определении их величины и выборе защитных мероприятий. В начальный период эксплуатации состояние трубопровода определяется качеством проектирования и строительства. Влияние этих факторов уменьшается во времени и доминирующее значение приобретают условия работы трубопровода.

УДК 620.97

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ВВОДЕ В ТЭЦ**

**Н.А. Калачев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. Валиев**

Данная работа посвящена изучению вопроса о применении турбодетандеров для утилизации избыточного давления природного газа на вводе в ТЭЦ. Возможность применения данного технического решения возникла в результате того, что огромное количество природного газа транспортируется по трубопроводам от источников до потребителей, в частности ТЭЦ. Компрессоры большой мощности используются для сжатия газа с целью его транспортировки, для компенсации потерь давления газа от трения, поддерживая, таким образом, необходимое давление газа по длине газопровода. Как только газ достигает области распределения, он, обычно, передается от газотранспортной компании в ведение потребителей газа. Так как газ, обычно, транспортируется при давлении, во много раз превышающем, чем требуется конечному потребителю, то между трубопроводами транспорта газа и сетью его распределения перепад давления, который в основном, дросселируется, при этом газ охлаждается и для поддержания его в необходимом состоянии требуется его подогреть до исходной температуры, что так же связано с энергозатратами.

В виду вышеизложенного предлагается оптимизация данного узла путем замены дроссельных клапанов турбодетандером, что позволит генерировать электричество или произвести другую полезную работу. Однако следует отметить, что при этом часть этой энергии должна быть затрачена на подогрев газа. Газ должен быть подогрет для предотвращения нарушения технологического процесса.



Существует несколько типов турбодетандеров, которые могут быть использованы для указанной цели, в том числе: ротационные, поршневые, винтовые и турбинные. Последние из упомянутых являются наиболее целесообразными для данной цели, поскольку способны работать с большим количеством газа и большими перепадами его давлений.

Таким образом, данная модернизация является актуальной и перспективной для применения в условиях нынешнего технического прогресса и тенденции развития энергосбережения и энергоэффективных технологий.

УДК 644.12

## **ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА**

**М.В. Калинина  
КГЭУ, г. Казань**

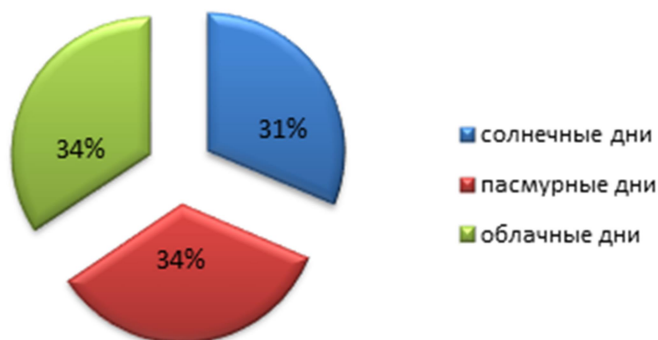
**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В рамках современного строительства имеет место одноэтажная застройка. Для строительства малоэтажных жилых домов применяются облегчённые конструкции и местные строительные материалы. Именно этим объясняется их экономическая целесообразность. Бесспорными плюсами возведения одноэтажных жилых домов являются упрощённая механизация и более простая организация строительства.

В Татарстане самым солнечным районом является Мензелинский (порядка 2066 св.ч), а наименее солнечным является Бугульминский (1763 св.ч). Суммарная солнечная радиация за год составляет примерно 3900 Мдж/кв.м.

По данным портала [russia.pogoda360.ru](http://russia.pogoda360.ru) солнечных дней в г. Мензелинске в декабре составило 31%, облачных – 34%, пасмурных – 34 % (см. рисунок). Эффективность солнечного коллектора в пасмурную погоду близка к нулю. Нет солнца – нет тепла. Энергию рассеянного солнечного излучения соберут вакуумные трубки, но при передаче ее воде бака могут возникнуть потери в теплотрассе и самом баке. В пасмурные и облачные дни поддержкой температуры в баке занимается электрический ТЭН. Он предусмотрен во всех буферных емкостях. Если ТЭНа нет или он отключен, теплотери бака ничем не компенсируются. Температура воздуха в бойлерной сравнивается с температурой воды в баке. Скорость остывания воды, зависит от теплоизоляции бака и температуры внутри помещения. По эмпирическим данным потеря тепла составляет порядка 5–8 °С за 12 часов (ночь) при разнице температур в баке и помещении около 25 °С. Если за сутки плотные тучи так и не рассеялись, бак остынет на 10–16 °С. А за два дня потеряет все накопленное тепло.

В облачную погоду можно рассчитывать на небольшое количество солнечного излучения, проходящего на солнечную установку. При благоприятных условиях удастся компенсировать естественное остывание бака.



Процентное соотношение дней

При соблюдении всех требований и рекомендаций по эксплуатации солнечного коллектора: угла наклона, отсутствие затемнения – не может быть и речи о рассмотрении коллектора как единственного источника тепла. Он должен использоваться как дополнение к основному оборудованию. В теплые месяцы с мая по сентябрь солнца становится много, а потребность в отоплении исчезает. Тем самым, при благоприятных условиях покрываются 70% потребности на горячее водоснабжение.

Солнечные коллекторы обретают все большую популярность среди владельцев частных домов. Это устройство позволяет существенно экономить электроэнергию при нагреве воды. Данный агрегат является актуальным практически для любого региона России.

УДК 697.34

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОГО ЦЕХА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ**

**К.А. Каряжников**  
КГЭУ, г. Казань

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин**

В работе проведен анализ составляющих потерь, подлежащих минимизации, и определены направления реконструкции котельной.

Предложена методика расчета доли энергозатрат котельного агрегата на собственные нужды при оценке экономичности работы котельной, а также показаны возможность и меры по увеличению КПД котельного агрегата и котельной в целом, посредством замены котлового оборудования на более новое и технически обоснованное в условиях работы в существующем режиме.

Проведен анализ мер, целью которых является увеличение эффективности работы котельного цеха, повышения безопасности и уменьшение расходов в процессе ее эксплуатации.

Предоставлен план обследования котельного цеха, так как перед проведением мероприятий по модернизации необходимо определить наиболее важные и ключевые проблемы, требующие первоочередного внимания.

Обследование включает в себя исследование дополнительных термических нагрузок, оптимизации уровня загрузки оборудования, уточнение перспектив энергоэффективности и снижения теплотерь.

Согласно итогам обследования, принимается один из возможных вариантов модернизации котельной, который позволит повысить ее эффективность и снизить экономические затраты на ее использование.

УДК 697.34

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ КОТЕЛЬНОГО ЦЕХА**

**К.А. Каряжников  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин**

Работа посвящена анализу технического вооружения котельного цеха и генерации технического решения, которое позволило бы повысить эффективность работы котельного цеха и, как следствие, всей системы теплоснабжения данной котельной в целом.

В работе приведены технические подробности реконструкции котельного цеха БСИ в г. Набережные Челны, предпринятые в связи с техническим износом старого оборудования, а также в связи с нерациональным использованием установленных генерирующих мощностей в данный момент.

Принятие верного проектного решения позволит полностью удовлетворить производственные потребности в паре, а также обеспечить бесперебойное и качественное теплоснабжение промышленных предприятий, а также улучшить и упростить качество работы рабочего персонала котельной. Кроме того, повысить экономическую эффективность работы котельного цеха, что является важным аспектом, влияющим на экономическую динамику как самого генерирующего объекта, так и на потребителей энергии, снабжаемых данной котельной.

УДК 620.9

## **НЕДОСТАТОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ В РОССИИ И СПОСОБ ЕЕ РЕШЕНИЯ**

**А.Г. Ким  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В России одной из приливных электростанций является экспериментальная Кислогубская приливная электростанция, расположенная на берегу Баренцева моря, где высота волн достигает всего 2-4 м. Для работы в таких условиях следует использовать турбины, работающие при малой амплитуде волны и с дополнительным завихрением потока для дополнительного крутящего момента вращения вала.

В соответствии с принципом работы гидравлические турбины могут быть активными и реактивными. Турбина является основным рабочим элементом, за счет которой и происходит преобразование энергии.

В каждом из видов турбин вода подводится различными способами. В активных турбинах вода подводится через сопла к рабочему колесу, а в реактивных – через направляющий аппарат. В случае малых напоров и относительно небольшой амплитуды волн следует использовать спиральную камеру турбины. По сравнению с другими типами, данная камера турбины имеет небольшие размеры, даёт осесимметричный подвод потока и необходимую его закрутку. Осесимметричный подход и создание необходимого вращения перед направляющим устройством устраняет неустойчивые условия работы в турбине и обеспечивает высокую эффективность в рабочем процессе.

По предварительным оценкам суммарная мощность энергии приливов и отливов мирового океана оценивается в 1 миллиард КВт, в то время как суммарная энергия всех рек земли составляет 850 миллионов КВт. Применение энергии приливов и отливов представляет собой большую энергетическую ценность для человека.

УДК 620.9

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ**

**А.Г. Ким  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

В мире существует немалое количество разновидностей гидротурбин, каждая из которых имеет ряд преимуществ, которые присущи определенным критериям работы. К примеру, при низконапорных и свободных потоках воды следует применять ортогональную турбину.

Ортогональная турбина представляет собой разновидность ротора с прямолинейными лопастями крыловидного профиля, жестко установленными параллельно валу. Эта реактивная, быстроходная, поперечно-струйная турбина двойного действия, которая применима на низких напорах (перепадах давления) до 0,05 МПа для воды и 0,015 МПа для атмосферного воздуха.

Ортогональная турбина как нельзя лучше подходит для приливных электростанций (ПЭС) и волновых гидроэлектростанций с их циклическими волновыми процессами, так как направление вращения ротора, а также характеристики этой турбины при соответствующем конструктивном оформлении не зависят от периодически изменяющегося направления течения сплошной среды, в которую она помещена. Поскольку это поперечно-струйная турбина, значительно упрощаются конструкция гидроагрегата и конструкция наплавного блока здания ПЭС. Самое важное это то, что для поперечно-струйных турбин при больших глубинах установки агрегатных блоков можно значительно уменьшить диаметр рабочего колеса, применяя рабочие колеса с вертикальным валом. При этом, чтобы эффективно использовать всю площадь поперечного сечения потока при большой глубине, на общем вертикальном валу ортогональной турбины устанавливается несколько рабочих колес. В результате резко снижается удельная стоимость гидроагрегата. Технологически даже многоярусный гидроагрегат с несколькими ортогональными турбинами на общем валу достаточно прост в изготовлении. Лопasti таких турбин могут изготавливаться на прокатном стане по непрерывной технологии, а сами гидроагрегаты с диаметром рабочего колеса 5 м могут изготавливаться не только на специализированных гидротурбинных заводах, но и на крупных заводах общего машиностроения.

УДК 620.9

## **СХЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕЛЯХ ОТОПЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СТАНЦИИ НА ЛУНЕ**

**К.С. Курицына  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Единственным источником энергии на Луне является Солнце. Для использования солнечной энергии в целях отопления жилого модуля предлагается следующая схема.

Принцип работы схемы следующий.

В генераторной установке происходит образование смеси газов азота, кислорода и др. по составу близкой к воздуху. Это основополагающее действие, так как мы не можем запустить воздух в помещение ненадлежащего качества. Воздух, производимый в регенеративной установке, должен быть максимально схожий с воздухом, которым мы дышим на Земле. От этого зависит жизнь астронавтов. Поэтому к оборудованию данного назначения предъявлены высокие требования.

Далее смесь газов поступает в теплообменник, где нагревается до необходимой температуры и подается в жилой блок в необходимом количестве. Целесообразно использовать кожухотрубный теплообменник газ – газ. В трубном пространстве находится воздух, который получает тепловую энергию от солнца днем и от теплового аккумулятора ночью. А в межтрубном пространстве воздух, поступающий в модуль.

Остальная нагретая смесь газов поступает в аккумулятор тепла. Зарядка аккумулятора осуществляется в течение двух недель, когда Солнце освещает солнечный коллектор, в котором энергия Солнца преобразуется в тепловую энергию промежуточного теплоносителя – воздуха.

В теплообменнике воздух, получивший тепло от Солнца, является греющей средой, а смесь газов, необходимая для обогрева помещения, нагреваемой.

Так же в данной схеме предусмотрена рециркуляция воздуха, поступающего в жилой блок. В течение 2 недель, когда Солнце не освещает коллектор, теплоснабжение жилого блока осуществляется за счет аккумулятора тепла – происходит разрядка аккумулятора и цикл повторяется снова.

УДК 621.421

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**Д.Р. Латыпов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. Ахметов**

В соответствии с положениями «Энергетической стратегии России на период до 2035 года» и ФЗ-261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», приоритетными направлениями развития энергетики являются повышение энергоэффективности, надежности и экологичности генерирующих производств. Одной из проблем снижения выработки установленной мощности и ухудшения экологичности является недостаточное охлаждение конденсаторов энергоблоков, вследствие неэффективности работы систем оборотного водоснабжения.

Основным требованием к системе оборотного водоснабжения является обеспечение необходимого расхода охлаждаемой воды, подаваемой в теплообменные устройства, с минимальными затратами на транспортировку последней.

Недостаточная степень охлаждения или недостаточная подача оборотной воды приводит к ограничениям подачи пара в конденсаторы турбин и, соответственно, к ограничениям мощности энергоблоков и снижению их КПД.

Пониженная интенсивность теплообменных процессов на функциональных поверхностях в градирне оказывают негативное влияние на температуру оборотной воды и надежность эксплуатации систем оборотного водоснабжения в целом.

Возникает необходимость определить факторы, влияющие на эксплуатационные свойства каждого из элементов систем оборотного водоснабжения и разработать комплекс методов, позволяющих повысить выработку электроэнергии за счет их совершенствования. Учитывая тенденции энергетики, обусловленные необходимостью сокращения затрат при выработке электроэнергии на собственные нужды, данная задача является актуальной.

УДК 658.26

## **УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПУТЕМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМЕЮЩИХСЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ**

**Е.Е. Мингазетдинов, А.А. Гаевая  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков**

Во времена Советского Союза достаточно часто применялась практика построения собственных котельных для крупных производственных объектов, даже несмотря на практически повсеместную централизацию энергии. Это делалось в основном для фабрик и заводов, являющихся крупными потребителями пара.

Одним из таких предприятий как раз и является Набережночелнинский картонно-бумажный комбинат им. С.П. Титова, который стал объектом исследования для нашей научной работы. Он начал свою работу в 1981 году и со временем только набирал обороты и увеличивал свою производительность. В ближайшем будущем мощности эксплуатируемых котлов (два котла ТГМЕ-187, имеющие паропроизводительности по 160 т/ч каждый) уже

не будет хватать, в связи с увеличением производительности на фабриках гофрированной тары и бумажного завода, которое вызвано установкой новых автоматизированных линий оборудования фирм «BHS» (Германия), «Martin» (Франция), «Vobst» (Швейцария).

Увеличение мощности при помощи замены котлов на новые невозможно, по причине специфических требований по параметрам пара (2500 °С, 1,4 МПа), а также из-за больших капиталовложений.

Исходя из имеющихся возможностей, были приняты к исследованию варианты увеличения мощностей комбината за счет внутренних ресурсов. Нами был проведен анализ производства. Так как на предприятии эксплуатируется закрытая система теплоснабжения, в ходе работы были рассмотрены возможности внедрения индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) на крупных источниках потребления отопительной энергии, но перераспределение имеющихся тепловых потоков показало более высокую эффективность при меньших капиталовложениях. Именно этот вариант и стал целью нашей работы.

УДК 621.311:620.1

## **КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**А.А. Мукатдаров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Для увеличения надежности и безопасности эксплуатации теплоэнергетического оборудования ТЭЦ, предотвращения повреждений, которые могут быть вызваны несовершенствами изготовления деталей, а также развитием эрозии, коррозии, снижением прочностных характеристик материала и сварных соединений в процессе эксплуатации осуществляется обследование состояния металла и сварных соединений.

Целями осуществления контроля металла теплоэнергетического оборудования в процессе эксплуатации являются:

- обнаружение и установление дефектов металла;
- обнаружение и фиксация изменения физико-химических свойств и структуры металла;
- объективная оценка состояния металла оборудования.

Контроль за состоянием металла в процессе использования оборудования осуществляется неразрушающими и разрушающими методами.



Основными методами неразрушающего контроля металла и сварных соединений являются: визуальный и измерительный; ультразвуковой; металлографический анализ; капиллярный; магнитопорошковый; акустикоэмиссионный; вихретоковый; стилоскопирование; измерение твердости; магнитный контроль тепловой неравномерности; радиографический; гидравлическое испытание.

При разрушающем контроле проводятся: химический анализ (определение элементного состава); механические испытания (определение механических свойств); технологические испытания; испытания на длительную прочность; фазовый (карбидный) анализ. Кроме этого могут применяться другие методы испытаний (ползучесть, статическая трещиностойкость, циклическая трещиностойкость, усталостная прочность и др.) и исследований (фрактография, микроэлементный анализ и др.).

Помимо указанных могут применяться другие методы контроля, при этом дополнительные методы контроля являются дополнительными и не заменяют регламентированные основные методы контроля.

УДК 620.9

## **АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ**

**М.Р. Насырова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. Плотникова**

Нагрев нефти на объектах нефтеподготовки может быть реализован косвенно с помощью промышленной печи нагрева или с помощью водогрейной котельной.

Косвенный нагрев нефти – это процесс нагрева нефти с помощью промежуточного теплоносителя. Так, в промышленной печи косвенного нагрева нефти, производителем которой является ООО «СКБ-Нефтехим», в качестве промежуточного теплоносителя используется масло БС-1. Масло БС-1 нагревается в топке печи за счет сжигания топлива, а остывает в теплообменных аппаратах, тем самым нагревая нефть. После того как масло нагрело нефть и потеряло часть своего теплового потенциала, оно возвращается обратно в топку и процесс повторяется.

Преимуществами варианта косвенного нагрева нефти в печи является неограниченность в нагреве теплоносителя до температуры кипения воды и отсутствие необходимости в блоке химической подготовки воды, возможность работы на попутном нефтяном газе. Недостатками варианта косвенного нагрева нефти являются большие капитальные затраты.

Предлагается вариант использования водогрейной котельной для нагрева нефти, в качестве промежуточного теплоносителя возможно использование химически подготовленной воды. Промежуточный теплоноситель нагревается в водогрейном котле, а нефть нагревается в теплообменных аппаратах, где теплоноситель передает теплоту потоку нефти. Далее теплоноситель возвращается в котел.

Преимуществами варианта использования водогрейной котельной для косвенного нагрева нефти являются низкие капитальные затраты и снижение затрат топливно-энергетических ресурсов. Недостатками являются ограниченность в нагреве теплоносителя до температуры кипения воды и необходимость наличия блока химической подготовки воды.

Подводя итог можно сделать вывод, что при использовании водогрейной котельной расход топлива на нагрев 1 тонны нефти меньше на 17,4%, чем при использовании промышленные печи косвенного нагрева.

УДК 621.65

## **СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ НА ПРИВОД НАСОСОВ ОБТОЧКОЙ КОЛЕС НАСОСА ТРУБОПРОВОДА**

**А.Ф. Нигматулина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Повышение эффективности технологических трубопроводных систем достигается усовершенствованием ее элементов – нагнетательных машин (насосов, компрессоров), узлов регулирования, компенсаторов и других с учетом их резервирования, обслуживания и ремонта. Техническое состояние трубопровода может значительно изменяться (при воздействии коррозии, эрозии, циклических нагрузок, смещений опор и т.п.). В новых проектах целесообразно предусматривать мероприятия по контролю за состоянием элементов.

При проектировании насос часто выбирают с завышенным напором вследствие ряда причин: отсутствия данных для проведения достаточно точного гидравлического расчета ТТС, унификации насосов и электродвигателей, применения агрегатов с постоянной, нерегулируемой скоростью вращения их вала и т.д. При эксплуатации насоса для обеспечения требуемого расхода или напора жидкости применяют дросселирование потока прикрытием регулирующего клапана и задвижки на нагнетательном трубопроводе, что приводит к увеличению расхода энергии на его привод.

Снижение затрат энергии можно достичь обточкой колеса насоса по наружному диаметру до размера, обеспечивающего необходимый напор, или заменой колеса на меньшее по типоразмеру и электродвигателя, с оптимальной схемой регулирования расхода и давления.

Уменьшение потребляемой мощности при работе с обточенными колесами (кВт):

$$\Delta N \cong \left( \frac{10^{-3} \rho Q}{367} \right) \left( \frac{H_0}{\eta_0} - \frac{(H_0 - \Delta H)}{\eta} \right),$$

где  $Q$  – максимальный расход;  $H_0$  – напор насоса с колесом диаметра  $D$  (по измеренному давлению или характеристике насоса);  $\Delta H$  – рассчитанное снижение напора насоса;  $\eta$  и  $\eta_0$  – КПД насоса до и после обточки его колес.

УДК 621.644

## **ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.Ф. Нигматулина, А.А. Ибадов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Трубопроводный транспорт широко применяется на предприятиях нефтехимической, химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности. В этих отраслях стоимость трубопроводных систем составляет до 25–30% от общих капитальных затрат, продолжительность сооружения достигает 50% от времени строительства всего объекта. При проектировании на долю трубопроводов приходится около 30% всех трудозатрат.

Стоимость трубопроводов, затраты на его монтаж и содержание можно уменьшить при уменьшении внутреннего диаметра труб. Следует учитывать, увеличение гидродинамического сопротивления трубопровода, что может привести к дополнительным издержкам из-за роста расхода электроэнергии на приводы насосов. Отклонение диаметра от оптимального значения, соответствующего минимальным приведенным затратам, приводит к увеличению капитальных затрат или эксплуатационных расходов. При изменении диаметра на один типоразмер общая стоимость в среднем изменяется на 30%.

Стеклопластиковые трубы диаметром 50–1000 мм используются для транспортирования жидких и газообразных химически агрессивных веществ при температуре от –30 до +150 °С и давлении до 2,5 МПа. Они обладают высокой прочностью и хорошими электроизоляционными свойствами.

Данные трубы обладают рядом преимуществ: выдерживают широкий спектр химических веществ и не зависят от влажности среды; имеют большую прочность на изгиб; имеют высокий диэлектрический потенциал; низкая термическая проводимость, более длительный срок обслуживания.

На примере ОАО «Танеко» были рассмотрены вышеперечисленные преимущества. Эффект от применения стеклопластиковых конструкций в сравнении с металлоконструкциями составил: свыше 50 млн руб. (срок службы 50 лет).

УДК 697.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА**

**Е.Д. Поляков  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это комплекс устройств, предназначенный для присоединения систем отопления, вентиляции жилых и производственных помещений, горячего водоснабжения, регулирования их параметров и управление режимами теплоснабжения одного здания или его части. Одним из элементов модернизации ИТП является установка теплового насоса. Тепловой насос «выкачивает» солнечную энергию, накопленную за теплое время года из грунта, скальной породы, озера или воздуха.

Основное отличие теплового насоса от других генераторов тепловой энергии, например, электрических, газовых и дизельных генераторов тепла заключается в том, что при производстве тепла до 80% энергии извлекается из окружающей среды.

Тепловой насос (ТН) перекачивает теплоту с низкого температурного уровня на потребительский температурный уровень и позволяет использовать низкопотенциальное тепло, которое без теплового насоса использовать нельзя.

При передаче тепловой энергии от менее нагретой среды (низкопотенциальный источник тепловой энергии) к более нагретой (теплоноситель потребителя) тепловой насос затрачивает энергию, однако в объемах, существенно меньших, чем передает нагреваемой среде.

Иными словами, ТН позволяет полезно использовать низкотемпературную тепловую энергию грунта, воздуха, воды, хозяйственно-бытовых стоков, шахтных вод, промышленных сбросов и многого другого. Важнейшей особенностью установки является универсальность по отношению к виду первичной энергии.

Если сравнивать ТН с централизованными системами теплоснабжения, то особенность технологии в том, что не требуется протяженных тепловых сетей до потребителя, источник теплоснабжения располагается непосредственно на месте или в близком расположении от потребителя.

В России есть существенный интерес к теплонасосным технологиям, однако количество реализованных проектов невелико, что объясняется целым рядом климатических, социально-экономических и технических особенностей их применения.

УДК 697.3

## **ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В ГОРОДЕ КАЗАНЬ**

**Л.Р. Сабирова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Теплопунктами называются автоматизированные комплексы, передающие тепловую энергию между внешними и внутренними сетями. Они состоят из теплового оборудования, а также измеряющих и контролирующих приборов.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это тепловой пункт, предназначенное для транспортировки тепловой энергии от тепловой сети (ТЭЦ, центрального теплового пункта, котельной) к внутридомовым системам: отопление, горячее водоснабжение, вентиляция. Располагается, как правило, в подвальном или техническом помещении дома.

ИТП предназначен для обеспечения горячим водоснабжением, вентиляцией и теплом жилых домов.

Малый ИТП может использоваться в доме на одну семью или небольшом строении, подключенном непосредственно к централизованной сети теплоснабжения. Такое оборудование рассчитано на отопление помещений и подогрев воды.

Большой ИТП занимается обслуживанием больших или многоквартирных строений. Мощность его находится в пределах от 50 кВт до 2 МВт.

Особенности ИТП:

- производит экономию, обусловленная значительным (до 30%) снижением потребления тепла;
- контролирует температуру в теплоносителе для подачи в помещение;
- отвечает высоким требованиям, связанных с надежностью и сбережением энергии, также как их надежная шаровая запорная арматура и сдвоенные насосы;
- простота монтажа и довольно скромные габаритные размеры устройства, позволяющие размещать его в небольших помещениях.

УДК 697.34

## **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

**А.И. Самигуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Р. Ахметов**

Данная работ посвящена рассмотрению вопроса энергосберегающих мероприятий при передаче тепловой энергии.

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Суровые климатические условия России определяют теплоснабжение, как наиболее топливоёмкую и в тоже время неэффективную отрасль топливно-энергетического комплекса. В ней потребляется примерно 40% первичных энергоресурсов страны, при этом потенциал энергосбережения составляет до 50% используемого топлива.

Однако массовое стремление к увеличению эффективности процесса генерации неизбежно привело к строительству протяженных и сложно-разветвленных тепловых сетей в России. На территории страны проложено около 180 тысяч км тепловых сетей (в двухтрубном исчислении) с трубами диаметрами от 57 до 1400 мм. Радиусы теплоснабжения в отдельных городах превышают 30 км, что вызывает также значительный расход электроэнергии на перекачку теплоносителя.

Практически вся теплосеть РФ создавалась в период массового жилищного строительства 60–80-х гг. XX века. После 1991 г. застройка почти не велась, объем гражданского строительства резко сократился, а частные компании подключали новые постройки к существующим сетям теплоснабжения, не прокладывая новые. На сегодняшний день теплопроводы сильно устарели. Их общее состояние специалистами оценивается как неудовлетворительное, до 60% теплосетей нуждаются в модернизации и перекладке.

Таким образом, анализ данного вопроса является важным и актуальным. В докладе проведен анализ возможных предприятий по энергосбережению при транспортировке тепловой энергии. По результатам проведенного анализа разработан наиболее рациональный и эффективный комплекс мер по снижению потерь энергии. Энергетический потенциал, который может быть реализован при использовании указанных мероприятий позволит значительно повысить не только экономию энергоресурсов, но и обеспечит огромный экономический эффект.

УДК 697.3

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА**

**Е.М. Сафонова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин**

Перед потребителями коммунальной услуги на отопление стоит задача максимального снижения теплопотребления при обеспечении комфортных условий проживания.

В работе предложены системы энергоэффективного управления потреблением энергии и мероприятия, сокращающие энергопотребление многоквартирного жилого дома, расположенного по адресу: Республика Татарстан, г. Казань, Приволжский район, ул. Оренбургский тракт.

Контроллер регулятора подачи теплоты системы отопления следует настраивать на поддержание температурного графика с учетом увеличения доли внутренних теплопоступлений в тепловом балансе многоквартирного жилого дома с повышением температуры наружного воздуха, за счет чего сокращается подача тепловой энергии на отопление по сравнению со стандартным проектным графиком.

Немаловажную роль в вопросах экономии играет арматура, используемая при монтаже системы. Автоматические клапаны предназначены для оперативного изменения параметров трубопроводной сети при колебаниях расхода рабочей среды и ее давления.

Одним из эффективных мероприятий по энергосбережению является пофасадное регулирование отпуска теплоты на отопление в индивидуальных тепловых пунктах.

УДК 646.311

## **ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ**

**А.А. Сидорова, Г.Д. Казакова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. Т.О. Политова**

Трубопроводы и оборудование в процессе эксплуатации подвергаются процессу коррозии.

Трубопроводы разных видов нашли широкое применение в современном мире. Они практически всегда спрятаны под землей. Процесс образования коррозии на них не относится к разряду тех, которые можно избежать. Его можно только отсрочить на некоторый промежуток времени. Для этого используются специальные составы, которые на металлической поверхности образуют небольшую защитную пленку. Она не дает агрессивной подземной среде влиять на структуру трубопровода.

Защита трубопроводов от коррозии направлена на то, чтобы остановить все окислительные процессы.

Стоит отметить, что на трубах коррозия образуется как внутри, так и снаружи. Внутренняя их часть страдает от того, что коррозионный налет появляется в результате протекания по ним агрессивных веществ, вызывающих окислительные процессы. Внутренняя часть страдает от высокого уровня влажности почвы.

Защитная пленка должна находиться и внутри, и снаружи по понятным причинам. Только в этом случае можно предотвратить быстрее появление коррозионного налета, который обладает разрушающими свойствами.

Защита трубопроводов необходима для разных видов коммуникаций. Сегодня защитные способы применяются не только для водопроводных труб, которые страдают от появления ржавчины, но и для газопроводов.



Защита водопроводных труб необходима по причине того, что по ним вода поступает на предприятия и в дома людей. Она должна быть без всяких примесей. Если трубы ржавые, то водопроводная жидкость будет иметь неприятный оранжевый оттенок. Такая вода не годится для употребления в пищу. Ее даже не используют на промышленных объектах, потому что она может повлиять на свойства выпускаемой продукции.

УДК 658.26:621.365.46

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

**Г.Ф. Султанова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. С.О. Гапоненко**

В науке существует лишь три способа передачи тепловой энергии – теплопередача, передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому, через стенку, конвекция и излучение. Традиционная система отопления в основном использует первые два способа передачи тепла. В качестве излучения, сравнительно недавно, начали использовать инфракрасные обогреватели.

Принципом работы инфракрасных обогревателей является передача тепловой энергии на поверхности предметов, которые затем излучают ее в окружающее пространство. При этом воздух от инфракрасного излучения не нагревается. Волны инфракрасных лучей могут обогревать предметы только с твердой поверхностью, которые в свою очередь отдают тепло воздуху. Данный способ обогрева создает условия для равномерного распределения теплого воздуха, рационального использования электрического тока и повышения КПД отопительной системы в целом.

Пленочные инфракрасные системы представляют собой резистивные нагревательные элементы, которые крепятся на фольгу и с двух сторон защищены ламинированной пленкой. Это очень тонкая конструкция, не превышающая в толщину 1,5 миллиметров. Устанавливают готовые пленочные маты параллельно друг другу, распределяя их так, чтобы закрыть всю поверхность. Подключение к блоку питания происходит по параллельной схеме, то есть отдельно друг от друга. Это дает возможность работать системе даже в том случае, если один из матов выходит из строя.

Достоинства инфракрасного отопления: высокая надежность и долговечность, высокая экономичность, компактное размещение, кислород не сжигается, влажность не меняется, температура равномерно распределяется по всему объему пространства, автоматическое регулирование температуры в помещении.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**И.Р. Тазеев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Вопросы надежности работы теплоэнергетического оборудования тепловых и атомных электростанций стали особенно актуальны в настоящее время, после осуществления реформирования электроэнергетики, выхода генерирующих компаний на оптовый рынок электроэнергии и мощности. Анализ и управление надежностью таких энергетических объектов стало одним из наиболее важных при проектировании и эксплуатации.

Одним из приоритетных факторов обеспечения долговечной и надежной работы и большого срока службы оборудования является применение эффективных методов неразрушающего контроля, которые должны быть составной частью технической диагностики различного оборудования. В целях диагностики механического состояния оборудования необходимо знать, как поведет себя тот или иной узел, а также указать по структуре изделия, в каком месте (местах) определены конкретные повреждения. Очевидно, в первую очередь, следует ожидать выхода из строя узла с высокоэнергоемкими (высокочувствительными к возбуждению) деталями.

Своевременный контроль позволяет получить информативную оценку о техническом состоянии оборудования, сэкономить энергетические ресурсы (расход которых увеличивается из-за выхода из строя оборудования), увеличивать срок безотказной работы теплоэнергетического оборудования в целом и составных его элементов, выявлять возможности оптимизации технологий и энергоэффективности. Физический и моральный износ оборудования, включая образование отложений на поверхностях нагрева, недостаточную теплоизоляцию, отсутствие экономайзеров, неплотность газоходов, низкую эффективность работы установок, несовершенство используемых горелочных устройств, неточная, неполная или несвоевременная настройка теплового режима котлов, дисбаланс роторов турбин, электродвигателей, барабанов, а также крыльчаток вентиляторов и рабочих колес центробежных насосов, вентиляторов и компрессоров – все эти факторы приводят к понижению энергетической эффективности.

УДК 536

## **СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ЖИДКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ С ТРАДИЦИОННЫМИ ВИДАМИ**

**А.Р. Талипова, Л.Р. Шарипова  
ГБОУ ВО АГНИ, г. Альметьевск**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.И. Вахитова**

Рассмотрен вопрос использования жидкой теплоизоляции в системах отопления. Проанализированы технические характеристики жидкой теплоизоляции и различных традиционных теплоизоляционных материалов.

На основе проведенного сравнительного анализа выявлены преимущества жидкой теплоизоляции.

Жидкая теплоизоляция – это материал на водной или акриловой основе, состоящий из пустотелых стеклянных, керамических или алюмосиликатных микросфер с разреженным воздухом, который в процессе полимеризации формирует крепкую текстуру с малой теплопроводностью и большой степенью гидроизоляции.

В качестве примера рассмотрена система отопления. От центрального котла трубопроводы с нагретым теплоносителем поступают к потребителям тепловой энергии. В зависимости от длины трубопроводов наблюдаются потери энергии в пути. Даже если речь будет идти о жилых домах индивидуального сектора с котельной, расположенной вблизи, тепловых потерь не миновать. Поэтому трубы необходимо утеплить. Для этого применяют минеральную вату, стекловату и пенополистирол, но все чаще используется так называемая теплоизоляционная краска.

Данный материал содержит в своем составе пустотелые стеклокерамические, силиконовые гранулы. Вакуум, заключенный в этих гранулах, выполняет функции «термоса», не выпуская тепло наружу. Алюмосиликатные микросферы содержат разреженный углекислый газ. Они придают смеси надежность и увеличивают показатели теплоизоляции. Силиконовый наполнитель в свою очередь отражает тепло обратно к источнику. Таким образом, приобретает надежный барьер, который «консервирует» полезную энергию, предотвращая ее утечки.

Сравнительный анализ позволяет сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом для теплоизоляции является жидкая теплоизоляция. К преимуществам которой можно отнести легкодоступность для ремонтных работ и эстетичность. Труба, покрытая жидкой теплоизоляцией, выглядит лучше неровных слоев минеральной ваты.

УДК 665.612.2

## **ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ И ПРОБЛЕМА ЕГО УТИЛИЗАЦИИ**

**Д.Р. Фазуллин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков**

Вопросы использования и утилизации ПНГ присущи всем нефтедобывающим странам. А для России они более актуальны, ввиду того, что наше государство, по данным Всемирного Банка, в лидерах списка стран с самыми высокими показателями сжигания ПНГ на факелах. В России каждый год нефтяной попутный газ добывают в более 500 млн. тонн нефти, объем выбросов в атмосферу составляет 4 млн. тонн, или 20% от общего загрязнения атмосферы.

Один из аспектов данной проблемы – экологический. При сжигании этого газа происходит большое количество вредных выбросов в атмосферу, что влечет за собой ухудшение состояния окружающей среды, уничтожение невозобновляемых природных ресурсов. Но проблемы утилизации ПНГ ставят не только экологические вопросы. Они связаны и с вопросами больших потерь в экономике государства. Попутный нефтяной газ – важное сырье для энергетической и химической отраслей промышленности. Он обладает большой теплотворной способностью, а входящие в состав ПНГ метан и этан используются в производстве пластмасс и каучука, другие его элементы – ценное сырье для высокооктановых топливных присадок и сжиженных углеводородных газов. Масштабы экономических потерь в этой области огромны.

Основные причины сжигания ПНГ можно очертить следующим образом. Отсутствуют дешевые технологии, которые позволяют утилизировать газ, обогащенный тяжелыми углеводородами. Нет достаточных мощностей для переработки. Различные составы ПНГ и природного газа ограничивают доступ нефтяникам к Единой системе газоснабжения, которая заполнена природным газом. Строительство необходимых газопроводов многократно повышает цену добываемого газа по сравнению с природным. Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферу гораздо меньше затрат на утилизацию ПНГ.

Целью данной работы является поиск наиболее экологически и экономически эффективных мероприятий по утилизации попутного нефтяного газа, при котором минимизируется сжигание газа в факелах и загрязнение окружающей среды.

УДК 621.311.343

## **ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**А.А. Фаритова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Целью исследований является выявление особенностей применения баков-аккумуляторов в геотермальной системе в Российской Федерации.

Хорошей альтернативой традиционным источникам является солнечная энергетика, которая привлекает все большее внимание. Анализ возможностей солнечной энергетики показал, что при достаточной освещенности местности даже в средней полосе России выгодно использовать солнечные коллекторы, они окупаются достаточно быстро и приносят неплохую выгоду при эксплуатации.

При применении солнечного коллектора для выработки тепла на отопление жилого дома в холодное время года в неосвещенное время суток появится дефицит тепловой энергии. Установка в грунте или фундаменте дома бака-накопителя тепловой энергии дает возможность использования накопленной тепловой энергии в течение всего времени суток. Особенно эффективно устанавливать горизонтальные или вертикальные баки-аккумуляторы непосредственно под помещением для сокращения тепловых потерь.

Так как бак-аккумулятор располагается обычно под домом, наиболее удобным является применение тепловой энергии для реализации системы «теплый пол», при которой температура теплоносителя должна составлять 40–50 °С.

В заключение необходимо отметить, что в зданиях, где преобладает солнечное отопление и горячее водоснабжение, важно проводить энергоаудит и оптимизацию теплоэффективности, что намного снижает расходы на отопление и использование дополнительных источников.

УДК 621.311.343

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**А.А. Фаритова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Цель исследования: выбор оптимального типа солнечного коллектора для Российской Федерации.

В настоящее время все большее внимание привлекает возможность использования солнечной энергии, которая является хорошей альтернативой традиционным источникам. А солнечные коллекторы – самые эффективные устройства, которые используют энергию солнца. С помощью солнечных коллекторов можно сократить расходы на оплату энергоносителей, а в летние месяцы получать и бесплатную горячую воду.

Для повышения эффективности использования солнечной энергии необходимо правильно подобрать не только тип коллектора и аккумулятора, но и уровень наклона панели, который позволит увеличить производство энергии в 1,2-1,4 раза.

В условиях России целесообразно использовать именно вакуумные коллекторы, так как общие потери тепла из-за вакуума минимальны, поэтому КПД вакуумного солнечного коллектора сохраняется стабильно. Цилиндрический абсорбер также позволяет эффективно улавливать и использовать в три раза больше рассеянной солнечной энергии в сравнении с плоскими солнечными коллекторами, что особенно актуально в зимний период. Также для вакуумных коллекторов характерен так называемый зеркальный эффект, благодаря которому уменьшается зависимость теплоотдачи коллектора от высоты солнца.

УДК 621.314

## **ТРАНСФОРМАТОР ТЕПЛОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТИПА КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**М.А. Федоров, Е.В. Храмова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. Плотникова**

Трансформаторы теплоты (ТТ) предназначены для повышения потенциала низкотемпературных потоков сбросной или нетрадиционной энергии. Для нужд теплоснабжения предложено использование ТТ в виде теплового насоса (ТН) парокомпрессионного типа.

Проведены расчеты и оценена возможность применения ТТ для нужд отопления за счёт нетрадиционных источников энергии. Принцип работы схемы включения ТТ парокомпрессионного типа в систему теплоснабжения следующий: теплоноситель, нагретый от окружающей среды, проходит через испаритель ТН, где отдает теплоту во внутренний контур ТН. Внутренний контур заполнен хладагентом, который, проходя через испаритель, переходит в газообразное состояние при низком давлении и температуре 5 °С. Из испарителя хладагент направляется в компрессор, сжимается,

где, следовательно, повышается его температура. Затем газообразный хладагент поступает в конденсатор, отдает теплоту в систему отопления, охлаждается, конденсируется, а нагретый теплоноситель системы отопления поступает к отопительным приборам.

Рассчитан и подобран ТН типа НТ300, включающий испаритель ИТР-105, конденсатор КТР-85 и компрессор Copeland ZB-220-KSE-TWM-551. Коэффициент преобразования теплоты у данного теплового насоса составил 2,43, что говорит о невысокой энергоэффективности внедрения ТТ. Техничко-экономический расчет также показал, что применение ТТ на нетрадиционной энергии для нужд теплоснабжения в климатической зоне Республики Татарстан нерентабельно.

С учетом полученных результатов предлагается использование трансформатора теплоты на городских сточных водах и сточных водах промышленных предприятий в связи с наличием значительного количества источника вторичной энергии – расхода воды, что приведет к повышению коэффициента преобразования теплоты и к окупаемости проекта внедрения термотрансформаторов.

УДК 697.34

## **НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**К.А. Хайруллина**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

Система теплоснабжения городского хозяйства является одной из наиболее важных инженерных сетей города и к ее надежности предъявляются высокие требования.

Из опыта эксплуатации крупных систем теплоснабжения, которые оснащены большим объемом запорной арматуры, насосного оборудования, а также имеющих большую протяженность сетей и высокое гидравлическое сопротивление, известны трудности при обеспечении высокой степени их надежности. В частности, это относится как к крупным квартальным или районным котельным, так и к присоединенным сетям и системам теплопотребления. В таких системах теплоснабжения существует высокая вероятность возникновения аварийных либо переходных гидравлических процессов, характеризующихся колебаниями либо повышением давления сетевой воды, значения которых выходят за пределы допустимых значений прочностных характеристик оборудования и сетей. Подобные процессы возможны

и в системе теплоснабжения невысокой мощности и протяженности, и кроме того могут иметь характер гидравлического удара. Гидравлический удар – это скачок давления в какой-либо системе, заполненной жидкостью, вызванный быстрым изменением скорости потока этой жидкости.

Риск возникновения гидравлического удара в системе теплоснабжения связан со следующими причинами: аварийная остановка сетевых насосов; резкая остановка потока жидкости в контуре, вызванная быстрым открытием или закрытием запорной арматуры; наличие воздуха в системе.

Степень же надежности проектируемых и, в большей степени эксплуатируемых систем теплоснабжения, является одним из важнейших факторов при осуществлении договорных отношений между теплоснабжающими организациями и потребителями тепловой энергии. Поломка даже одного из элементов может сопровождаться травматизмом обслуживающего персонала и населения. Для предотвращения возникновения гидравлических ударов в системе теплоснабжения предложены следующие мероприятия: установка резервных насосов; наличие электрогенераторов; регулярная проверка трубопроводов.

УДК 621.483

## **СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ КОТТЕДЖНЫХ ДОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА**

**И.А. Халлыев<sup>1</sup>, А.И. Галиев<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>КГЭУ, <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов**

Целью данного проекта является исследование систем теплоснабжения для коттеджных домов, которые используют солнечный коллектор, тепловой насос и льдоаккумулятор. Рассматриваемый тепловой насос взаимодействует с льдоаккумулятором имеющий новый тип теплообменника, который способен осуществлять размораживание. Более того, произведена оценка выгоды от использования теплоты сточных вод.

Комбинированное использование солнечных коллекторов и теплонасосных систем без льдоаккумулятора получило популярность в последнее десятилетие, благодаря возможности увеличения использования возобновляемых источников энергии в области теплоснабжения и на объектах местной водоподготовки. Исследования систем солнечных коллекторов и тепловых насосов ведутся на протяжении многих лет. Несмотря на это, только недавно было достигнуто значительное увеличение количества установленных таких систем на Европейском промышленном рынке.



Первые попытки включения льдоаккумулятора в состав системы солнечного коллектора и теплового насоса были предприняты в 1970-х годах. Однако, только на протяжении последнего десятилетия компании начали заказывать такой комплект отопительной системы.

Дополнительной целью данного проекта является демонстрация того, как конкретная концепция системы «солнце-лёд» позволяет достигать очень высоких годовых показателей эффективности. Все расходы за срок службы системы исследуются как с точки зрения экономической, так и экологической эффективности. При таком подходе можно оценить эффективность и других возобновляемых источников энергии, таких как солнечные коллекторы и льдоаккумуляторы.

Зависимость электропотребления системы от изменения размеров основных компонентов (коллекторная область и льдоаккумулятор) рассчитывается с помощью симуляторного программного обеспечения TRNSYS.

УДК 621.316

## **СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

**Э.Ш. Харисов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. Валиев**

Действующие в настоящее время подходы в области учета технического состояния производственных объектов в энергетических компаниях России являются разнородными, основаны на оценке технического состояния фондов лишь по сроку их службы без учета других существенных критериев, на основе анализа которых можно определить оптимальную стратегию управления активом. Фактически отсутствуют унифицированные инструменты для анализа и влияния на эффективность управления производственными активами и фондами, что вызывает необходимость поиска путей решения данной задачи.

Чтобы решить эти проблемы, необходимо оптимизировать управление ремонтом оборудования, обеспечить максимальную доходность активов при минимальной совокупной стоимости владения ими, сохранив при этом необходимый уровень безопасности. Добиться этого можно с помощью автоматизированной системы управления активами и фондами предприятия (УФАП/ЕАМ).

Системы EAM (Enterprise Asset Management) – это класс решений, специально ориентированных на компании, обладающие дорогостоящими активами, которые нужно обслуживать.

Основным направлением развития EAM в России является уход от устаревшего планово-предупредительного подхода обслуживания оборудования к обслуживанию по состоянию и уровню риска или комбинации данных подходов в зависимости от требований компаний.

Внедрение систем EAM – сложный и длительный процесс, затрагивающий все уровни управления компании и производственного комплекса. Однако, как показывает мировая практика, полученные эффекты в виде повышения надежности функционирования производственных систем и снижения стоимости владения активом оправдывают все усилия по преодолению этого трудоемкого процесса.

УДК 658.511

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА И НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

**В.А. Харитонов, В.А.Максимов, С.С. Сердцев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Р. Ахметов**

В данной работе произведена оценка влияния мероприятий по снижению потребления тепловой энергии в зданиях, за счет усиления тепловой изоляции ограждающих конструкций, на эффективность работы системы теплоснабжения в целом.

Данная проблема особо характерна для районов старой застройки (значительное потребление тепловой энергии зданиями до проведения энергосберегающих мероприятий) и источников теплоснабжения, работающих по качественному методу регулирования.

В результате проведения энергосберегающих мероприятий у потребителя возможны два сценария развития.

При отсутствии приборов учета у потребителей объем отпуска тепловой энергии от источника не изменится. При этом у потребителя будет завышенный температурный режим, размер его платежей за тепловую энергию не изменится (оплата по нормативу).

При наличии приборов учета у потребителей платежи за тепловую энергию и объем ее реализации снизятся. При этом источник теплоснабжения, работающий по качественному методу регулирования, будет вынужден скорректировать температурный график под фактический режим потребления тепла. Снизится объем отпуска тепловой энергии и, как следствие, загрузка теплогенерирующего оборудования. Для небольших котельных это будет означать работу котлоагрегатов в режиме, значительно ниже номинального. В результате снизится КПД источника, а увеличатся удельные расходы топлива и себестоимость тепловой энергии.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Внедрение энергосберегающих мероприятий у потребителя тепловой энергии в отсутствие приборов учета нецелесообразно.

2. Система теплоснабжения является комплексным, неразрывно связанным механизмом. Внедрение энергосберегающих технологий приносит максимальный эффект при одновременном повышении эффективности работы источника, тепловых сетей и потребителя.

УДК 658.511

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**В.А. Харитонов, В.А. Максимов, С.С. Сердцев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Р. Ахметов**

Потенциал повышения энергетической эффективности производства тепла на котельных, в целом по Российской Федерации, оценивается не менее чем в 30% от фактических затрат топливно-энергетических ресурсов.

На многих мелких котельных удельные расходы топлива существенно выше нормативных, а на отдельных котельных достигают уровня 230 кг. у. т./Гкал.

Приблизительно на 90% потенциал энергосбережения технически доступен, то есть его возможно уменьшить за счет комплекса энергосберегающих мероприятий. На 30–50% потенциал энергосбережения привлекателен для потенциальных инвесторов, за счет сравнительно небольших сроков окупаемости проектов.

Удельные расходы топлива в большой степени зависят от вида топлива (самые низкие удельные расходы в котельных, работающих на газе), единичной мощности и состояния оборудования котельных.

Одной из причин того, что фактический КПД котельных ниже нормативного и установленного заводом-изготовителем, заключаются в несоответствии фактических режимов потребления тепла в системах отопления и объема отпуска тепловой энергии от источника теплоснабжения по утвержденным температурным графикам. При проведении потребителями мероприятий по восстановлению изоляции наружных ограждений, которые были предписаны Федеральным законом №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», снижению потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции, необходимо осуществлять корректировку температурного графика в соответствии с фактическими режимами теплопотребления. Проблема перетопов потребителей характерна для котельных, работающих по качественному графику регулирования отпуска тепловой энергии.

Важной причиной снижения КПД котельных является физически и морально устаревшее генерирующее оборудование, высокий износ основных фондов.

Рассматриваемые вопросы являются актуальными и требуют решения для повышения эффективности теплоснабжения.

УДК 621.4

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА В УСЛОВИЯХ КОСМОСА НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА**

**Р.Г. Хафизов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Данная работа посвящена рассмотрению вопроса применения двигателя Стирлинга, работающего от тепловой энергии Солнечного излучения, для создания искусственной гравитации на космической станции с целью повысить уровень безопасности и комфорта космонавтов, а также осуществления экспериментов и применения методов научных исследований, требующих наличия имитации гравитационного воздействия.

Актуальность данной темы обусловлена современным уровнем развития науки и технической вооруженности, а также перспективой развития космических технологий, связанных освоением новых космических горизонтов и повышением качества изучения уже освоенных областей.

Приведено описание конструкции станции, ее составных частей и способы их функционирования в заданных условиях. Рассматриваются основные принципы работы системы.

Так же рассмотрены важнейшие элементы данной конструкции, такие как устройство отвода тепла от охлаждаемой части установки для поддержания требуемых параметров работы двигателя Стирлинга и устройства аккумуляции энергии для обеспечения работоспособности энергетической системы в те моменты, когда космическая станция находится в теневой области и не получает тепловую энергию Солнца.

Приведены основные качества предложенного энергетического узла и перспективы его применения для решения поставленных задач.

В работе приведены результаты расчетов основных параметров энергетической установки, ее составных элементов и космической станции в целом. Так же определены пределы вариации некоторых параметров в зависимости от необходимости.

Проведен оценочный расчет энергетических потоков и составлен энергетический баланс системы для ее работы в заданных условиях эксплуатации.

По результатам проведенных расчетов и анализа потоков энергии, можно сделать вывод о жизнеспособности данной космической станции, в том числе и энергетической установки.

УДК 621.4

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

**Р.Г. Хафизов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Данная работа посвящена рассмотрению вопроса новых и более рациональных способов энергоснабжения в условиях космоса, в частности орбитальной космической станции. Высокий уровень затрат, связанный с доставкой топлива на орбитальную станцию, а также ограничение массы доставляемых на орбиту грузов приводит к мысли о том, что наиболее верным решением является получение энергии в космосе, нежели снабжать ею станцию путем доставки топливных ресурсов. В данном случае энергия солнечного излучения представляется наиболее привлекательным источником, так как и без того огромное количество энергии, выделяемое Солнцем в условиях космоса, а именно не рассеянное и отраженное атмосферой Земли, представляет собой огромный неосвоенный источник энергии в условиях космоса.

Исходя из вышесказанного, предлагается использование энергетической установки на базе двигателя Стирлинга, так называемого двигателя внешнего сгорания, то есть с подводом тепловой энергии извне. В данном двигателе рабочее тело не расходуется, а для его работы достаточно минимального перепада температур на его нагреваемой и охлаждаемой поверхностях.

В результате приведенных расчетов получены данные, которые позволяют утверждать, что данная энергетическая установка весьма эффективна и способна не только покрыть требуемые энергозатраты, но и вырабатывать значительно больше, что создает огромный энергетический потенциал для развития технологий и технологических процессов непосредственно в космосе.

Так же одним из привлекательных вариантов применения данной установки является создание искусственной гравитации на орбитальной станции, данная перспектива весьма актуальна в связи усложнением экспериментов в условиях космоса и появлением новых требований для их осуществления, в том числе и создание искусственной гравитации.

УДК 620.192

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ТРУБОПРОВОДОВ**

**К.В. Чанчин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин**

Диагностика трубопроводов, находящихся в эксплуатации длительное время, предполагает обнаружение коррозии. Это одна из важнейших проблем, решение которой позволит обеспечить безаварийную эксплуатацию и увеличить срок службы трубопроводов, снизить себестоимость доставки энергоносителей потребителям.

С помощью метода свободных колебаний, возможно получить частоты собственных колебаний трубопроводов, по которым можно судить об их состоянии, но проблема заключается в обработке большого количества данных и безошибочном определении дефектов трубопроводов.

Использование нейронных сетей позволит быстро и эффективно анализировать данные и снизить ошибку при принятии решений.

Нейронные сети Кохонена типичный пример нейросетевой архитектуры, обучающейся без учителя. Отсюда и перечень решаемых ими задач: кластеризация данных или прогнозирование свойств.

Нейронная сеть Хопфилда состоит из единственного слоя нейронов, число которых определяет число входов и выходов сети. При этом выход каждого нейрона соединен с входами остальных нейронов по принципу «со всех на все».

Нейронные сети обратного распространения – это мощнейший инструмент поиска закономерностей, прогнозирования, качественного анализа. Такое название – сети обратного распространения они получили из-за используемого алгоритма обучения, в котором ошибка распространяется от выходного слоя к входному.

В дальнейшем, для обработки данных, мною будет разработана нейронная сеть в программном комплексе LabView, которая сможет принимать решения о дефектности или бездефектности трубопровода. Обучение нейросети будет происходить, по стандартному алгоритму обратного распространения ошибки. Результат работы такой сети: определение дефектов в трубопроводе по входным частотным характеристикам.

УДК 658.264

## **РЕЗУЛЬТАТЫ НАЛАДКИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ КОТЕЛЬНОЙ №3 Г. НУРЛАТ**

**Р.Р. Шайдуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. Загретдинов**

Наладка тепловой сети предназначена для создания надежного и экономичного режима распределения теплоносителя по потребителям (объектам) в соответствии с их тепловыми нагрузками. Во многих регионах РФ наблюдается гидравлическая разрегулировка тепловых сетей, т.е. нарушение гидравлики, независимо от тепловой мощности котельных. Отсутствие работ по наладки гидравлического режима на тепловых сетях является причиной перетопов у одних потребителей и недотопов у других. При этом на источниках тепловой энергии наблюдается значительный перерасход топлива и электроэнергии, другими словами, отсутствие экономии.

После наладки системы теплоснабжения от котельной №3 г. Нурлат (ветка Яшьлек), заметно сократился расход теплоносителя примерно на 10–15%. Благодаря установленным дроссельным шайбам, потребители стали получать столько теплоносителя, сколько им достаточно для нормального теплоснабжения. В котельной вместо постоянно работающих двух сетевых насосов, теперь работает один (до определенной минусовой температуры), его производительности вполне хватает. По подсчётам расход топлива (газа) снизился, котлы стали меньше нагружаться.

Сами потребители, особенно те, что находятся в конце тепловой сети, ощутили увеличение теплоотдачи от радиаторов и регистров, за счет повышения давления в системе отопления. Это связано с тем, что с годами происходило зарастание налетом и отложением системы отопления, а того малого объема воды, который мог пройти через нее было недостаточно.

Таким образом, можно сделать выводы, что эффективность наладки тепловых сетей характеризуется следующими показателями: сокращением расходов топлива за счет ликвидации перегрева систем теплопотребления; сокращением расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя за счет снижения удельного расхода сетевой воды и отключения излишних насосов; обеспечением возможности подключения к сетям дополнительных теплопотребителей.

УДК 621.311+620.92

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЯВЛЕНИЯ ОСМОСА**

**Р.З. Шакурова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. С.О. Гапоненко**

В ноябре 2009 г. компания Statkraft, крупнейший производитель электроэнергии Норвегии, недалеко от Осло (г. Тофте) построила и запустила первую в мире электростанцию, основанную на осмотическом давлении. Явление осмоса заключается в одностороннем проникновении (диффузии) молекул воды (растворителя) через полупроницаемую мембрану, отделяющую резервуар с пресной водой от резервуара с солёной, притом мембрана пропускает лишь молекулы воды, задерживая молекулы соли.

Принцип работы осмотической электрической станции основан на стремлении пресной и морской воды к равновесной концентрации соли. Имеется два резервуара, разделённые полупроницаемой мембраной, в один из которых подаётся пресная, а в другой – морская вода. В результате осмоса вода из пресного резервуара через мембрану перетекает в резервуар с солёной водой. Со стороны морской воды возникает избыточное гидростатическое давление, называемое осмотическим. Оно может достигать двадцати бар. Находящаяся под столь высоким давлением вода подается на гидротурбину генератора, вырабатывающего электроэнергию.

Одна из главных задач – правильный выбор мембран. Осмотическая мембрана представляет собой рулон, заключенный в цилиндрический корпус. Чем тоньше мембрана, тем быстрее протекает процесс осмоса, и, следовательно, тем выше производительность станции. Однако эта же мембрана должна выдерживать высокое гидростатическое давление. Существуют мембраны толщиной 0,1 микрометра, их целесообразно нанести на пористую, но очень прочную основу.



Достоинствами осмотической электростанции являются: абсолютная экологичность, дешёвое сырьё, независимость от климатических условий, что выгодно отличает осмотическую станцию от ветровой или солнечной электростанций.

УДК 612.4

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В БЛИЖНЕМ КОСМОСЕ**

**И.Ф. Юсупов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Одной из принципиальных проблем в развитии космической отрасли является отсутствие гравитации на станциях и аппаратах. Решать эту проблему предлагается путем создания центробежной силы на станции, приводом для которой должен послужить двигатель Стирлинга (ДС).

Двигатель Стирлинга относится к двигателям внешнего сгорания, а значит он не «привередлив» в выборе топлива. Из этого условия вытекает наиболее выгодная особенность работы этого двигателя в космическом пространстве – отсутствие необходимости в постоянной доставке топлива, так как ДС может работать под воздействием тепловой энергии Солнца.

Главным условием работы двигателя Стирлинга является разница температур, и чем она больше, тем производительность двигателя выше. Исходя из этого немаловажным аспектом для его работы становится отвод тепла от рабочего тела. В условиях космоса теплообмен возможен только путем теплового излучения. Эта особенность влечет за собой некоторые неудобства, а как следствие увеличение стоимости и усложнение конструкции, так как для этого необходимо устанавливать специальные излучатели.

УДК 644.12

## **СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГВС И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**П.А. Яндукова, А.А. Ибадов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев**

Целью данной работы является рассмотрение возможности использования солнечных коллекторов в качестве перспективных технологий для организации горячего водоснабжения (ГВС) и отопления зданий.

Рассмотрены варианты использования вакуумных солнечных коллекторов, которые, поглощая солнечную энергию преобразуют её в тепловую. Таким образом, за счет солнечной энергии эта система способна обеспечить 70–100% потребности в горячем водоснабжении для бытовых целей и на 30–100% снизить расходы на теплоснабжение помещения.

Особое внимание уделено проблеме недостатка температуры горячей воды в системе. В данном случае, в качестве дополнительного источника в систему ГВС устанавливается газовый котел, необходимость использования которого должна быть минимизирована:

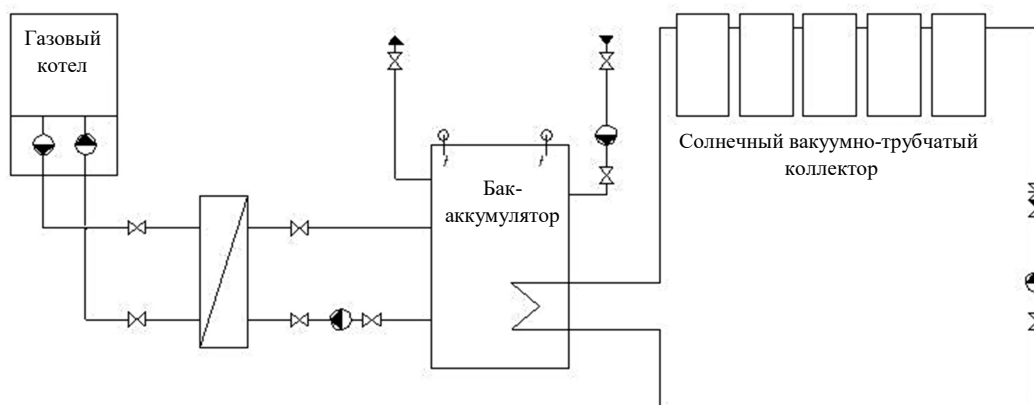


Схема подключения системы ГВС с солнечным вакуумно-трубчатым коллектором

Выделены основные сценарии управления системой ГВС, подходящие для рационального подключения регуляторов, выбранного производителя.

Определены требуемые параметры температуры коллектора и бака, необходимые для подключения циркуляционного насоса.

Выявлены определяющие характеристики применения нового управления системы ГВС с применением солнечного коллектора, позволяющие сократить время работы насосов и обеспечить максимальное количество снятия тепла с солнечного коллектора, что в итоге обеспечит улучшение работы системы.

УДК 621.311

## УСТАНОВКА МИНИ-ТЭЦ НА ООО АЧНФ «АЛСУ»

Л.Т. Яхина  
КГЭУ, г. Казань

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

В условиях дефицита углеводородного топлива вопросы энергосбережения являются актуальными. Это связано с тем, что не эффективно используются топливные ресурсы, вследствие чего растут финансовые потери

в энергетической отрасли. Для решения сложившейся ситуации будет целесообразным дублирование централизованного энергосбережения посредством применения малых теплоэлектростанций, т.е. мини тепловые электрические централи (мини-ТЭЦ).

Мини-ТЭЦ – компактная энергетическая установка на базе когенератора, работающая на природном газе и предназначенная для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

Достоинством мини-ТЭЦ является: дешевизна тепловой и электрической энергий, непосредственная близость к потребителю, отсутствие необходимости строительства дорогостоящих линий электропередач и подстанций, лёгкость монтажа и многие другие факторы.

Применение мини-ТЭЦ говорит о новой тенденции к развитию наиболее экономически эффективной и экологической отрасли ТЭК.

В работе рассматривается целесообразность замены котельной и установки мини-ТЭЦ для ООО АЧНФ «Алсу», расположенной в РТ в городе Альметьевск.

В данный момент состояние генерирующего оборудования физически и морально устарело, что влечет за собой снижение надежности системы теплоснабжения и приводит к потере тепловой энергии, вследствие чего увеличивается расход топлива. Рассмотрена реконструкция системы теплоснабжения ООО АЧНФ «Алсу».

Предлагается установить мини-ТЭЦ Австрийской фирмы Jenbacher J 624 GS-N.L. и J 420 GS-N.L.

Реконструкция котельной с установкой мини-ТЭЦ позволит сократить экономические затраты, капитальные вложения, снизить затраты на эксплуатацию и обслуживание, получить экономический эффект в размере 19 388 тыс. руб. В результате все вложенные средства окупаются за пять с половиной лет.

### **Секция 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

УДК 662.75

#### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В ПРИСУТСТВИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**Г.В. Ахметвалиева, Ф.И. Бурганова, А.Р. Шайхутдинова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Э.Р. Зверева**

Россия – одна из ведущих стран мира по запасам угля, которые значительно больше и равномернее распространены по земному шару, чем совокупные запасы нефти и газа, а в энергетическом эквиваленте многократно их превосходят. В последние годы, благодаря высоким ценам на нефть и газ, интерес к углю в мире как альтернативному энергоносителю постоянно растет. Требования экономичности, надежности, безопасности и необходимости снижения вредного воздействия на окружающую среду обуславливают разработку и внедрение новых угольных технологий, обеспечивающих высокую полноту использования топлива в энергетических системах и комплексах. Решение указанных проблем может быть достигнуто при создании конкурентоспособных технологий переработки угля и утилизации отходов в виде суспензионных угольных топлив. Исследованы возможности снижения вязкости водоугольного топлива за счет применения присадок наноматериалов: углеродных нанотрубок и обезвоженного карбонатного шлама. Представлены результаты предварительных исследований реологических характеристик проб чистого водоугольного топлива, топлива с добавлением 0,5 мас. % карбонатного шлама и топлива с добавлением 0,0125 мас. % УНТ, диспергированных в водном растворе ПАВ. Показано существование возможности значительного снижения динамической вязкости композиционного топлива. В целях определения оптимальной концентрации присадок наноматериалов изучены концентрационные зависимости условной вязкости композиционного водоугольного топлива. Установлена возможность улучшения вязкостных свойств композиционного топлива, содержащего малые добавки указанных веществ: углеродного наноматериала в концентрации 0,005 мас. % или 0,3 мас. % обезвоженного карбонатного шлама. Рассмотрены возможные механизмы изменения вязкостных свойств топлива.

УДК 628.21

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Б.Р. Вашитов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.С. Дремичева**

Очистные сооружения г. Кукмор предназначены для полной биологической очистки бытовых и близких к ним по составу сточных вод систем канализации жилых застроек и промышленных предприятий Кукморского района, с последующим спуском очищенной воды в р. Ошторма. В промышленный комплекс г. Кукмор входят: Валяльно-войлочный комбинат, Завод металлической посуды «Kukmara», Швейный комбинат и т.д.

В ходе экскурсии на «КОС», литературного обзора и изучения статей в прессе, было выявлено, что уровень очистки сточных вод не соответствует требованиям и нормам сброса в природные водоемы. Тем самым наносится вред окружающей среде, а также ухудшаются условия проживания жителей близлежащих населенных пунктов.

Необходимая степень очистки сточных вод, спускаемых в водоем, определяется на основе данных об их количестве и составе. Степень очистки сточных вод рассчитывают по количеству взвешенных веществ, допустимой величине БПК в смеси речной воды и сточных вод и т.д. Санитарные требования к условиям спуска сточных вод в водоемы оцениваются необходимой суммарной степенью очистки сточных вод перед спуском их в водоем.

Существует несколько путей усовершенствования существующей технологии очистки: полная или частичная реконструкция, модернизация БОС, внедрение совершенно новых технологий. Все это может осуществляться на станции непосредственно, однако, по моему мнению, экономически целесообразно внедрить локальные очистные сооружения на предприятия, которые сбрасывают свои стоки на БОС без предварительной очистки.

Строительство локальных очистных сооружений может обеспечить:

- высокоэффективную очистку промышленно-загрязненных сточных вод;
- защиту канализационных систем от загрязнений;
- уменьшение нагрузки на БОС;

- извлечение из сточных вод ценных компонентов для утилизации;
- улучшение качества сбрасываемых вод в р. Ошторма;
- повторное использование очищенных сточных вод в технических целях.

УДК 628.3.034.2:628.4.045

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ СЕРНИСТО-ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**А.А. Ибрафилова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. док. техн. наук, доц. Л.А. Николаева**

На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности одна из основных экологических проблем связана с необходимостью обезвреживания или утилизации сернисто-щелочных стоков (СЩС). Они образуются при очистке газов пиролиза от серо-водорода и диоксида углерода в производстве низших олефинов, при щелочной обработке сжиженных газов, бензиновых и керосиновых фракций в процессах нефтепереработки. Эти отходы обладают крайне неприятным запахом вследствие присутствия сероводорода и меркаптанов, имеют повышенную токсичность, поэтому попадание таких веществ в атмосферу и водоемы, должно быть практически исключено.

Известные методы очистки СЩС, такие как отпарка, дегазация, карбонизация требуют больших энергетических затрат и являются неэкологичными вследствие загрязнения воздуха сероводородом и сернистым газом. Наиболее перспективным считается метод локального окислительно-восстановительного обезвреживания (процесс ЛОКОС). Процесс ЛОКОС основан на жидкофазном гетерогенно-каталитическом окислении кислородом воздуха токсичных сульфида и меркаптида натрия в более безопасные тиосульфат и сульфонат натрия.

Наиболее перспективным считается метод каталитического окисления кислородом воздуха токсичных сульфидов и тиосульфатов. Однако при данном методе обезвреживания сернисто-щелочных стоков с повышением концентрации сульфидов увеличиваются энергетические затраты. Поэтому была изучена возможность предварительной обработки этих стоков серной кислотой для понижения концентрации сульфидов в стоке, что при дальнейшем окислении стоков кислородом воздуха позволит сократить время окисления и расход воздуха.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ОБРАТНООСМАТИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА ОТ СУЛЬФАТ-АНИОНОВ КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ**

**А.Р. Миннеярова, Э.Г. Хамитова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Л.А. Николаева**

На водоподготовительных установках ТЭС после блока обратного осмоса образуется пермиат (частично обессоленная вода) и концентрат, имеющий высокое солесодержание. Так, концентрация сульфатов и хлоридов составляет от 300 до 600 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрат, в большинстве случаев, разбавляется и сбрасывается в канализацию или направляется на доочистку, на выпариватели для выделения солевой каши, что предусматривает дополнительные экономические затраты для установки необходимых аппаратов.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) сульфатов и хлоридов в сточных водах регламентируется санитарными правилами и нормами (СанПиН 2.1.4.1074-01), так как они ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека, флору и фауну природных водоемов. Так, например, ПДК сульфат-анионов в питьевой воде составляет не более 500 мг/дм<sup>3</sup>, для рыбохозяйственного производства – 100 мг/дм<sup>3</sup>.

Целью проведения экспериментальных исследований было изучение адсорбции сульфат-анионов карбонатным шламом (КШ) – отходом энергетики, образующийся на стадии предварительной очистки природной воды на ТЭС. Для этого исследована кинетика адсорбции сульфат-анионов из модельных водных растворов.

Получена изотерма адсорбции методом переменных навесок. Изотерма адсорбции относится к V типу (Н – тип) по классификации Смита и свидетельствует о протекании смешанного механизма процесса: ионного обмена и физической адсорбции. Одной из задач исследования является определение доли физической адсорбции и ионного обмена при поглощении сульфат-анионов карбонатным шламом.

По полученным экспериментальным данным построена кинетическая зависимость адсорбции сульфат-анионов карбонатным шламом при нормальных условиях. Адсорбционное равновесие устанавливается в течение 3,5 часов, при этом равновесная концентрация составляет 170 мг/дм<sup>3</sup>.

УДК 663.551.2

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ СПИРТОВОЙ СМЕСИ**

**А.Е. Прудецкий  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Г. Лаптев**

Высокая очистка спирта-сырца происходит в ректификационной колонне ПАХП-РУМ-05 состоящей из испарительного куба, вертикально установленного на ней ректификационной колонны и электрического нагревателя. Основная задача ректификационной установки является получение спирта-ректификата при маленьком содержании примесей в исходной смеси. Работа проводилась на 40% этиловом спирте с температурой кипения 78,3 °С и температурой замерзания 117 °С.

Для обеспечения высокой точности разделения спирта-ректификата от примесей в процессе ректификации необходимо поддерживать температуру паров до 78,43 °С, так как после превышения температуры завершается отбор пищевого спирта. Отбор хвостовых фракций примеси содержащихся в исходном сырье завершается при температуре 82–85 °С в конденсаторе.

С целью повышения качества выходной смеси, а также технико-технологических показателей на ректификационной установке ПАХП-РУМ-05 будет произведена замена регулярной (вставной) насадки Зульцер на хаотическую насадку «Инжехим».

Проведены сравнительные расчеты установки с выбранной насадкой. Используются одинаковые начальные условия для обеих насадок, такие как: начальный объем исходной смеси 15 л, содержание спирта 40%, мощность разогрева 1000 Вт, мощность при дистилляции 500 Вт, флегмовое число 4, интервал вычисления 15 минут. Насадка Зульцер при отборе готового продукта показывает содержание спирта от 86,2–86,1%, в свою очередь насадка «Инжехим» 94,1–94 %.

Таким образом, лабораторное исследование процесса ректификации 40% этилового спирта позволяет выбрать наиболее эффективную насадку для данной колонны, которая позволяет увеличить спиртосодержание на 8% и уменьшить количество примесей.



## **АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПГУ НА ТЭЦ**

**О.В. Семенова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Н. Котляр**

В любой стране энергетика является одной из базовых отраслей экономики. Энергетика создает предпосылки для применения новых технологий, обеспечивает современный уровень жизни населения.

Цель работы заключается в разработке и анализе научно-технических подходов к созданию ВПУ на основе сравнения мембранных методов очистки и ионного обмена. Расчеты проводились на примере Казанской ТЭЦ-1 с водоподготовкой для энергоблока ПГУ-230. В данный момент водоподготовка на станции проходит путем двухступенчатого обессоливания.

Классической технологией полной или частичной деминерализации воды на ТЭС является ионный обмен. Однако данная технология имеет недостатки: расход реагентов на регенерацию превышает стехиометрические расходы в два-три раза, необходимость нейтрализации сбросных и отмывочных вод после ионитовых фильтров. В качестве достоинств можно отметить: возможность получения воды очень высокого качества, в том числе для котлов любого давления и промывки печатных плат электронного оборудования; способность работать при резко меняющихся параметрах питающей воды; небольшие капитальные и энергозатраты.

Сегодня наиболее передовые решения в водоподготовке осуществляются с применением мембранной технологии. С помощью мембран, которые пропускают воду и задерживают примеси, можно наиболее просто, экологично и эффективно изменять состав и свойства воды, добиваясь выполнения требований к чистоте продукта. С помощью мембранных процессов удастся охватить практически весь диапазон возникающих задач разделения: от самых тонких (глубокое обессоливание воды методом электродеионизации) – до относительно грубых (микрофилтрационная очистка жидкостей от взвешенных частиц субмикронных размеров). Современные мембранные процессы отличаются высокой селективностью, низкими энергозатратами, простотой аппаратного оформления, служат основой создания безотходных технологий.

## **МИНИ-ГРАДИРНЯ С НАСАДКАМИ**

**Е.Ю. Столярова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Г. Лаптев**

Целью данной работы является разработка модели мини-градирни, габариты которой будут существенно меньше башенных и вентиляторных градирен при удельной нагрузке в два-три раза выше.

В закрытых системах охлаждения широко применяются градирни башенного и вентиляторного типа большой производительности. Недостатком данных установок являются значительные капитальные затраты при строительстве, существенные занимаемые площади, в том числе и подземные, а также невысокая тепловая эффективность.

Данная задача решается за счет того, что заявленное изобретение может быть выполнено в виде цилиндрического или прямоугольного аппарата, заполненного хаотичными и регулярными насадками. В качестве насадок рассмотрено применение насадок «Инжехим» с удельной поверхностью  $200 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Насадки с шероховатой поверхностью.

Устройство представляет собой цилиндрический аппарат, заполненный хаотичными и регулярными насадками, причем высота хаотичной насадки меньше и составляет 25% от регулярной. Имеется вентилятор, сопла для равномерной подачи охлаждаемой воды и бассейн для сбора.

Работает устройство следующим образом. Сверху колонны через распределительное устройство в виде сопла поступает жидкость, которую необходимо охладить. Вода проходит последовательно через слой хаотичной и регулярной насадки, таким образом, увеличивается поверхность контакта фаз «жидкость-газ». Вентилятор создает восходящий поток воздуха. Взаимодействуя с жидкостью в противотоке, происходит процесс тепло-массообмена. Режим течения пленки жидкости пленочный.

Мини-градирню можно устанавливать в непосредственной близости от технологического оборудования, снизив тем самым металлоемкость и затраты на строительство.

УДК 662.75

## **ИЗМЕНЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЗУТА ПРИ ДОБАВЛЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ОБЕЗВОЖЕННОГО КАРБОНАТНОГО ШЛАМА**

**Р.В. Хабибуллина, Г.В. Ахметвалиева, Ф.И. Бурганова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Э.Р. Зверева**

Мазут продолжает играть важную роль в топливно-энергетическом балансе нашей страны. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция снижения качества топлива, поступающего на предприятия топливно-энергетического комплекса, в том числе на тепловые электрические станции, котельные и предприятия нефтедобычи и нефтепереработки, обусловленная увеличением в топливе доли тяжелых остаточных фракций за счет более глубокой переработки нефти. Поэтому вопросы повышения качества топочного мазута и эффективности его сжигания приобретают особую актуальность.

Улучшение технологических свойств топлива возможно при введении в них специальных веществ – присадок. В последнее время при создании нетрадиционных присадок к маслам и топливам используются методы и материалы нанотехнологий, в том числе функциональные наноразмерные структуры, дисперсии в маслах и топливах, нанокатализаторы горения, моющие наноконпоненты и др.

Исследованы возможности снижения вязкости тяжелого нефтяного топлива с повышенной долей остаточных фракций за счет применения наноматериалов: углеродных нанотрубок и обезвоженного карбонатного шлама. Представлены результаты исследований реологических характеристик топочного мазута и композиционного топлива, содержащего углеродные нанотрубки, диспергированные в нефтерастворимом неионогенном ПАВ (мазут М100 + 0,0125 мас. % УНТ + 0,5 мас.% дипроксамина), или обезвоженный карбонатный шлам (мазут М100 + 0,1 мас.% карбонатного шлама). Установлено существование синергетического эффекта при совместном применении УНТ с карбонатным шламом. Рассмотрены возможные механизмы изменения вязкостных свойств топлива.

Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ № 16-08-00731-а.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАМАЗУЧЕННОГО СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Д.А. Хамзина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Л.А. Николаева**

Шлам химводоподготовки образуется на стадии предварительной очистки воды при коагуляции и известковании на тепловых электрических станциях (ТЭС). Шлам поступает на шламоотвалы, которые усугубляют экологическую ситуацию на прилегающих территориях. В настоящее время промышленные предприятия уделяют все больше внимание отходам производства и созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий на их основе.

В ранних работах на основе шлама химводоподготовки ТЭС разработан гидрофобный сорбент для очистки поверхностных водных источников от нефтяных разливов. Проведен эксперимент по удалению нефтяного пятна в статических условиях. В результате очистки получен замазученный сорбционный материал (ЗСМ).

Определен элементный состав ЗСМ методом рентгенофлуоресцентного анализа, который показал содержание: углерода – 40,01 % (масс), водорода – 12,27 % (масс), азота – 0,18 % (масс) и серы – следовое количество. Измерена зольность замазученного сорбционного материала, которая составила – 26,5% при влажности 3,5 %. Экспериментально калориметрически определена теплота сгорания ЗСМ, которая составила 22,6 МДж/кг, что сравнимо по теплоте сгорания с каменными углями.

Для технологической схемы сжигания ЗСМ рассчитаны нижеуказанные значения. Для сжигания 1 кг ЗСМ понадобится 1,004 м<sup>3</sup>/кг воздуха. Объем дымовых газов при сжигании ЗСМ составил 0,43 м<sup>3</sup>/с. Определен элементный состав золы для определения класса опасности, который показал, что отход относится к IV классу. Проведен тепловой расчет котла при сжигании ЗСМ: КПД котла составил 90,3 %, расход ЗСМ в котле составил 21,1 кг/с. Рассчитан суммарный предотвращенный экологический ущерб, который составил 6327,1 тыс. руб./год.

Таким образом, ЗСМ можно утилизировать в качестве ВЭР на промышленных предприятиях.

УДК 621.182.44

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОРРЕКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЕТЕВОЙ ВОДЫ**

**А.И. Храмова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.С. Дремичева**

В настоящее время совершенствование технологии водоподготовки на объектах теплоэнергетики с целью снижения расходов реагентов и воды на собственные нужды, поиск материалов с хорошими технико-экономическими показателями и невысокой стоимостью является весьма актуальной темой.

Процессы накипеобразования и коррозии, являясь результатом некачественной водоподготовки, вызывают основные осложнения работы циклов охлаждения или нагревания. Слой накипи на поверхностях теплоэнергетического оборудования – конденсаторах турбин, бойлеров или водогрейных котлов – это ухудшение процессов теплопередачи, и, следовательно, перерасход топлива. Для исключения накипеобразования требуется специальная водоподготовка, с применением фильтрующих материалов, реагентов или мембран. Для подготовки подпиточной воды тепловых сетей широко применяется натрий- катионирование и (или) подкисление с целью снижения карбонатного индекса – величины, регламентируемой ПТЭ.

Эти методы предусматривают потребление соли или кислоты в количествах, эквивалентных жесткости воды, сопровождаются образованием значительного солевых сбросов и трудоемкостью обслуживания водоподготовительных установок. Кроме того, их применение не снижает нормируемых темпов роста отложения и не исключает необходимости проведения периодических очисток оборудования. Поэтому в последнее время находит применение стабилизационные и коррекционные методы обработки воды, заключающиеся в создании в ней нормируемой концентрации особых веществ – ингибиторов накипеобразования, в результате чего не только предотвращается образование отложений, но и происходит постепенная отмывка оборудования от старых отложений «на ходу». Применение такой обработки не только снижает эксплуатационные затраты, но и позволяет автоматизировать процесс водоподготовки из-за его упрощения.

В работе проводился подбор оптимального ингибитора солеотложения для перехода на коррекционный режим обработки воды взамен существующего натрий-катионирования.

УДК 66.07

## **ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ**

**А.Н. Хуснутдинов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Л.А. Николаева**

В настоящее время активно проводится разработка методов снижения экологической нагрузки на окружающую среду с помощью вторичного использования отходов производства. Таким отходом производства является шлам осветлителей ТЭС. Использование его может быть одним из приоритетных направлений, поскольку ежегодно происходит увеличение объемов шлама. Кроме того, отечественный и зарубежный опыт показывает, что шлам осветлителей ТЭС может рассматриваться в качестве ценного сырья во многих отраслях промышленности.

В качестве одного из направлений утилизации шлама химводоочистки ТЭС может рассматриваться возможность использования его сорбционных свойств для очистки газовых выбросов промышленных предприятий. В частности, удаления сероводорода. Сероводород оказывает токсическое воздействие на организм человека и является коррозионно-активным газом.

Шлам химводоочистки предлагается использовать в качестве сорбционного материала при очистке газовых выбросов от сероводорода на ОАО «Казанский завод синтетического каучука».

В докладе представлены основные результаты модельного эксперимента по скрубберной очистке газовых выбросов линии производства тиокола Казанского завода синтетического каучука. Параметры взяты из технологического регламента процесса. Рассчитаны оптимальные характеристики скруббера. В докладе так же представлена модернизированная схема очистки газовых выбросов производства тиокола от сероводорода.

Использование сорбционных свойств шлама осветлителей ТЭС с целью снижения вредных газовых выбросов позволяет решить эколого-экономические проблемы промышленных предприятий основных комплексов: топливно-энергетического и химического.

УДК 628.161.3

## **ЭЛИМИНОКС КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГИДРАЗИННОЙ ОБРАБОТКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-1**

**И.Р. Юсупов<sup>1</sup>, Е.Ю. Столярова<sup>2</sup>, А.А. Туктаев<sup>3</sup>**  
**<sup>1,3</sup>КГЭУ, <sup>2</sup>Казанская ТЭЦ-1**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Н. Котляр**

Целью данной работы является исследование реагента элиминокса (раствора карбогидразида) для коррекционной обработки воды на предмет образования плотной равномерной магнетитной пленки на поверхностях металла парообразующего оборудования.

В качестве реагента, связывающего кислород и пассивирующего металл, при организации водно-химического режима и консервации оборудования на многих электростанциях уже давно используется гидразин-гидрат. Гидразин-гидрат достойно показал себя в технологическом цикле станции, однако он относится к первому классу опасности, в связи с чем к работе с гидразин-гидратом предъявляются повышенные требования безопасности.

В ходе работы мы пришли к выводу, что элиминокс, так же, как и гидразин-гидрат, обладает сильными восстановительными свойствами, ослабляет коррозию поверхностей котлов и оборудования конденсато-питательного тракта, выполненных из стали, коррозию медь содержащих сплавов теплопередающих поверхностей конденсатного тракта, содержание железа, меди и кислорода питательного тракта при стабилизации их абсолютных величин. И вместе с тем является малоопасным веществом и относится уже не к первому, а к четвертому классу опасности и не требует предварительного приготовления. Что значительно упрощает процесс его эксплуатации в технологическом цикле станции.

В своей дальнейшей работе мы намерены найти наиболее оптимальное отношение концентрации элиминокса в питательной воде и условия, при которых формируется устойчивая защитная пленка, а также толщину образующейся пленки.

## **Секция 4. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 620.92

### **ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Л.А. Абзалова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Э.Г. Нуруллин**

Анализ современных технологий производства энергии из возобновляемых источников показывает, что наиболее перспективным с энергетической и экологической точки зрения является производство биогаза.

Основными элементами биогаза являются: метан ( $\text{CH}_4$ ) – 55–70 % и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) – 28–43 %, а также в очень малых количествах другие газы. Биогаз является газообразным продуктом, получаемый в результате анаэробной ферментации различного вида биомасс. Например, в среднем из одной тонны навоза можно получить 25–35 м<sup>3</sup> биогаза, содержащего около 60 % метана, который в последующем используется для производства тепловой и электрической энергии.

Вторым немаловажным фактором актуальности биогазовых технологий является то, что они позволяют предотвратить выбросы метана в атмосферу. Известно, что метан способствует развитию парникового эффекта в 21 раз сильнее, чем  $\text{CO}_2$ , при этом сохраняется в атмосфере около 12 лет.

Третьим важным фактором актуальности переработки органической массы в биогаз является возможность использования отходов процесса в качественные органические удобрения, которые широко применяются в сельском хозяйстве. Это в свою очередь позволяет снизить применение химических удобрений, соответственно сокращается отрицательная нагрузка на окружающую среду.

Таким образом, биогазовые технологии – это эффективный способ обезвреживания и переработки различных биомасс, с одновременным получением тепловой и электрической энергии. Биотехнологическая переработка сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно решать и энергетические, и экологические задачи. В основе биогазовых технологий лежат биореакторы, которые характеризуются различными технологическими схемами и конструктивными исполнениями. Поэтому, одним из основных направлений научных исследований и опытно-конструкторских работ в биогазовых технологиях является разработка и обоснование конструкции универсального биореактора.



УДК 621.039.633

## **ЭКОНОМИЧНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ**

**А.Р. Арсланов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

Перспективным направлением является развитие и поиск альтернативных нетрадиционных источников энергии. В частности, одним из таких источников может стать водородное топливо, так как запасы его в воде планеты неисчерпаемы. Самым главным достоинством водородного топлива является экологическая безопасность его использования, приемлемость для тепловых двигателей без существенного изменения их конструкции, высокая калорийность, возможность длительного хранения, транспортировки по существующей транспортной сети, нетоксичность и т.д. Однако существенной непреодолимой проблемой до сегодняшнего дня остается неэкономичность его промышленного производства электрохимическим методом.

На сегодняшний день многие предприятия водоподготовки РФ переходят на новые способы обеззараживания воды без использования традиционного газообразного хлора. Для этого строят электролизные станции по производству гипохлорита натрия из поваренной соли (г. Санкт-Петербург, г. Казань, г. Набережные Челны, г. Альметьевск и др.).

Таким образом на электролизных станциях предприятиях водоподготовки при электролизе водных растворов хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ) в качестве отходов выделяется водород ( $\text{H}_2$ ) в количестве около 27 кг на 1 л активного хлора. Возникает проблема утилизации водорода, так как при выбросе его в атмосферу для его разбавления требуется почти стократный объем воздуха.

В среднем на крупных предприятиях водоподготовки городов РФ с населением порядка 1 млн. жителей (г. Казань, г. Ростов на Дону и др.) при производстве 1000 кг гипохлорита натрия в сутки отводится водорода 365 тонн в год. При пересчете на электрическую энергию выбрасываемый водород эквивалентен почти 20 % электроэнергии, затрачиваемой на электролиз продукта – гипохлорита натрия. Данный продукт можно собирать в специальные емкости и далее использовать его на нужды предприятия для получения электроэнергии, тепла, горячей воды или на продажу.

УДК 674.816.2

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

**Г.Р. Арсланова, К.В. Валеев, Л.Ш. Асаева  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. Сафин**

В настоящее время наблюдается тенденция к использованию препаратов на основе лекарственных растений взамен синтетических лекарственных препаратов. Главным плюсом данной тенденции является возможность использования древесных отходов в виде коры, листьев и почек, так как они содержат в себе множество ценных компонентов и не находят широкого применения на производствах. В связи с этим на кафедре ПДМ, КНИТУ проводится исследование процесса экстракции древесных отходов. Целью данного исследования является разработка энергосберегающей установки экстрагирования древесных отходов.

Процесс переработки древесных отходов методом экстракции происходит следующим образом: в экстрактор загружается предварительно измельченное древесное сырье, процесс протекает при температуре 40–50 °С. В качестве экстрагента используется раствор этилового спирта. Полученный экстракт выпаривают в выпарном аппарате под разрежением, создаваемым конденсатором смешения совместно с вакуумным насосом. Выпарившийся экстракт собирается в сборнике готового продукта. Также разработанная установка включает в себя тепловой насос в виде компрессорного агрегата.

Для проведения экстракции 100 кг древесного сырья в известных установках необходимо затратить 97 кВт·час. тепловой энергии. В разработанной установке потребление осуществляется компрессорной установкой – 31 кВт·час, насосом конденсатора смешения – 1,7 кВт·час. Из приведенных значений видно, что предложенное аппаратное оформление процесса экстракции древесных отходов позволяет снизить энергозатраты более чем в два раза.

УДК 662.99

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ И КОНВЕКТИВНЫХ ТЕПЛОПТЕРЬ МАТЕРИАЛОВ**

**М.В. Астраханов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. О.Р. Ключников**

В настоящее время актуальной является тема уменьшения тепловых потерь. Важной задачей является снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий, в частности, оконных проемов. При эксплуатации систем теплоснабжения часть переданной от источника потребителю

тепловой энергии теряется через тепловую изоляцию трубопроводов. Анализ тепловых потерь является важным аспектом при выборе теплоизоляционных материалов. На сегодняшний день ведутся много работ по уменьшению теплопотерь через теплопроводы.

Цель работы – определение тепловых потерь через образцы материалов с дальнейшим вычислением доли лучистых составляющих теплопотерь.

Как известно тепловые потери делятся на конвективные и радиационные составляющие. Необходимо установить доли лучистых составляющих теплопотерь образцов материалов. Измерения проводились на лабораторной установке. Источником теплового излучения является лампа накаливания мощностью 40 Вт, помещенный в металлическую коробку. Лучистые составляющие теплопотерь измеряются неселективным радиометром Аргус-03.

Методика проведения экспериментов заключается в следующем.

На образец материала крепятся датчики температуры и регистрации тепловых потоков прибора ИТП-МГ4.03/Х(II). Далее материал крепится на одной из сторон данной металлической коробки и включается источник теплоты. В течение 50 минут температура внутри коробки повышается до установления постоянного значения. Данные датчиков регистрируются в течение 60 минут. Для измерения лучистых составляющих теплопотерь включается радиометр «Аргус-03» и выдерживается в течение 3–5 минут до приобретения датчика температуры окружающей среды, измеряется фоновое излучение окружающей среды по показаниям «Аргус-03», далее убирается теплоизолирующая ширма и через три секунды записывается показание радиометра, измерения проводятся пять раз. По окончании измерений ширма устанавливается перед датчиком радиометра.

УДК 621.1

**ЛОКАЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА  
ОТ ЦИЛИНДРА В КОРИДОРНОМ ПУЧКЕ ТРУБ  
ПРИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ  
ПУЛЬСАЦИЯХ ПОТОКА**

**Г.Р. Бадретдинова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. А.И. Хайбуллина**

Численным методом рассмотрено влияние низкочастотных несимметричных пульсации (ННП) на локальную интенсивность внешнего теплообмена от цилиндра в коридорном пучке труб, при поперечном обтекании

потоком теплоносителя. Числа Рейнольдса  $Re$  в пучке труб лежали в диапазоне  $Re = 100 \div 900$ , частота пульсаций  $f = 0,166 \div 0,5$  Гц, амплитуда  $A = 0,0125 \div 0,045$  м. Рассмотрено влияние частоты  $f$  и амплитуды  $A$  на локальную интенсивность внешнего теплообмена цилиндра в межтрубном пространстве коридорного пучка труб при ННП. Показаны поля температур и скоростей по периметру цилиндра в пучке труб.

Из анализа полученных данных можно судить, что повышение  $f$  и  $A/D$  приводит к интенсификации теплообмена по всему периметру цилиндра, повышение  $Re$  в основном приводит к снижению теплообмена. Максимальное повышение интенсивности теплообмена  $\delta Nu_{t,\phi}^{nc} = 1216$  % наблюдается в кормовой области цилиндра ( $\phi = 180^\circ$ ) при  $Re = 100$ ,  $f = 0,5$  Гц,  $A/D = 4,5$  минимальное  $\delta Nu_{t,\phi}^{nc} = 1,27$  % в нижней части цилиндра ( $\phi = 90^\circ$ ) при  $Re = 900$ ,  $f = 0,5$  Гц,  $A/D = 1,5$ . При  $Re = 900$ ,  $A/D = 1,5$  с понижением частоты до  $f = 0,25$  Гц и  $f = 0,166$  Гц в нижней части цилиндра происходит ухудшение теплообмена на 0,48 и 0,98 % соответственно по сравнению со стационарным течением.

УДК 691.115

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОЙ ПЛИТЫ ИЗ РАФИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ЛИСТВЕННОИЦЫ**

**К.В. Валеев, Г.Р. Арсланова  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. З.Г. Саттарова**

В настоящее время наблюдается большой спрос на использование экологически чистых строительных материалов взамен материалов, выделяющих большое количество токсичных веществ.

После процесса экстракции остается большое количество древесных отходов рафинированной лиственницы. Одним из наиболее перспективных направлений переработки образующихся отходов является получение древесно-полимерных плит путем смешения отходов лиственницы с полимерами (полиэтиленом, полиэтилентерефталатом) с последующим прессованием. Данные плиты могут использоваться в строительстве для утепления или шумоизоляции. В связи с этим на кафедре ПДМ, КНИТУ проводятся исследования процесса получения древесно-полимерной плиты из отходов

лиственницы и вторичных полимеров. Целью данного исследования является разработка энергоресурсосберегающей технологии и установки для процесса получения древесно-полимерной плиты из рафинированных древесных отходов лиственницы.

Процесс переработки рафинированных древесных отходов лиственницы происходит следующим образом: древесную массу после процесса экстракции высушивают при температуре 120 °С для смешивания со связующим полимером: полиэтиленом (или полиэтилентерефталатом). Процесс перемешивания осуществляется в специальном смесителе для особо вязких материалов на протяжении 1 часа при температуре 160–200 °С до однородной пастообразной массы. Полученную смесь загружают в специальные формы для прессования. Процесс прессования происходит при температуре 120 °С в течение 10 минут. Затем форму убирают из пресса и выдерживают при комнатной температуре в течение одного часа.

УДК 697.3

## **К ВЫБОРУ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

**А.Р. Габдуллина, А.М. Хакимова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Гусячкин**

Из-за низкого качества теплоизоляции в теплопроводах тепловых сетей теряется значительная часть выработанной теплоты, что приводит к ощутимому перерасходу топливно-энергетических ресурсов.

Для устранения вышеуказанных недостатков необходима повсеместная замена устаревших теплоизоляционных конструкций и материалов тепловых сетей на современные.

В соответствии с СП 61.13330.2012, тепловая изоляция трубопроводов должна отвечать ряду требований. В настоящее время широко применяются в тепловых сетях предизолированные трубы с пенополиуретановой (ППУ) и пенополиминеральной (ППМ) изоляцией. Но они имеют высокую стоимость и капитальные затраты на строительство тепловых сетей велики.

Целью данной работы является анализ свойств современных теплоизоляционных материалов, представленных на рынке, и выбор изделий, наиболее полно соответствующих требованиям, предъявляемым к теплоизоляции теплопроводов.

Анализ списка теплоизоляционных материалов, удовлетворяющих нормативным требованиям показывает, что в настоящее время для тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей могут быть использованы такие материалы, как трубки из вспененного синтетического каучука, скорлупы из фенольно-резольного пенопласта, пеностекло, скорлупы из пенополистирола, стоимость которых ниже стоимости трубопроводов с ППМ и ППУ изоляцией. Выбор теплоизоляции для конкретных условий следует производить с учетом ее стоимости, срока службы и тепловых потерь.

УДК 608.2

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**Д.С. Гаврилов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. Денисова**

В связи с всемирной тенденцией энергосбережения в промышленной, муниципальной и жилищной сферах и борьбы за экологию был произведен проект по замене существующих мощных (но не энергоэффективных) ртутьсодержащих светильников на светодиодную установку, с превышающей световой отдачей, и выполнен светотехнический и экономический расчеты для учебной аудитории. Цель проведения экспериментальных исследований было: оценка эффективности модернизации существующей системы осветительных установок на базе ртутьсодержащих ламп на светодиодные светильники, также был произведен расчет окупаемости данной модернизации с последующим сокращением финансовых и трудовых затрат на эксплуатацию и обслуживание осветительных установок.

При разработке проекта использовалась программа Dialux, с учетом вклада естественного освещения. Проведена технико-экономическая оценка существующей установки с ртутьсодержащими лампами и светодиодной установки. Разработанный проект позволяет получить реальные числовые данные по технико-экономическому расчету, так как он был составлен в соответствии со всеми действующими нормами и правилами.

Срок окупаемости модернизации составляет 6 лет. Введение в работу светодиодной осветительной установки позволит отказаться от использования в одной аудитории порядка 500 ртутьсодержащих ламп.

УДК 621.314

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Р.Р. Гарифуллина**

**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. Новиков**

В данной статье рассматривается вопрос продления срока эксплуатации силовых трансформаторов. Приведен метод диагностики маслonaполненного электрооборудования. Показана необходимость оценки состояния изоляции трансформатора. Проанализирован новый метод нахождения дефектов маслonaполненных вводов.

Поддержание надежной эксплуатации силового трансформатора занимает очень важное место в исследовании системы электроснабжения, так как повреждение блока трансформатора приводит к его продолжительному простоя в аварийном состоянии. Главной причиной выхода блока из строя является максимальный износ изоляции в некоторых элементах. Проведя статистический анализ силовых трансформаторов, было определено, что 70% исследуемых трансформаторов имели отклонения при работе, что заставляет принять меры по поддержанию их работоспособности. Появление и развитие дефекта является вероятностной величиной, которая зависит как от окружающей среды, так и от внутреннего состояния трансформатора.

В настоящее время максимально эффективными методами оценки технического состояния маслonaполненного электрооборудования являются тепловизионный контроль, контроль тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg}\delta$ ), измерение параметров электроразрядной активности и анализ масла.

Обследования трансформаторов классифицируются следующим образом:

- контрольные: частое проведение обследования с целью нахождения грубых и серьезных дефектов, и при их наличии осуществление более глубоких видов обследования;
- расширенные: нахождение факторов, влияющих на быстрое старение изоляции, определение целесообразности ремонтных работ;
- комплексные: оценка рабочего состояния и установка срока службы трансформатора, определение периода между ремонтами и профилактикой.

УДК 658.26:620.92

## **ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ЭНЕРГОАВТОНОМНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**Э.И. Гиниятуллина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Э.Г. Нуруллин**

Проблемы энергосбережения и энергоэффективности согласуются с приоритетными направлениями науки и критическими технологиями, которые определены указом президента РФ. Каждое предприятие, занимающееся производственной деятельностью, заинтересовано в энергосберегающих технологиях, обеспечивающих его энергоэф-фективность. Поэтому поиск, нахождение, обоснование, разработка и внедрение таких технологий является актуальной научно-технической задачей.

Одним из путей решения этой задачи выступает разработка технологий энергоэффективного функционирования производственных предприятий на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В настоящее время во многих странах мира (в том числе развитых и обладающих атомной энергией) все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). При этом исследуются возможности использования энергии солнца, ветра, рек, приливов, а также переработки различных видов биомасс в биоэнергию и др. К числу наиболее научно обоснованных и доказавших на практике свою состоятельность, являются научно-технические решения по использованию ветровой, солнечной и биогазовой энергии. К тому же использование этих видов энергии является наиболее экологичным.

С другой стороны, литературный анализ показал, что применение ВИЭ для автономного энергоснабжения предприятий, занимающихся производственной деятельностью и нуждающихся в снижении энергозатрат, не обоснован и не исследован.

В связи с выше изложенным, повышение энергоэффективности предприятий, занимающихся производственной деятельностью на основе разработки и обоснования модели энергоавтономного производственного предприятия на основе использования ВИЭ, находящихся в природе в естественном состоянии и не создающих экологических проблем, является актуальной задачей.



## **К ВОПРОСУ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**П.В. Горожанкина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

В качестве источников водоснабжения промышленных предприятий используются поверхностные (реки, озера, пруды) или подземные (артезианские скважины) природные воды. В этих водах содержатся разнообразные примеси естественного и техногенного происхождения.

В зависимости от размера частиц все примеси разделяются на три группы. Это грубодисперсные примеси с размером частиц более  $10^{-4}$  мм, коллоидно-растворенные примеси с размером частиц  $10^{-4} - 10^{-6}$  мм и истинно растворенные примеси с размером частиц менее  $10^{-6}$  мм. К последней группе можно отнести растворенные газы  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $N_2$ , катионы и анионы солей  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $N^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ .

Проблема очистки воды от содержания истинно растворенных примесей особенно актуальна для области теплоэнергетики, где вода используется в больших количествах. Надежность и экономичность, работы оборудования предприятия определяется качеством работы водоподготовительных установок и состава технологической воды.

В тех случаях, когда исходная концентрация удаляемых ионов относительно мала, а степень извлечения должна быть высокой, наиболее целесообразным является применение сорбционных методов. Эти методы достаточно хорошо зарекомендовали себя при решении широкого круга задач, связанных с глубокой очисткой вод от солей жесткости, железа, растворенных газов, а также технологических растворов от примесей металлов, содержание которых ограничено регламентными требованиями производств.

Сорбционные методы очистки воды являются наиболее перспективными и ресурсосберегающими для систем водоснабжения и водоотведения. Используемые сорбенты должны быть просты в эксплуатации и обладать высокими технологическими характеристиками. Достаточно широкое распространение в промышленности получили активированный уголь, силикагель, оксид алюминия, диоксид кремния, различные ионообменные смолы и др.

УДК 621.311.04

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАНКОВ**

**А.А. Горшков  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. хим. наук, доц. А.В. Ахмеров**

Целью проведения исследований является определение параметров и факторов, влияющих на энергопотребление станочного парка производственного цеха для организации наиболее энергоэффективного рабочего процесса.

Станки с ЧПУ обладают свойствами, позволяющими добиться существенного повышения производительности предприятия, качества выпускаемой продукции, а также экономии трудовых ресурсов. Совершенствование технологий обуславливает возможность рентабельного применения оборудования для любых объемов производства.

Однако на данный момент работа большинства предприятий стран СНГ по производству изделий из металла характеризуется нестандартностью внешних и внутренних условий. Это приводит к тому, что оборудование работает не стабильно, объемы обрабатываемых деталей постоянно варьируются, не редко дело доходит до простоя оборудования, часто меняются режимы работы оборудования в широких пределах, что чревато выходом оборудования из строя. Исследованы системы управления производственным процессом, позволяющей в не стандартной обстановке оперативно находить оптимальные режимы работы оборудования.

УДК 621.311

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В Г.КАЗАНИ С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ MATLAB SIMULINK**

**А.И. Зиганшин  
КГЭУ, г. Казань**

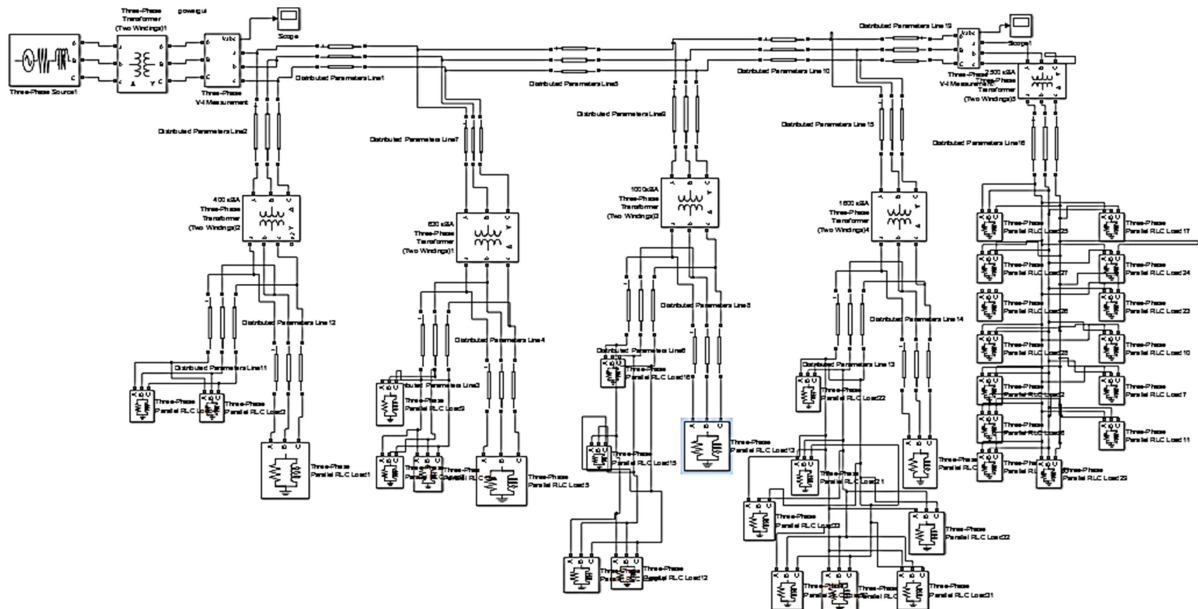
**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.В. Вагапов**

На сегодняшний день проблема энергоэффективности и энергосбережения весьма актуальна, одной из решений данной проблемы является разработка электромобилей и инфраструктуры зарядных станций. Однако, одной из первых проблем для исследования является подключение зарядных установок к действующей электрической сети.

Объектом исследования в данной работе является изучение параметров размещения электроразрядных станций в г. Казани на основе моделирования Matlab Simulink. Целью исследования является изучение влияния количества и параметров зарядных установок на режимы работы электрических сетей.

При моделировании учитываются такие критерии по размещению установок как, удаленность трансформаторных подстанций от городской распределительной сети, их загруженность и график работы, количество одновременно заряжаемых автомобилей и режимов их зарядки. Для определения данных критериев использован программный продукт Matlab Simulink, который позволяет и регулировать режимы электрической сети виртуальной модели. Моделируется размещение электроразрядных станций в г. Казани с учетом режимов электрических сетей и характеристик зарядных станций. Характеристики кабельных линий, зарядных станций, источника питания определены по справочным таблицам. Рассчитывается максимальное количество зарядных станций, которые возможно подключить к трансформаторной подстанции, с учетом мощности потребителей. По результатам модельного опыта делается вывод о количественных, и качественных параметрах размещения электроразрядных станций.

Модель размещения электроразрядных станций в г. Казани с учетом режимов электрических сетей представлена на рисунке ниже.



Диалоговое окно с моделью размещения электроразрядных станций

Далее, с учетом мощности потребителей рассчитывается, максимальное количество зарядных станций, которые возможно подключить к трансформаторной подстанции.

Анализ математической модели показывает, что подключение запра-  
вочных станций в электрическую сеть не вызывает аварийных ситуаций  
и значительных помех у других потребителей.

УДК 674.04:674.8

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ**

**Г.Ф. Илалова**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. Хасаншин**

Цель проекта: существенное сокращение потребления энергетических  
ресурсов путем повышения эффективности использования энергии сгорания  
возобновляемого топлива методом термохимической конверсии в газогенераторной  
установке. Актуальность проблемы энергосбережения и энергоэффективности  
определено рядом факторов: экономический, природно-климатический,  
ресурсный, социальный и экологический. Возрастающие с каждым годом  
выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для  
ускорения научно-технического процесса, который позволяет улучшать  
благополучие людей планеты. Но вместе с тем возрастающие объемы  
потребления энергии требуют все больших и больших объемов углеводородного  
сырья, запасы которого не безграничны.

Одной из характерных черт современного этапа научно-технического  
прогресса является возрастающий спрос на все виды энергии. Создание  
энергосберегающих процессов и оборудования, позволяющих обеспечить  
экономии топливных и энергетических ресурсов, является важнейшей  
задачей современного производства. Важным топливно-энергетическим  
ресурсом является природный газ. Газификация биомассы является одним  
из наиболее дешевых и экологически безопасных способов получения  
электрической и тепловой энергии. Создание энергосберегающих процессов  
и оборудования, позволяющих обеспечить экономию топливных и энергетических  
ресурсов, является важнейшей задачей современного производства.

Генераторный газ, как топливо, имеет безоговорочные преимущества  
перед прямым сжиганием древесины и др. видов биомассы. По свойствам  
он похож на природный газ и может использоваться взамен последнего.  
В связи с этим было предложено создание технологического комплекса по  
экономии топливных и энергетических ресурсов на базе газификации  
древесных отходов для получения тепловой энергии для промышленных

и технологических процессов. Повышение эффективности использования тепловой энергии газификации древесных отходов, для чего предлагается синтез-газ, полученный в результате газификации древесных отходов, направлять в двигатель внутреннего сгорания, являющегося приводом теплового насоса сушильной камеры.

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД – 5596.2016.8).

УДК 674.047.3

## **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В ПРОЦЕССАХ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ**

**Г.Ф. Илалова**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Р. Галяветдинов**

Целью проведения исследования было: снижение энергозатрат в процессах вакуумной сушки пиломатериалов и разработка технологии, осциллирующей вакуумно-кондуктивной сушки с использованием теплового насоса. Получение высокого качества высушенной древесины и сокращение продолжительности процесса, позволяет техника сушки материалов, осуществляемая в условиях пониженного давления. Существующие в различных отраслях промышленности известные технологии сушки, такие как СВЧ, конвективные, радиационные способы не всегда позволяют получить материал с необходимым качеством и с небольшими энергозатратами. Поэтому разработка технологий ускоренной сушки с наименьшими энергозатратами является актуальной проблемой.

Особенностью технологии, осциллирующей вакуумно-кондуктивной сушки с использованием теплового насоса является передача тепловой энергии влаги, испаренной из материала на стадии вакуумирования в одной камере на нагрев материала в другой камере. На базе данной технологии, позволяющей рационально использовать топливно- энергетические ресурсы, разработан технологический комплекс, в котором в качестве топлива могут использоваться отходы деревообработки, которые накапливаются в больших объемах в деревообрабатывающих предприятиях. Технологический процесс данного комплекса состоит из следующих операций: газификация древесных отходов с получением синтез-газа с последующим его охлаждением; сжигание синтез-газа в двигателе внутреннего сгорания с получением механической энергии для осуществления работы компрессора теплового насоса.

С целью получения данных по энергоэффективности применения теплового насоса в процессах вакуумно-осциллирующей сушки древесных материалов, было проведено сравнение энергопотребления созданной установки для различных пород древесины с электрическим и теплонасосным нагревом. Так сушка с электрическим подводом тепла проходит со значительно большим энергопотреблением (примерно в три раза). Таким образом, было установлено, что применение теплового насоса в процессе осциллирующей вакуумно-кондуктивной сушки древесных материалов является перспективным направлением эффективного использования тепловой и электрической энергии.

УДК 543.054.2

## **НОВЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ**

**Э.В. Имелбаева**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. Новиков**

Для очистки воды от органических примесей широко используются различные адсорбенты, которые селективно удерживают различные по полярности вещества.

В последнее время для очистки воды стали широко применять синтетические и природные цеолиты, которые обладают высокой селективностью по отношению к различным по природе веществам. Ранее было найдено, что природные цеолиты обладают хорошим сорбционными свойствами и могут быть использованы в промышленных условиях.

В продолжение ранее проведенных исследований в настоящей работе проведена оценка сорбционной способности цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения, которые в настоящее время выпускаются в промышленных масштабах. Экспериментальная часть работы проводилась методом восходящей тонкослойной хроматографии. Сорбционные свойства исследуемых материалов определяется гравиметрическим методом. Была установлена высокая сорбционная емкость цеолитсодержащих пород по отношению к хлорорганическим соединениям, которые могут присутствовать в питьевой воде в качестве примесных соединений.

УДК 621.311.243

## ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЙ УСТРОЙСТВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ

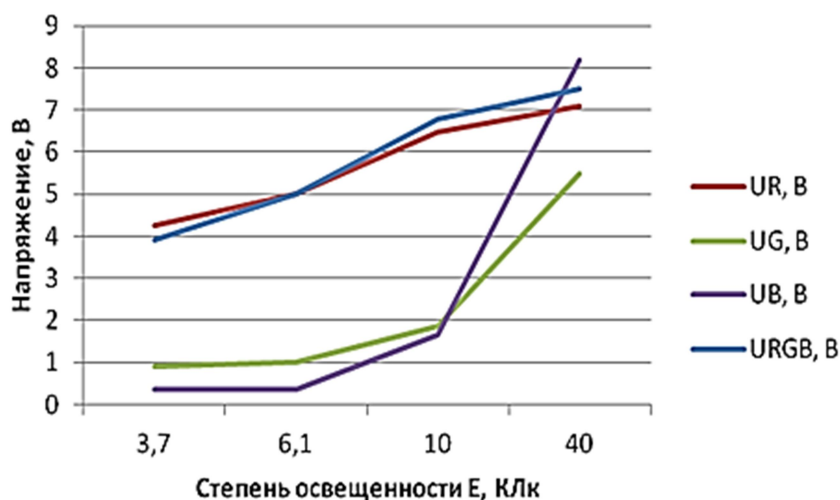
Г.Н. Исламова  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук ст. преп. В.А. Игошин

В наше время топливные ресурсы Земли используются и истощаются в геометрической прогрессии, следовательно, вопрос об использовании альтернативных источников энергии становится более актуальным. Солнце является самым распространенным энергоносителем среди возобновляемых источников энергии. Известно несколько способов преобразования солнечной энергии в электрическую, самыми распространенными являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи. В качестве наиболее вероятных материалов для фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии СЭС в настоящее время рассматривается кремний и арсенид галлия.

Целью нашей работы является исследование светодиодов как материал для преобразование солнечной энергии в электрическую.

В данной работе исследована зависимость напряжения, выдаваемой светодиодной лентой типа 50LED RGB длиной  $L = 0,5$  м, количество диодов  $n = 25$  от степени освещенности. Исследование проводилось в лабораторной установке казанского государственного энергетического университета «Эффективность и качество освещения». Напряжение, показанное от светодиодов, было определено в режиме постоянного напряжения. В сравнении, было измерено воздействие солнечного света на светодиодную ленту. Результаты исследований представлены на рисунке.



Зависимость выдаваемого напряжения от степени освещенности

УДК 621.47

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДОМОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

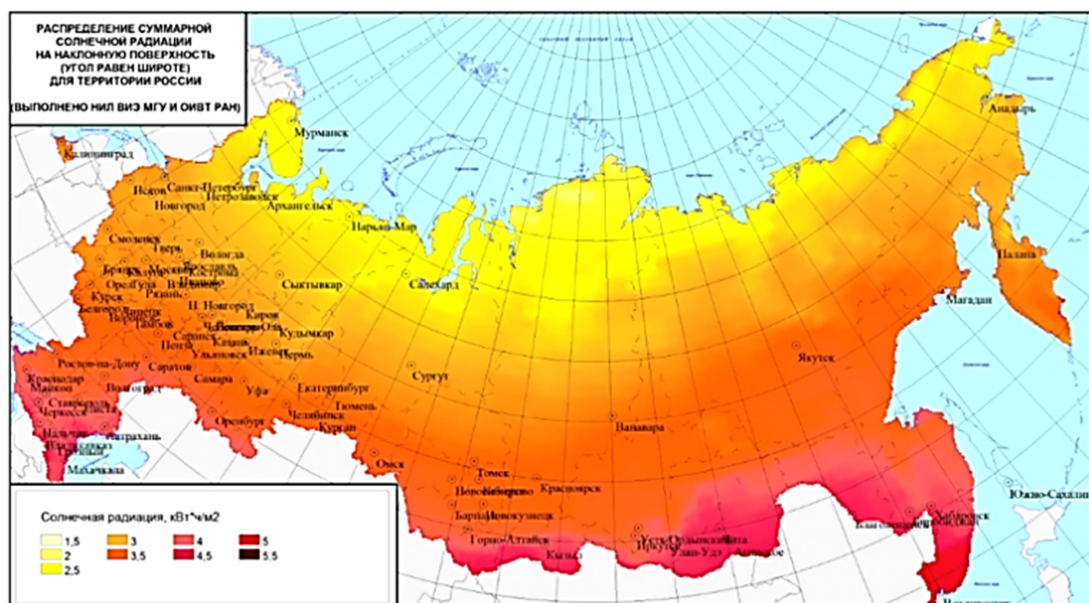
Г.Н. Исламова  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук ст. преп. М.А. Кузнецова

В наше время топливные ресурсы Земли используются и истощаются в геометрической прогрессии, следовательно, вопрос об использовании альтернативных источников энергии становится более актуальным. Солнце является самым распространенным энергоносителем среди возобновляемых источников энергии. Известно, что использование только 1,5% количества энергии солнечных излучений может обеспечить все потребности мировой энергетики на сегодняшний день, а реализация 5,0% полностью покрывает потребности на перспективу.

В данной работе мы исследуем использование солнечной энергии для отопления и горячего водоснабжения помещений на территории Российской Федерации. Для переработки солнечных излучений в тепловую энергию используют солнечные коллекторы. Годовая вырабатываемая солнечным коллектором энергия определяется географической точкой установки коллектора и статистическими данными по годовой солнечной инсоляции в этом регионе.

Проанализировав распределение суммарной солнечной радиации по территории Российской Федерации, выделили оптимальные районы для использования солнечных коллекторов:



Суммарная солнечная радиация на территории Российской Федерации



УДК 628.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

**А.М. Кадыров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

Сорбционные материалы – это твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворённые вещества. В зависимости от характера сорбции различают абсорбенты – тела, образующие с поглощённым веществом твёрдый или жидкий раствор, адсорбенты – тела, поглощающие (сгущающие) вещество на своей (обычно сильно развитой) поверхности, и химические поглощители, которые связывают поглощаемое вещество, вступая с ним в химическое взаимодействие. Отдельную группу составляют ионообменные сорбционные материалы (иониты), поглощающие из растворов ионы одного типа с выделением в раствор эквивалентного количества ионов другого типа.

В энергетике широко применяются адсорбенты для очистки от различных примесей жидких сред, в частности используются активированный уголь, силикагель, оксид алюминия, диоксид кремния, различные ионообменные смолы, дибутилфталат и другие.

Большая часть существующего оборудования, таких предприятий энергетики как ТЭЦ, ГРЭС и ТЭС изготавливается из металлических сплавов. От исходного состава подпиточного агента и зависит срок службы парогенераторов, лопаток турбин и всей системы пароводяного тракта в целом. Именно поэтому главный «враг» энергопредприятий – это склонные к солеобразованию примеси, содержащиеся в подпиточной воде. С помощью сорбционных материалов достигается глубокое обессоливание рабочего тела – воды.

На европейских теплоэнергетических предприятиях КПД потерь составляет всего 0,25% в день. Такие высокие результаты работы достигаются за счет комбинации нескольких традиционных и инновационных методов обессоливания и очистки используемого сырья и подпиточной воды. Срок службы оборудования предприятий теплоэнергетики при таких условиях достигает 30–50 лет.

УДК 658.26.662

## **ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОР ОСТАТОЧНОЙ ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

**И.И. Лутфуллин, А.А. Серпионов, В.Г. Уразаев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. Капаев**

В настоящее время в электроэнергетических системах бесперебойного электропитания и постоянного оперативного тока существует актуальная проблема измерения остаточной емкости аккумуляторных батарей (АКБ): измерение невозможно провести без отключения АКБ от данных систем. Батареи, обладающие меньшей емкостью создают определенную опасность, так как, принимая меньший заряд АКБ заряжаются быстрее, чем исправные и быстрее попадают на полку «готовы к использованию», что может привести к выбору пользователем неисправной батареи, которая может подвести его в любую минуту.

Для решения этой проблемы предлагается использование экспресс-анализатора остаточной емкости, принцип работы которого основан на многочастотном измерении внутренней проводимости АКБ. Контроль остаточной емкости может производиться перманентно в процессе эксплуатации батареи. При этом не требуется производить пробный разряд батареи, что положительно сказывается на ее сроке службы. Еще один важный аспект применения анализатора – возможность вовремя определить и удалить из ряда подключенных АКБ батарею, не отвечающую требованиям по емкости и не подлежащая восстановлению.

Экспресс-анализатор позволяет вести непрерывный мониторинг состояния АКБ, что повысит надежность работы систем бесперебойного питания и систем оперативного тока в аварийных ситуациях.

УДК 697.3(470.41)

## **АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

**Н.Р. Мингалимова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.Р. Гайнуллина**

В настоящее время энергосистема республики Татарстан нуждается в модернизации и обновлении, для получения более эффективных показателей.

Все более широкое распространение принимают ИТП. Оборудование ИТП отличается высокой прочностью, надежностью и безопасностью, что обеспечивает его бесперебойную работу. Оборудование очень легко и быстро монтируется; ИТП не занимает много места в отличие от центральных устройств.

В состав ИТП входят системы горячего и холодного водоснабжения, а также отопления и вентиляции. Конструктивно ИТП – это комплекс устройств: коллекторы, трубопроводы, насосы, различные теплообменники, регуляторы и датчики. На ИТП контролируются такие параметры теплоносителя как давление, температура и расход. Этими параметрами может управлять диспетчер, кроме того, данные передаются в диспетчерскую службу теплосети для записи. Кроме непосредственно распределения тепла, ИТП помогает учесть и оптимизировать затраты на потребление.

Внедрение ИТП имеет ряд преимуществ:

- позволит уменьшить расход топливных ресурсов для теплоснабжения, что в свою очередь приведет к улучшению экологической обстановки;
- позволит создать в зданиях комфортные условия для пребывания в них;
- оптимизация режимов работы тепловых сетей повысит надежность их функционирования;
- эффективный отбор тепла в ИТП абонентов позволит ТЭЦ произвести больше электроэнергии при тех же затратах;
- внедрение ИТП с теплообменниками для ГВС позволит резко уменьшить объемы водоподготовки в котельных и на ТЭЦ с сокращением расхода химреагентов, а также энергии на деаэрацию воды.

Переход энергосистемы от ЦТП к ИТП несет в себе как экономию использования энергоресурсов, так и заинтересованность граждан в сокращении и минимизации использования тепловой энергии, в результате чего будут снижены финансовые затраты.

Применение автоматических систем регулирования, поддерживающих необходимый режим работы теплового пункта и применение современного оборудования повысит эффективность работы ИТП.

## **ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Б.И. Миннуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Э.Г. Нуруллин**

Потребность в энергоресурсах ежегодно растет. По данным министерства энергетики РФ использование электроэнергии в стране на 2015 г. составило 1036,4 млрд кВт·ч и в сравнении с 2011 г. возросло на 15,3 млрд кВт·ч. Одним из важнейших направлений, обеспечивающих потребление в энергии является использование нетрадиционных видов энергии, к числу которых относится возобновляемая ветровая энергия.

В мире лидерами в использовании возобновляемой ветровой энергии являются следующие страны: Китай (150 ГВт.), США (74,35 ГВт), Германия (45,2 ГВт), Испания (23 ГВт), Индия (25 ГВт), Великобритания (11 ГВт).

В основе использования возобновляемой ветровой энергии лежат ветроэнергетические установки различной конструкции.

Ветровые энергетические установки по генерируемой мощности делятся на четыре группы.

Первая группа используется для электроснабжения поселков или крупных потребителей. Они имеют генерируемую мощность 900–1500 кВт.

Вторая группа применяется в населенных пунктах с годовым потреблением электрической энергии более 2000 МВт·ч/год. Их мощность составляет от 100 до 275 кВт.

Третья группа используется для населенных пунктов с децентрализованным электроснабжением с ежегодным потреблением менее 2000 МВт·ч/год. Здесь генерирующая мощность составляет 3–100 кВт.

Четвертая группа предназначена для электроснабжения отдельных потребителей, имеющих небольшое потребление. Генерирующая мощность ветровых энергетических установок находится в пределах 15 кВт.

Основными преимуществами ветровой энергии являются:

- экологичность (например, ветрогенератор мощностью 1 МВт уменьшает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн  $\text{CO}_2$ , 9 тонн  $\text{SO}_2$ , 4 тонн оксидов азота);
- неиссякаемость источника вырабатываемой энергии;
- экономичность (один генератор способен выдавать от 10 до 1000 Вт).

Таким образом, ветроэнергетические технологии являются одним из перспективных направлений производства энергии.

УДК 543.054.2

## **ВОСХОДЯЩАЯ ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Г.Р. Муртазина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. Новиков**

Различные сорбционные материалы широко применяются в промышленном и сельском хозяйстве для очистки от приоритетных загрязнителей окружающей природной среды. Более узкая область применения сорбционных материалов заключается в использовании их в качестве адсорбентов для газовой и жидкостной хроматографии. Ранее нами проводились исследования в области оценки сорбционных свойств новых природных материалов и было показано, что цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения характеризуются достаточно высокой сорбционной емкостью по отношению к органическим растворителям различной физико-химической природы.

В продолжение ранее проведенных исследований методом восходящей колоночной жидкостной хроматографии были изучены сорбционные свойства органических растворителей различной физико-химической природой. В качестве растворителей исследовали неполярные предельные углеводороды, а также полярные вещества с низкой температурой кипения, что позволило ускорить процесс хроматографического разделения. На основе литературных данных приведены обобщенные физико-химические свойства растворителей для жидкостной колоночной хроматографии и проведена их предварительная оценка для использования в качестве элюентов.

Изучение поведения различных по физико-химической природе растворителей по отношению к Динохрому, который широко применяется в газовой хроматографии в качестве инертного твердого носителя и Силохрому, используемому в адсорбционной и высокоэффективной жидкость-жидкостной хроматографии в качестве адсорбента, проводили на сконструированной лабораторной установке.

## **ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БИОМАССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ**

**А.Р. Мухтарова  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. Хасаншин**

Процесс обработки и переработки древесины во всех производствах связан с получением большого количества отходов. При этом нельзя не заметить, отходы – ценное вторичное сырье и основной объем отходов деревообработки остается для применения его в качестве топлива. Поэтому, становится актуальной задача получения дешевого экологичного топлива с одновременной утилизацией отходов деревообработки.

Кроме того, законодательное ограничение потребления минерального топлива заставило пересмотреть применение невозобновляемых источников энергии взамен возобновляемым источникам, таким как пеллеты. Однако надо иметь в виду, что существуют и недостатки применения пеллетов. Одним из основных способов решения проблемы является технология получения топливных гранул с увеличенными физико-механическими характеристиками, а также возможность увеличения энергоэффективности древесных пеллет, получаемых из отходов деревообрабатывающей и лесной промышленности, при одновременном уменьшении их массы почти до 30%. При этом, важный фактор, делающий использование термически обработанного пеллета привлекательным для ее дальнейшего использования – это повышенная энергетическая плотность такого топлива. Данная технология предполагает осуществление предварительной термической обработки измельченной древесины. Термическая обработка сырья осуществляется в барабанном аппарате, обеспечивающем проведение процесса без доступа кислорода в среде топочных газов. В результате, первоначальная термическая обработка биомассы позволяет увеличить когезионные свойства и в результате получить пеллеты с повышенными физико-механическими характеристиками.

На кафедре «Архитектура и дизайн изделий из древесины» была создана экспериментальная установка по получению твердого топлива. В результате проведенных исследований были изготовлены образцы пеллетов, изготовленных из термически модифицированных древесных отпилков. Подготовленные таким образом образцы были исследованы на предел прочности на сжатие. Из полученных результатов видно, что максимальные значения приходятся на температуру обработки древесных частиц в интервале температур 230–240 °С, что объясняется улучшением когезионных свойств древесных частиц при данной температуре.

УДК 621.184.76

**ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ****Э.В. Нагимова**  
**КГЭУ, г. Казань****Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Гусячкин**

В настоящее время промышленность предлагает большое количество теплоизоляционных материалов для тепловых сетей. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор материала для конкретной ситуации представляет сложную задачу.

Выбор варианта конструкции теплопровода и оптимальной толщины тепловой изоляции нами предлагается осуществлять по удельным годовым приведенным затратам (на 1 погонный метр трубопровода), позволяющим объективно сравнивать разные варианты при помощи единого стоимостного критерия, учитывающего стоимость материалов, срок их службы, затраты на строительство тепловых сетей, потери теплоты.

Нами определены удельные приведенные затраты для выбора варианта конструкции теплопровода подземного способа прокладки с предизолированной пенополиуретановой (ППУ) и пенополимерминеральной (ППМ) изоляцией толщиной 41, 45, 60 и 60,5 мм соответственно с трубопроводом, диаметр которого равен 150 мм, производимых промышленностью, с учетом заявленного срока их службы.

Выяснилось, что наиболее выгодным вариантом для этого способа прокладки трубопроводов на сегодняшний день является использование ППУ изоляции с толщиной 45 мм. Расчеты показывают, что для подземной прокладки выгоднее использовать трубопроводы и с меньшей толщиной этой изоляции.

УДК 621.646.4

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА**  
**МСР РДП ПЗК – 50 – 1****Э.Р. Назмеев**  
**ООО НПП «Агрегат», г. Казань****Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Гусячкин**

В ООО НПП «Агрегат» (г. Казань) разработан модуль спаренных регуляторов МСР РДП ПЗК-50-1, оснащенный функцией автоматического прерывания потока газа при аварийном отклонении выходного давления от заданных значений, рабочее давление которых на входе не более 10 МПа, на выходе 0,3–3,0 МПа, температура газа на входе может меняться от –10 до +70 °С, а окружающей среды – от –60 до +40 °С.

После изготовления регуляторов необходимо произвести их настройку и проверку работоспособности. Для этого нами в ООО НПП «Агрегат» был разработан и изготовлен стенд для проверки и настройки регуляторов давления газа.

Нами проведена проверка регулятора, настроенного на номинальное давление на выходе 1,0 МПа. Он предназначен для регулирования давления газа в газораспределительных системах высокого давления. Регулятор стабильно поддерживал выходное давление при изменениях входного давления и переменном расходе газа из выходного трубопровода.

Среднеарифметическое значение выходного давления при нестабильном входном давлении за время испытаний составил 0,992 МПа, т. е. имеется незначительное отклонение от номинала. Наибольшее отклонение выходного давления в меньшую сторону от номинального значения составил 0,163 МПа (16,3 %) при резком снижении входного давления на 2,0 МПа. Через 30 с это отклонение составило 0,08 МПа. Наибольшее превышение номинального значения выходного давления составил 0,13 МПа. Основное (стандартное) отклонение выходного давления составляет 0,11 МПа. Эти результаты соответствуют требованиям к газораспределительным системам высокого давления 1 категории СП 62.13330.2011. При изменении выходного давления выше заданных параметров срабатывал предохранительно-запорный клапан, и прекращалась подача газа в газораспределительную сеть.

Таким образом, регуляторы МСР РДП ПЗК-50-1 соответствуют заявленным техническим характеристикам и имеют высокую стабильность работы.

УДК 620.92

## **РАЗРАБОТКА СОВМЕЩЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ**

**Т.М. Нуртдинов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. Денисова**

Для организации системы освещения на производстве могут применяться следующие несколько видов освещения промышленных зданий:

1. Естественное освещение. Рабочее помещение освещается только светом неба.

2. Искусственное освещение. Применяются исключительно источники искусственного внутреннего освещения промышленных зданий.



Совмещенное освещение помещений является разновидностью естественного освещения: при его применении сохраняется доминирующая роль естественного света в интерьере. Оно используется как в многоэтажных, так и в одноэтажных промышленных и общественных зданиях, имеющих широкие корпуса и глубокие помещения, и характеризуется постоянным дополнительным искусственным освещением, которое создается в зонах помещений с недостаточным естественным светом.

Одним из рациональных решений верхнего освещения при совмещенном освещении является использование зенитных фонарей. При сочетании фонарей со светящимися панелями искусственного света создается возможность их взаимозаменяемости и свободного расположения на потолке интерьера.

При совмещенном освещении предъявляются требования к источникам света: общее искусственное освещение независимо от принятой системы освещения должно выполняться газоразрядными источниками света: лампами типа ЛБ, МГЛ, ДРЛ в промышленных зданиях и ЛБ в общественных.

Включение искусственного освещения рекомендуется осуществлять с помощью автоматических регуляторов в зависимости от характера изменения наружной освещенности и выбранного уровня критической освещенности.

Применение совмещенного освещения оказывается экономически выгодным и в одноэтажных производственных зданиях большой протяженности с верхним освещением при тех же требованиях к его качеству, и в помещениях с окнами.

УДК 620.91

## **СОВМЕЩЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОВОДОВ**

**Т.М. Нуртдинов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. филол. наук, доц. И.П. Назарова**

В производственных помещениях используется три вида освещения:

- естественное (источником его является солнце);
- искусственное (когда используются только искусственные источники света);
- совмещённое или смешанное (характеризуется одновременным сочетанием естественного и искусственного освещения).

Строительная индустрия признает важность использования дневного света для повышения энергоэффективности и качества освещения. Существует несколько известных методов, которые строители используют для повышения уровня дневного освещения в зданиях, включая окна и световые люки. Однако эти методы обычно не способны освещать ядро здания и увеличивают использование энергии в здании. Существуют и другие системы, предназначенные для освещения производственных зданий естественным путем, но все они имеют некоторые ограничения, которые препятствуют широкому их распространению.

В зарубежных странах, в частности, в Канаде, учеными интенсивно разрабатывается альтернативная система дневного освещения, предлагающая новый подход к освещению производственных зданий. Эта система состоит из активных и пассивных оптических компонентов, расположенных на фасаде многоэтажных зданий, которые захватывают солнечный свет и переносят его в ядро здания. Активные редиректоры солнечного света, установленные на уровне крыши на краю здания, отслеживают солнце в течение дня и перенаправляют солнечный свет на фасады под определенным углом. Пассивные элементы концентратора, установленные на фасадах здания, захватывают и концентрируют свет и направляют его в световоды. Затем, для эффективного освещения здания, солнечный свет распространяется внутри здания через внутренние световоды. Эксперименты показывают, что данная система может обеспечивать необходимое освещение в течение всего дня.

Применение вышеуказанной системы освещения является экономически выгодным в одноэтажных производственных зданиях большой протяженности. Влияние на внешний вид фасада минимальное, данное оборудование не требует особенных установок и может применяться уже на существующих зданиях.

УДК 66.074.3

## **УДАЛЕНИЕ ВЛАГИ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

**М.А. Паулкин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

За последние 20 лет доля углеводородных газов в балансе первичных энергоресурсов возросла с 17 до 21 %, доля нефти снизилась с 49 до 40 %, а угля с 30 до 27 %. Таким образом, роль газа, как наиболее экологически чистого вида топлива, заметно возрастает и, по прогнозам экспертов, его доля в энергобалансе мира к середине XXI века может составить 28–30%.

Нефтяные и природные газы, добываемые из недр, а также углеводородные газы, содержащие кислые (нежелательные) компоненты и подвергаемые очистке водными растворами активных веществ, насыщены водяным паром. Их влагосодержание зависит от давления, температуры и химического состава углеводородного газа.

Наличие в углеводородном газе избыточной влаги вызывает ряд серьезных проблем при транспортировании газа. При обработке и транспортировании газа за счет снижения температуры в системе происходит конденсация водяных паров и, следовательно, образование в ней водного конденсата. Последний с компонентами природного газа образует гидраты. Гидраты, отлагаясь в газопроводах, уменьшают их сечение, а иногда приводят к аварийным остановкам. В связи с этим природные и нефтяные газы перед подачей в магистральные газопроводы и в цикле переработки подвергаются осушке.

Газ осушают для того, чтобы температура его точки россы по воде стала ниже минимальной температуры в системах транспортирования или переработки газа. В технологии газопереработки абсорбционная осушка газа концентрированными растворами ди- или триэтиленгликоля является основным методом. При этом остаточная влажность (точка россы) газа на выходе из гликолевой колонны (абсорбер) зависит от влагосодержания гликоля, поступающего в аппарат.

Одними из наиболее энергоемких процессов на предприятиях топливно-энергетического комплекса являются процессы абсорбции влаги из природного газа и регенерации насыщенного влагой абсорбента. Поэтому при значительных масштабах расхода энергии на предприятиях ТЭК каждый процент экономии может дать значительный эффект в народном хозяйстве.

УДК 621.315.2

## **ПРОБОПОДГОТОВКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА**

**В.В. Петрова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. Новиков**

В работе рассматриваются вопросы пробоподготовки при диагностике маслонаполненного электрооборудования. Описывается оборудование, которое используется для отбора проб масла, какие инструменты использовались и какие предлагаются сейчас. Описывается конструкция приборов. Также описаны преимущества предложенного в статье оборудования для

взятия проб трансформаторного масла. Показано, что при анализе выделяющихся из трансформаторного масла различных ингредиентов наиболее важной стадией, влияющей на погрешность последующего анализа, является пробоподготовка.

В последнее время создан ряд новых приборов, позволяющих с высокой точностью обнаруживать ультромалые количества различных веществ в энергетических установках промышленных предприятий. В этой связи особое значение приобретает пробоподготовка подлежащих анализу объектов, так как ошибки на этой стадии проведения процесса могут ухудшить проведение качественного анализа, а в некоторых случаях сделать его результаты недостоверными. Поэтому пробоподготовка является «узким местом» для большинства лабораторий, занимающихся контролем технологических объектов энергетической отрасли промышленности. В то же время в основном процесс пробоподготовки является наиболее трудоемкой стадией анализа образцов. Основные методы, применяемые на этой стадии, заключаются в извлечении анализируемых компонентов из матрицы. С этой целью обычно используют экстракцию с последующим удалением растворителя, газовую экстракцию, сорбцию, твердофазную микроэкстракцию деривитизация, а также мембранные методы. При этом извлечении примесных соединений из различных технологических продуктов могут возникать различные артефакты. Арсенал методов пробоподготовки постоянно пополняется различными устройствами и системами. Из них наиболее перспективными является способ улавливания примесных соединений на кварцевом волокне, покрытом жидкостью, т. е. твердофазная микроэкстракция.

УДК 535:004.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПУЛЬСАЦИИ ОТ ТИПА МАТРИЦЫ У МОДЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ НОУТБУКОВ И МОНОБЛОКОВ**

**А.А. Смирнова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р хим. наук, проф. О.Р. Ключников**

Целью проведения экспериментальных исследований с помощью прибора «Люксметр» было: выявление зависимости показаний прибора, т. е. пульсации от типа матрицы у современных ноутбуков и моноблоков. Так как жизнь в современном обществе тесно взаимосвязана с использованием всевозможной техники для упрощения труда, то зачастую человек

пренебрегает влиянием на его здоровье многими факторами, обусловленными длительным нахождением в одном положении, высокими звуковыми характеристиками и так далее. В случае работы за ноутбуками и моноблоками – это влияние пульсации на глаза. Пульсацию можно и нужно регулировать с помощью яркости экранов ноутбуков и моноблоков, но в основном, этим пренебрегают. Эксперимент был проведен на фоне красного цвета, одного из самых ярких цветов в палитре, для наиболее лучшего рассмотрения пульсации. Самым распространённым среди ноутбуков и моноблоков оказался тип матрицы TFT. А также встречаются SVA и IPS. После проведения эксперимента было выявлено, что наименьшая пульсация у типа матрицы SVA и IPS. Также была рассмотрена зависимость пульсации от яркости экрана на примере моноблока ICL SafeRAY S253.Mi. При сбалансированном режиме (80 % яркости) пульсация равна 45,1 лк, при экономии экрана (60 %) – 42,8 лк, при высокой производительности – 48,4 лк, при нулевой яркости – 5,5 лк. Отсюда можно сделать вывод, что с уменьшением яркости снижается пульсация, а значит, и нагрузка на глаза.

УДК 697:3

## **АНАЛИЗ СХЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ К ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ**

**А.А. Смирнова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Гусячкин**

Выбор наиболее подходящей схемы подключения системы горячего водоснабжения (ГВС) к тепловым сетям закрытых и открытых систем теплоснабжения играет одну из ключевых ролей в теплоснабжении, так как от этого зависит рациональная работа всей системы в целом с меньшими потерями теплоты и достаточно высоким качеством воды. Выбор схемы присоединения, прежде всего, определяется принятым при проектировании источником теплоты. В закрытых двухтрубных централизованных системах теплоснабжения при одновременном присоединении к тепловым сетям отопления и ГВС применяют предвключенную, параллельную, двухступенчатую последовательную, двухступенчатую смешанную, двухступенчатую смешанную с ограничителем расхода воды схемы присоединения подогревателей к тепловым сетям. Выбор наиболее эффективной и экономически целесообразной схемы определяется соотношением тепловых нагрузок систем горячего водоснабжения и отопления.

Экономичная и надежная работа систем горячего водоснабжения при их подключении к тепловым сетям в открытых системах теплоснабжения может быть обеспечена только при наличии и надежной работе авторегулятора температуры воды. В открытых централизованных системах теплоснабжения при одновременном присоединении отопления и ГВС в двухтрубных тепловых сетях экономически выгодно применить комбинированную схему включения смесителей ГВС с терморегулятором и отопления с отбором воды для горячего водоснабжения из подающей и обратной линий.

УДК 339.92

**МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ  
СОТРУДНИЧЕСТВА ГОСУДАРСТВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ  
НА ОСНОВЕ ДОГОВОРА К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРТИИ:  
УЧАСТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Р.Р. Сулейманов, А.И. Нагимуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. Г.З. Шакурова**

Энергетика является одной из ведущих отраслей мира для всех, включая развитые страны мира. Она движет развитием страны в экономическом, социальном и политическом плане. Именно поэтому так важно иметь стабильные и интенсивные международные торговые отношения в сфере энергетики, т.е. совершать обмены энергоносителями, а впоследствии – электроэнергией и технологиями. Таким образом, возрастает актуальность значения эффективного международного сотрудничества в сфере энергетики для дальнейшего прогрессивного развития отечественного ТЭК и всей экономики России и установление на международном уровне благоприятных для РФ долгосрочных «правил игры» на мировых энергетических рынках.

Первыми многосторонними актами, объединившими страны мира, бывших конкурирующих сторон Запада и Востока, стали Европейская энергетическая хартия и Договор к ней (ДЭХ). Отношения, связанные с Россией в формировании перечня нормативно-правовых актов международного энергетического сотрудничества, а также его участие в различных соглашениях в регулировании взаимодействия субъектов мировых энергетических рынков (ДЭХ, актах, заключенных в рамках СНГ, и т.д.) играет очень важную роль для РФ.

УДК 620.9

## **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**А.Р. Фаздалова, З.И. Димиева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.В. Рыжков**

В статье рассмотрено развитие Республики Татарстан в области повышения энергетической эффективности, произведен анализ в области применимости нормативных документов и соблюдения программ.

В части развития энергетического комплекса республики завершена модернизация Нижнекамской ТЭЦ, введена в эксплуатацию подстанция Бегишево 220, продолжается реализация проектов по реконструкции подстанций Бугульма и Нижнекамская, начато строительство новой линии Щелоков-Центральная.

В Республике функционирует ГАУ «Центр энергосберегающих технологий», которым были проведены экспертизы муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности с целью учета изменившихся нормативных требований, что позволило улучшить показатели.

Также принята целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Татарстан на 2014–2020 годы, основными задачами которой являются: повышение энергетической эффективности и конкурентоспособности за счет технической и технологической модернизации и развитие информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Решение поставленных задач, приведет к формированию эффективной системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности в Республике Татарстан.

УДК 621.577

## **ТЕПЛОВОЙ НАСОС КАК ТЕХНОЛОГИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Л.Ш. Хамидулин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Долгова**

Выбор основных источников энергии при проектировании и создании энергоэффективных систем теплоснабжения жилых и общественных зданий является ответственной задачей, поскольку основной целью Федерального

закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ, не только определяется создание технических, технологических, правовых, экономических и организационных основ и мер стимулирования эффективности народного хозяйства, но и их взаимное согласование, направленное на уменьшение объема используемых ресурсов, потребляемых, в частности, на нужды теплоснабжения при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

При отсутствии подвода газа в современных индивидуальных домах для отопления в большинстве случаев используют электричество. Несомненно, это удобно, однако дорого. Для отопления дома электричеством требуется значительная выделенная мощность. Решением данной проблемы является применение тепловых насосов.

Тепловой насос – экологически чистая система, позволяющая получать тепло для отопления и горячего водоснабжения индивидуальных домов за счет использования низко-потенциальных источников и переноса его к теплоносителю с более высокой температурой. В качестве низко-потенциальных источников могут использоваться грунтовые и артезианские воды, озера, моря, тепло грунта, вторичные энергетические ресурсы – сбросы, сточные воды, вентиляционные выбросы и т.п. При использовании теплонасосных технологий независимо от типа насоса и типа привода компрессора на единицу затраченного исходного топлива потребитель получает в 1,2–2,5 раза больше тепла, чем при прямом сжигании топлива.

Тепловые насосы как технология, позволяющая частично вытеснить органическое топливо и обеспечить теплоснабжение с минимальными затратами первичной энергии, находится в центре внимания зарубежных и отечественных исследователей и промышленных фирм.

УДК 621.311

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

**Д.М. Хамидуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Г. Логачева**

Энергетическая стратегия России до 2030 года определила развитие малой распределенной энергетики в качестве важнейшего направления. Поставлена задача в несколько раз увеличить суммарную установленную мощность объектов малой генерации и производство ими электрической энергии. На примере опыта эксплуатации реальных энергообъектов «малой



генерации» необходимо провести оценку, выгоду использования малой генерации на предприятии, выявить плюсы и минусы малой генерации. В большинстве случаев в периодической печати и интернет-ресурсах обсуждаются только положительные стороны «малой генерации». Требуется детальная оценка данной темы, изучить перспективы применения малой генерации на предприятии. И главное, ответить на вопрос, действительно ли стоит оптимизировать электроснабжения предприятия таким способом.

Особенности проектирования энергообъекта, проблемы на стадии монтажа и наладки оборудования, вопросы надежной эксплуатации рассматриваются поверхностно, очень часто не оцениваются в комплексе работы с энергосистемой.

Обширной сферой применения средств малой энергетики является резервное (иногда его называют аварийным) электроснабжение потребителей, требующих повышенной надежности и не допускающих перерывов в подаче энергии при авариях в зонах централизованного электроснабжения.

Особое внимание следует уделять подготовке проектной документации, усилить процедуру экспертизы и допуска, задействовав все заинтересованные службы и ведомства предприятий энергосистемы.

В условиях активного развития «малой энергетики» для ее успешного функционирования необходимо выполнить целый ряд мероприятий. Необходимо внести недостающие изменения в нормативные акты, касающиеся подключения генерирующих источников к распределительным сетям энергосистемы.

УДК 621.3

## **ИНДИВИДУАЛЬНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

**Б.Р. Хасанов**

**НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Нижнекамск**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. Ганиев**

Основными потребителями реактивной мощности на промышленных предприятиях являются асинхронные двигатели (60–65 % общего потребления), трансформаторы (20–25 %), вентильные преобразователи, реакторы, воздушные электрические сети и прочие приемники (10 %).

Индивидуальная компенсация – простой и наиболее дешевый способ компенсации. Число конденсаторов соответствует числу нагрузок, и каждый конденсатор расположен непосредственно у соответствующей нагрузки.

Такая компенсация хороша только для постоянных нагрузок, там, где реактивная мощность каждой из нагрузок с течением времени меняется незначительно и для ее компенсации не требуется изменения номиналов подключенных конденсаторных батарей. Поэтому индивидуальная компенсация ввиду неизменного уровня реактивной мощности нагрузки и соответствующей реактивной мощности компенсаторов называется также нерегулируемой.

Мощность КРМ определяется по формуле:

$$Q_c = K_c P,$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса;  $P$  – это активная мощность.

Устройство КРМ выбирается:

- 1) по номинальным значениям мощности, напряжения и тока;
- 2) по количеству ступеней;
- 3) по необходимости наличия защиты от резонансных явлений.

Экономический эффект от внедрения блоков индивидуальной компенсации реактивной мощности может быть очень большим. По статистике он составляет от 10 до 40 % от оплаты электроэнергии в различных регионах России. Срок окупаемости блоков индивидуальной компенсации реактивной мощности – от 6 месяцев до 3-х лет.

Для проектируемых объектов внедрение индивидуальных конденсаторных блоков компенсации на этапе разработки позволяет экономить на стоимости кабельных линий за счет снижения их сечения так, блоки индивидуальной компенсации реактивной мощности приносят ощутимые финансовые выгоды. Они также позволяют дольше сохранять оборудование в рабочем состоянии. Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы.

УДК 621.22:621.1

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА**

**А.Ш. Хафизова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. Гусячкин**

Неравномерное водопотребление в системах горячего водоснабжения зданий, работа местных автоматических регуляторов расхода теплоты абонентов приводят к нарушению гидравлического режима тепловых сетей.

Стабилизировать гидравлический режим можно путем подключения параллельно абонентам дополнительного участка с регулируемой характеристикой сопротивления.

Для этого предлагается использовать узел стабилизации давления, представляющий собой переключку между подающим и обратным трубопроводами тепловой сети с регулятором давления. В качестве регулятора предлагается использовать регулятор давления «после себя» поршневого типа, разработанный ООО НПП «Агрегат» (г. Казань), после его небольшой конструктивной доработки для работы в режиме регулятор давления «до себя».

В исходном состоянии регулятор давления закрыт. При повышении давления в тепловой сети клапан устройства исполнительного открывается, образуя необходимый зазор и обеспечивая необходимую характеристику сопротивления дополнительного участка и всей тепловой сети, а, следовательно, и стабильность гидравлического режима тепловой сети.

УДК 532.5

## **ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРИДОРНОГО ПУЧКА ТРУБ ПРИ ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

**К.В. Чирухин**  
**КГЭУ, г. Казань,**

**Науч. рук. ст. преп. А.И. Хайбуллина**

Возможность интенсификация теплообмена при помощи наложения принудительных колебаний теплоносителя на поток жидкости в коридорном пучке труб показана в ходе экспериментальных исследований. Однако при интенсификации теплообмена необходимо учитывать, увеличение гидравлического сопротивления, которое в свою очередь влечет дополнительные затраты на прокачку теплоносителя. Поэтому необходимо учитывать теплогидравлическую эффективность  $\eta$  способа интенсификации. В данной работе была предложена методика оценки эффективности при применении пульсаций для повышения теплоотдачи элементов теплообмена. С помощью данной методики, по результатам численного моделирования была рассчитана теплогидравлическая эффективность  $\eta$  пучков труб коридорного пучка труб при наложении на поток жидкости противоточных несимметричных пульсаций, что позволило оценить эффективность пульсаций при интенсификации теплообмена в коридорном пучке труб. Расчеты теплогидравлической эффективности  $\eta$  в пульсирующем течении проводились для

диапазонов чисел Рейнольдса  $Re$   $100 \leq Re \leq 900$ , частот  $0,125 \leq f \leq 0,5$  Гц, безразмерных относительных амплитуд пульсаций  $1,25 \leq \beta \leq 4,5$  и произведения  $\beta$  на числа Струхала  $Sh$   $0,026 \leq \beta Sh \leq 2,5$ . В качестве теплоносителя рассматривалась вода с числами Прандтля  $Pr \approx 5,5$ .

В результате расчетов было выявлено, что с увеличением чисел  $Re$  происходит увеличение  $\eta$  не зависимо от амплитуды  $\beta$  и частоты пульсаций  $f$ . При увеличении произведения  $\beta Sh$  происходит снижение  $\eta$  во всем диапазоне произведения  $\beta Sh$  не зависимо от чисел  $Re$ . Максимальное значение теплогидравлической эффективности  $\eta = 0,62$  наблюдается при минимальных  $Re = 100$  и  $\beta Sh = 0,026$ .

УДК 674.04

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ**

**А.И. Шамсутдинова  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Р. Галяветдинов**

Целью проведения данной работы было: получение электроэнергии по характеристике входной биомассы, проверка общей эффективности, анализ качества выпускаемого синтез-газа и характеристика остатков в результате процесса (промывочная вода, дым, древесный уголь). В последние годы мировой спрос на возобновляемые источники энергии сталкивается с инновациями, такими как когенерация электроэнергии и тепла из древесных промышленных отходов, и биомассы. Сжигание и газификация древесины являются основными процессами превращения древесной химической энергии в тепловую электроэнергию. Существует множество различий между этими двумя процессами, в частности, с точки зрения сложности используемых технологий, эффективности, летучих выбросов и воздействия на экосистему. Для обоих процессов выработка электроэнергии легко осуществима, и может быть использована на месте (вне сетки т. е. автономно) или на сетке потребления. Новое поколение малых, недорогих и простых установок газификации стали доступными на рынке. Эти системы характеризуются легкостью в эксплуатации и универсальностью в типах используемой биомассы, которая может варьироваться от промышленных отходов (опилок, щепы) до биомассы лесного и не лесного происхождения. Процесс пирогазификации контролировался в режиме реального времени через журнал

химических параметров, таких как скорость вращения вентилятора, температура и давление камеры газификации. В режиме реального времени химический состав полученного синтез-газа был использован для расчета его тепловой способности, а также для общей эффективности преобразования энергии из биомассы в синтез-газ. Теплота сгорания производимого синтез-газа составила 3,5 до 4,5 МДж/кг. Общая эффективность преобразования биомассы в электроэнергию на 12% ниже, чем у других заводов по газификации (Капуто и др. 2005). Химический состав синтез-газа проводили через синтез-газ анализатор MRU Vario Plus. Точка отбора синтез-газа была между газогенератором и двигателем. Энергоэффективность между биомассой и производством синтез-газа находится на уровне 72%. Общая эффективность пиро-газификационной станции 24%. Данная работа выполнялась при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД – 5596.2016.8).

УДК 674.047

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСЦИЛИРУЮЩЕЙ ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

**А.И. Шамсутдинова  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. Хасаншин**

Целью проведения экспериментальных исследований было: разработка энергосберегающих принципов применительно к процессу осциллирующей вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов с применением теплового насоса. Одним из направлений рационального использования энергоресурсов в области сушки древесины является использование управляемых тепловых насосов, обладающих значительным потенциалом для уменьшения основного потребления энергии при сушке. Тепловые насосы могут использоваться в сочетании с традиционным топливом или электричеством как дополнительный источник энергии или выступать самостоятельным генератором тепла и одновременно осушающим устройством. Достоинством тепловых насосов является более низкое потребление энергии для каждой единицы удаленной влаги, более точное управление условиями и параметрами процесса сушки и достижение улучшенного качества продукта. С целью снижения затрат в процессах вакуумной сушки пиломатериалов была разработана технология осциллирующей вакуумно-кондуктивной

сушки с применением теплового насоса. При этом для расчета теплового насоса необходимо задание тепловой нагрузки, определяемой скоростью испарения влаги из материала. В связи с этим в данной работе приведены результаты экспериментального исследования и математическая обработка данных стадии вакуумирования предварительно нагретого древесного образца. Полученные выражения позволяют определить изменение характеристик процесса сушки в зависимости от режимных параметров и сорта мента высушиваемого пиломатериала и могут быть использованы при проектировочных расчетах теплонасосного оборудования для вакуумных сушильных камер. В результате проведенной работы была доказана энергоэффективность предложенной технологии и оборудования осциллирующей вакуумно-кондуктивной сушки с применением теплового насоса для сушки твердых пород древесины по сравнению с классической конвективной сушильной камерой, использующей в качестве энергоносителя природный газ.

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД – 5596.2016.8).

**Секция 5. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**

УДК 620.92

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ГТУ****А.А. Асриев, Д.И. Урмантаев  
КГЭУ, г. Казань****Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

В настоящий момент топливно-энергетический комплекс России переживает кризисное состояние. Основное проявление кризиса заключается в том, что обыденным явлением становится нарушение и перебои снабжения отдельных регионов и потребителей топливом, электрической и тепловой энергией. Очевидной необходимостью для России является развитие систем совместного производства электрической и тепловой энергии. Эти системы, по сравнению с существующими монопольными тарифами, позволяют существенно снизить затраты на потребляемую энергию, а также решить важную проблему пиковых нагрузок и недостатков централизованных систем.

Когенерация – это комбинированное производство тепла и электроэнергии. Когенерационные установки имеют большой ресурсный потенциал, а также преимущества в надежности, диапазоне мощностных ресурсов. Очевидным является и то, что монопольное владение электроэнергетическим рынком, подкрепленное технико-правовыми нормами и существующей практикой ставит российского промышленного, сельскохозяйственного и гражданского потребителя в безвыходное положение, вынуждая его к приобретению когенерационных установок. К основным преимуществам когенерационных установок относятся: увеличение эффективности использования топлива благодаря более высокому КПД; снижение вредных выбросов в атмосферу по сравнению с отдельным производством тепла и электроэнергии; уменьшение затрат на передачу электроэнергии, так как когенерационные установки размещаются в местах потребления тепловой и электрической энергии, потери в сетях практически отсутствуют; возможность работы на биотопливе и на других альтернативных видах топлива, а также достаточно высокая эффективность при переменных режимах работы.

Целью данной работы является исследование режимов работы когенерационной установки на базе ГТУ на объекте с переменным характером нагрузки, который определяется суточной и сезонной неравномерностью потребления тепловой и электрической энергии.

УДК 536.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ ФРАКЦИИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ГТУ**

**И.И. Афлятунов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. Таймаров**

При переработке нефти побочным продуктом является метано-водородная фракция, используемая на НПЗ в качестве печного топлива на установках гидроочистки вакуумного газойля. Состав метано-водородной фракции по данным Нижнекамского Комплекса глубокой переработки тяжелых остатков на установке VCC (КГПТО) ОАО «ТАИФ-НК» незначительно зависит от начала и конца цикла работы катализатора и в среднем содержит следующие компоненты (% мольный):  $H_2O = 0,49$ ;  $CO = 0,06$ ;  $CO_2 = 0,1$ ;  $H_2S = 0,00135$ ;  $H_2 = 49,97$ ;  $C_1 = 30,33$ ;  $C_2 = 14,6$ ;  $C_3 = 2,63$ ;  $C_4 = 0,94$ ;  $C_5 = 0,87$  [1]. Метано-водородную фракцию планируется использовать в качестве альтернативного природному газу топлива на теплоэнергетических агрегатах филиала ОАО «ТГК-16» НК ТЭЦ (ПТК-1) в 2018–2020 гг. в количествах (тыс.  $нм^3$  в год): 2018 г. – 381357,2; 2019 г. – 381357,2; 2020 г. – 382478,6. Однако существующее теплоэнергетическое оборудование в том числе и ГТУ спроектировано для сжигания природного газа, горение которого отличается от горения метано-водородной фракции из-за наличия в ней значительного количества водорода, наличие которого снижает теплоту сгорания топлива и ускоряет процесс распространения пламени. Теплота сгорания природного газа составляет  $8211 \text{ ккал}/нм^3$ , теплота сгорания метано-водородной фракции составляет  $6807,8 \text{ ккал}/нм^3$ . Скорость горения метано-водородной фракции в два раза выше скорости горения природного газа. Поэтому скорость подачи метано-водородной фракции в камеру сгорания должна быть минимум в два раза большей, чем для природного газа.



## **ВНЕДРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Н.А. Батеев**  
**СГТУ, г. Саратов**

**Науч. рук. ассист. И.А. Ростунцова**

В качестве поверхностей нагрева повышенной эффективности рассматривается применение труб с различными конструкциями оребрения: внешнее плавниковое оребрение; внешнее поперечно кольцевое оребрение и внутреннее продольное оребрение. Применение таких развитых поверхностей нагрева позволяет увеличить теплообмен за счет искусственной турбулизации. В то же время оребрение поверхности теплообмена позволяет достигать оптимальное уменьшение диаметра труб, что позволяет в свою очередь снизить общие габариты поверхности. Увеличение тепловосприятия поверхности теплообмена обеспечит более глубокое снижение температуры уходящих газов в котле, повышая его КПД и снижая тем самым расход топлива на котел. Теплообменники с ребристыми поверхностями нагрева применяются в тех случаях, когда теплообмен происходит между двумя теплоносителями с большим и малым коэффициентами теплоотдачи. Увеличивая поверхность теплообмена со стороны теплоносителя с малым коэффициентом теплоотдачи путем ее оребрения, увеличивают количество тепла, передаваемого от греющего к нагреваемому теплоносителю.

Для котлоагрегата ТГМ-96, входящий в состав энергоблока Т-110/120-130 проведена оценка эффективности интенсификации теплообмена введением оребренных поверхностей нагрева. В качестве варианта модернизации предлагается заменить поверхность теплообмена выходного пароперегревателя (ВПП) заводского исполнения на поверхность нагрева из труб, имеющих внутреннее спирально-ленточное оребрение. В результате конструкторского расчета получено, что вариант ВПП с оребренной поверхностью имеет меньшую общую площадь, следовательно, у него будут и меньшие габаритные размеры. Уменьшается температура уходящих газов и потери теплоты с уходящими газами, вследствие чего увеличивается КПД котлоагрегата и снижается расход топлива. Годовая экономия топлива при оребрении будет равна 969,5 тыс. м<sup>3</sup> /год и экономия затрат на топливо составит 1,163 млн. руб. /год.

## **СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЗРАБОТОК И ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Ф.А. Глушков  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.А. Усков**

Твердооксидные топливные элементы превращают газ в электричество, не используя сжигание, что заметно уменьшает выброс парниковых газов. Вместо использования электродов из металла или жидких электролитов эти топливные элементы содержат твердый керамический материал, который окисляет газ и производит электрическую энергию путем химической реакции.

Хотя исследования и разработки по созданию высокотемпературных твердооксидных топливных элементов (SOFC) ведутся уже более семидесяти лет, только в последние годы наблюдается начало их реального практического применения. Появились компании, производящие SOFC генераторы, и получающих реальный доход от продаж этих генераторов, или вырабатываемой ими электроэнергии. Формируется рынок материалов и компонентов для разработки и изготовления SOFC. Постепенное совершенствование материалов и технологий привело к увеличению удельных характеристик твердоэлектролитных электрохимических генераторов, повышению их надежности, и одновременному снижению стоимости единицы мощности. Наибольшая активность в разработке SOFC наблюдается в Северной Америке; здесь в последние годы ряд компаний вышла на рынок с реальным коммерческим продуктом. Значительные успехи достигнуты в Германии, Швейцарии, Великобритании, Японии. В нашей стране самостоятельно разрабатывается передовой тип химических источников энергии для удаленных территорий и специального применения – ТОТЭ. Работа над проектом ведется в Институте физики твёрдого тела РАН (ИФТТ РАН). Новый топливный элемент имеет КПД более 50 % по выходу электроэнергии, а при учете теплового выхода – до 85–90 %. В отличие от распространенных дизель-генераторов, новый источник работает без обслуживания до четырех лет. В настоящее время большое внимание уделяется проектированию комбинированных энергоустановок (КЭУ) на базе газотурбинных двигателей (ГТД) и топливных элементов (ТЭ). Коэффициент полезного действия такой установки составляет от 65 до 72%.

УДК 621.181.27

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**С.Ф. Заббаров, Н.В. Шутраев**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук Г.Р. Мингалеева**

Газотурбинные установки имеют большое значение на рынке энергетического оборудования не только в крупной, но и в малой энергетике. В основном они устанавливаются на автономных энергетических объектах – мини-ТЭС. Газотурбинные установки малой мощности имеют номинальную мощность до 25 МВт и меньший КПД, чем газотурбинные установки больших мощностей, но благодаря использованию их на мини-ТЭС потери на транспортировку электрической и тепловой энергии минимальны. Чаще всего вместе с газотурбинными установками используются котлы-утилизаторы.

Рассмотрим котел-утилизатор КВ-14-132 (модели ТКУ-9). Это водогрейный котел-утилизатор, изготовленный в 2000 году Таганрогским котлостроительным заводом «Красный котельщик». Он предназначен для подогрева сетевой воды за счет тепла выхлопных газов газотурбинной установки мощностью 6 МВт. В состав котла-утилизатора входят: блок-модуль поверхности нагрева, две ступени шумоглушителя, каркас, изоляция, дымовая труба, компенсаторы на газоходах. Котел-утилизатор имеет вертикальную компоновку. Дымовая труба опирается на собственный каркас. Поверхность нагрева выполнена в виде законченного блок-модуля. Поверхность нагрева состоит из горизонтально расположенных оребренных труб. Котел-утилизатор изготавливается газоплотным и рассчитан на работу под наддувом, имеет самоопорную конструкцию. В комплекте с данным котлом-утилизатором используется газотурбинная установка ГТЭ-6. Газотурбинная установка, изготовленная «Уральским турбинным заводом» рассчитана для работы на природном газе. Газотурбинная установка состоит из: воздушного компрессора, камеры сгорания, двух турбин (высокого и низкого давления). Газотурбинная установка экономична, проста по конструкции и надежна в эксплуатации, оснащена автоматизированной системой управления технологическими процессами. В данной работе приведен расчет котла-утилизатора при работе в номинальном режиме.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАРОВОГО ЦИКЛА ДЛЯ ДВУХКОНТКРНОЙ ПГУ**

**И.З. Камалетдинов, Д.А. Шаров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.А. Усков**

В настоящее время в теплоэнергетике России и мира самой перспективной является парогазовая технология на основе сжигания газообразного топлива в камере сгорания газотурбинной установки (ГТУ). Ее тепловая экономичность достигает 60%.

Парогазовые установки – сравнительно новый тип генерирующих станций, работающих на газе или на жидком топливе. Принцип работы самой экономичной и распространенной классической схемы таков. Устройство состоит из двух блоков: газотурбинной (ГТУ) и паросиловой (ПС) установок. В ГТУ вращение вала турбины обеспечивается образовавшимися в результате сжигания природного газа, мазута или солярки продуктами горения – газами. Образовавшиеся в камере сгорания газотурбинной установки продукты горения вращают ротор турбины, а та, в свою очередь, крутит вал первого генератора. Использование парогазовых установок является одним из возможных и перспективных направлений снижения топливно-энергетических затрат. Оптимальное управление режимами работы электростанций – традиционно одна из сложных научных и практических задач, обусловленная неопределенностью исходной информации, многовариантностью решения, трудностью учета реального технического состояния оборудования, а также другими факторами. Тем не менее, в настоящее время разработаны различные методики и программные комплексы на их основе для внутристанционной оптимизации режимов работы оборудования. Используемые в настоящее время методики оптимизации распределения нагрузок разработаны для традиционного состава оборудования ТЭЦ (паротурбинные энергоблоки) и в них достаточно мало исследован вопрос учета особенностей режимов работы ПГУ (с одной или двумя работающими газовыми турбинами, при различных температурах наружного воздуха и др.) при решении данной задачи.

Целью работы является разработка методики выбора состава и режимов работы оборудования ПГУ, а также оптимизации распределения электрической и тепловой нагрузок между агрегатами в составе энергогенерирующего оборудования.

УДК 621.438

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ АС ГРЭТ**

**М.В. Комаров, Е.А. Комарова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. Титов**

Существуют обширные районы, где абсолютная влажность превышает 8–10 г/кг и где возможно получать влагу из воздушного бассейна. Главный и определяющий вопрос этой проблемы – себестоимость литра воды, мобильность установки (например, для обеспечения воинских подвижных соединений) и соответствующая производительность. Естественно, важным вопросом остается стоимость самой установки, например, на производительность 50, 500 или 5000 л/ч.

Проблема извлечения воды из воздушного бассейна – актуальная научная задача, которая к настоящему времени не имеет устоявшегося и доминирующего решения. В подавляющем большинстве случаев разработки остаются на уровне патентов. Конструктивные решения, подтверждающие заявленные параметры в названных патентах единичны. В связи с этим, обзор состояния разработок получения воды будет представлен в данном докладе.

Для целей нашей работы мы возьмем широко производимый авиационный двигатель НК-8-2У и, используя известные технические характеристики, произведем его исследование в программе ГРЭТ с целью получения наиболее экономически выгодных результатов его работы с агрегатом, осуществляющим получение воды из воздушного бассейна.

УДК 620.92

## **РЕЖИМЫ РАБОТЫ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ**

**Р.Н. Кыямов, Д.А. Шаров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

Произошедшие в экономике России изменения заставляют по-новому взглянуть на проблемы малой энергетики. По разным оценкам от 50 до 70% территории России, на которой проживает более 20 млн. человек, не охвачено централизованным тепло- и электроснабжением. На этой огромной территории жизнедеятельность людей обеспечивается, главным образом,

средствами малой энергетики: электроснабжение – от автономных дизельных электростанций (ДЭС), теплоснабжение – от местных котельных установок, работающих на твердом, жидком и реже газообразном топливе.

Одним из наиболее перспективных решений сложившейся ситуации является развитие малой энергетики. Большим потенциалом здесь обладает процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии – когенерация, которая помимо всего прочего дает возможность для развития экономики страны.

На электростанции с применением технологии когенерации топливо используется для получения двух форм энергии – тепловой и электрической. Они более эффективны в сравнении с электростанциями, производящими только электрическую энергию. С технологией когенерации появляется реальная возможность использовать тепловую энергию, которая обычно улетучивается в атмосферу через градирни и вместе с дымовыми газами. При использовании эффекта когенерации существенно возрастает общий коэффициент использования топлива (КиТ). Применение когенерации в значительной степени сокращает затраты на приобретение топлива. Когенерация – это существенное снижение затрат на получение тепловой энергии.

КПД газовой турбины составляет 25–35%, в зависимости от параметров работы конкретной модели турбины и характеристик топлива. В составе когенерационных систем эффективность возрастает до 90% в расчете на условную единицу израсходованного топлива.

Целью данной работы является разработка технологической схемы когенерационной установки на базе ГТУ мощностью 1,2 МВт.

УДК 621.438

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПГУ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ОДНОКОНТУРНОЙ И ДВУХКОНТУРНОЙ ПГУ С КУ**

**Д.Ф. Накипов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.А. Усков**

Наиболее перспективной и широко распространенной в энергетике парогазовой установкой, отличающейся простотой и высокой эффективностью производства электрической энергии, является парогазовая установка утилизационного типа (с котлом-утилизатором: ПГУ с КУ). Эти ПГУ – единственные в мире энергетические установки, которые при работе

в конденсационном режиме могут отпускать потребителям электроэнергию с КПД до 55–61 %. Рассмотрим одноконтурную утилизационную ПГУ, в которой через поверхности нагрева котла-утилизатора (экономайзер, испаритель, пароперегреватель) проходит одинаковое количество рабочего тела (воды и пара). При этом обнаруживается серьезный недостаток, связанный с необходимостью удовлетворения двух противоречивых требований. С одной стороны, КУ должен генерировать пар высоких параметров, в первую очередь высокой температуры, для того, чтобы обеспечить высокую экономичность ПТУ. Но запас тепловой энергии, содержащийся в выхлопных газах ГТУ, может обеспечить эти параметры при малых расходах питательной воды. Тогда этот расход не может охладить газы, поступающие в котел, до низкой температуры (ниже 150 °С). Для решения данной проблемы применяется схема с двухконтурным КУ, отличающаяся следующими особенностями: экономайзер контура ВД выполняется одно- или двухступенчатым в зависимости от конструктивных особенностей котла. Для питания водой контуров НД и ВД предусмотрены два самостоятельных питательных насоса. В тепловую схему КУ может быть добавлен насос рециркуляции конденсата для поддержания необходимой температуры на входе в котел. Вместо него в схеме ПТУ можно использовать один подогреватель низкого давления (ПНД), который включается в работу по мере необходимости. Анализ работы данной схемы показал, что КПД установки может повыситься на 4–6%.

УДК 621.438

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИБРИДНОЙ МИНИ-ТЭС С ВОЗДУШНЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ ТИПА SOLGATE**

**Нгуен Дык Тоан  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

В настоящее время актуальным является совместное использование различных источников энергии при работе одной энергетической установки. Примером такого комбинирования являются гибридные газотурбинные установки (ГТУ), в которых сочетается традиционное сжигание природного газа в камере сгорания ГТУ и использование возобновляемого ресурса солнечной энергии – для подогрева сжатого воздуха, который подается от компрессора. Использование солнечной энергии позволяет экономить топливо и более гибко регулировать нагрузку энергетической установки.

Такие проекты, которые называются SOLGATE и SOLUGAS, были реализованы в Испании. При работе установки SOLGATE, мощность которой составляла 250 кВт, были испытаны различные типы высокотемпературных солнечных приемников. Гибридная энергетическая установка SOLUGAS имеет более высокую мощность 4,6 МВт. Установка работает следующим образом: сжатый воздух от компрессора нагревается в приемнике до температуры 800 °С и подается в камеру сгорания турбины Mercury<sup>TM</sup> 50, модифицированной для работы под воздействием солнечной энергии.

В данной работе проведена оценка эксергетической эффективности работы гибридной ГТУ мощностью 4,6 МВт. При определении КПД учитывались затраты топлива и его химическая эксергия, температура воздуха, поступающего на сжатие в компрессор из окружающей среды, затраты электрической энергии на привод компрессора, а также тепловой поток от нагрева солнцем. В случае, если бы воздух подогревался специально, КПД составил бы 23,9%. Поскольку солнечная энергия является одним из компонентов окружающей среды, то она не учитывается в качестве затратной составляющей баланса и эксергетический КПД повышается до 32,2%. Проведенная предварительная оценка показывает возможность повышения КПД ГТУ за счет использования солнечной энергии.

УДК 621.181

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ СЖИГАНИЯ ВЫСОКО ОБВОДНЕННОГО МАЗУТА В КОТЛАХ ТЭС**

**Е.А. Салтанаева**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. Таймаров**

При отгрузке и длительном хранении мазута на ТЭС происходит увеличение содержания воды в составе мазута из-за поглощения атмосферной влаги и протекание паровых подогревателей. Допускается содержание воды в мазуте в 3% по массе, но, имеет место содержание воды до 10,4%. Вода в мазутных цистернах длительного хранения по объему располагается крайне неравномерно в виде линз, слоевых включений, локальных неоднородностей. Сжигание такого мазута сопровождается неравномерностью горения факела, неоднородностью его светимости, хлопками, отрывом факела от форсунки и погасанием факела. Поэтому применяют смешанное сжигание высоко обводненного мазута с природным



газом, подготовку водномазутной эмульсии с помощью кавитаторов, повышенный подогрев воздуха перед подачей его в горелки, уменьшение крутки воздуха в горелках, применением специально разработанных форсунок. Эффективность характеризуется значением КПД котлов. Снижение КПД при сжигании обводненного мазута объясняется снижением температуры продуктов сгорания на выходе из топки, вызывающее понижение температуры перегрева пара. Кроме того, высокая обводненность сопровождается снижением теплоты сгорания мазута и задержкой воспламенения капель мазута в факеле. Применяемые для повышения температуры продуктов сгорания калориферы подогрева воздуха перед регенераторами позволяют получить более высокую температуру продуктов сгорания на выходе из топки. Эксперименты на котлах ТЭС показали, что наиболее эффективной технологией является совместное сжигание газа и мазута при подаче газа в горелки второго яруса. Температура воздуха, подаваемого в горелки, должна быть в пределах 250–270 °С при подогреве мазута М100 около 100 °С. Подготовка водномазутной эмульсии перед подачей в горелки сопряжена со значительным расходом электроэнергии на обеспечение работы кавитатора. Присадки и поверхностно активные вещества не устраняют расслоения водномазутной эмульсии на собственно мазут и воду, что при горении вызывает пульсации факела. Определенный положительный эффект вызывает применение паромеханических форсунок с трехступенчатым дроблением капель мазута.

УДК 621.438

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ГТУ С ПОДОГРЕВОМ ВОЗДУХА ПЕРЕД КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ**

**З.А. Тувакина, А.Е. Юрочкин, М.В. Комаров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. Титов**

При определении эффективности газотурбинного двигателя необходимо оценивать его, как машину, предназначенную для преобразования выделяющейся в камере сгорания тепловой энергии в механическую работу. В этом случае эффективность ГТД оценивается как эффективность тепловой машины. При рассмотрении газотурбинного двигателя как тепловой машины можно отвлечься от конкретного типа и назначения двигателя, так как в большинстве схем реализуется одинаковый термодинамический цикл – цикл Брайтона.

Основным недостатком простейшего ГТД является низкий КПД, в среднем имеющий значение около  $\eta = 24,5 \%$ . Возникает задача увеличения КПД ГТУ. На выходе из двигателя мы имеем большое количество неиспользуемого тепла, выбрасываемого во внешнюю среду с температурой 400–450 °С. Одним из способов решения задачи увеличения КПД является усложнение рабочего цикла. В данной работе для этого будет использована схема с промежуточным подогревом воздуха перед камерой сгорания. Подогрев рабочего тела после сжатия осуществляется теплотой выхлопных газов. Расчет проводится на примере двигателя НК-16СТ.

Целью работы является повышение эффективности ГТУ путем совершенствования тепловой схемы и оптимизации параметров.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) анализ параметров выбранного двигателя;
- 2) разработка математической модели для проведения комплексной оценки параметров до и после совершенствования тепловой схемы.

УДК 620.92

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ГТУ**

**Д.И. Урмантаев, А.А. Асриев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

Избыточное тепло ГТУ используется с помощью теплообменников и котлов-утилизаторов для нагрева сетевой воды для нужд города.

Газотурбинная электростанция ГТЭС-16ПА предназначена для выработки переменного трехфазного тока напряжением 6,3 кВ при автономной (на изолированную сеть) или параллельной работе с другими электростанциями. ГТЭС входит в состав теплоэлектростанции и подключается к общей энергосистеме большой мощности. Выходное устройство ГТЭС соединено с газоотводящей системой, оборудованной котлом-утилизатором.

Когенерационные установки хорошо вписываются в электрическую схему как частных, так и промышленных потребителей. Появление подобных установок позволяет разгрузить электрические сети, обеспечить стабильное качество электроэнергии и делает возможным подключение новых потребителей.

Целью данной работы является повышение эффективности когенерационной установки. Этому сопутствуют определенные резервы повышения экономичности в тепловой схеме, а точнее – в конденсатно-питательном тракте. К таким резервам относится: использование бездеаэрационной схемы, когда деаэрактор исключается и при этом экономится электроэнергия на подъем конденсата из конденсатора на отметку установки деаэрактора и экономится теплота пара, покидающего деаэрактор вместе с газами; использование двухподъемной схемы питания котла; снижение гидравлического сопротивления паропроводов отбора пара на регенеративные и сетевые подогреватели, позволяющее отбирать пар при меньшем давлении, что обеспечивает совершение большей работы в турбине; увеличение числа регенеративных подогревателей для увеличения мощности турбины при той же температуре охлаждающей воды; снижение гидравлического сопротивления тракта промежуточного перегрева. Использование пластинчатых теплообменников, является также одной из тенденций совершенствования тепловой схемы.

Все эти и некоторые другие усовершенствования позволяют снизить удельный расход тепла на турбоустановку примерно на 1,5%, а, следовательно, и повышают эффективность когенерационной установки.

УДК 621.438

## **РАСЧЕТ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД МИНИ-ТЭС С СОЛНЕЧНЫМ ПОДОГРЕВЕТЕЛЕМ ВОЗДУХА REFOS**

**Фам Данг Нят, КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

Солнечная энергия поступает на поверхность Земли независимо от наличия каких-либо устройств для ее использования и оценивается в  $1,2 \cdot 10^{17}$  Вт. На энергию Солнца приходится более 99,99% всех возобновляемых источников энергии, имеющих на Земле. Это соответствует средней доступной мощности на каждого человека в объеме 15 МВт. Для того, чтобы использовать хотя бы малую часть этой энергии, необходимо применять различные способы, в том числе использовать гибридные энергетические установки с ГТУ и солнечным воздушным приемником-нагревателем. Рассмотрим установку мощностью 11,86 МВт с приемником-нагревателем типа REFOS. Данная установка работает следующим образом: сжатый воздух от компрессора нагревается в приемнике до температуры 800 °С, подавая камеру сгорания коммерческой ртутной турбины Mars-100, модифицированной для работы под воздействием солнечной энергии. Здесь воздух

дополнительно нагревается природным газом, достигая его номинальной рабочей температуры 800 °С. Затем воздух подается к газовой турбине. Часть сжатого воздуха проходит через байпас, чтобы увеличить гибкость и условия испытаний. Установка для преобразования солнечной энергии состоит из 235 гелиостатов, каждый из которых имеет отражающую площадь 121 м<sup>2</sup>. Приемник располагается на башне высотой 65 м с углом наклона 35 ° от горизонтальной оси. Это позволяет минимизировать тепловые конвекционные потери во время увеличения оптической эффективности.

В данной работе проведен расчет эксергетического КПД гибридной ГТУ мощностью 11,86 МВт. При нагреве воздуха за счет дополнительного подвода тепла эксергетический КПД составляет 23,88%. Поскольку солнечная энергия является одним из компонентов окружающей среды, то она не учитывается в качестве затратной составляющей баланса и эксергетический КПД повышается до 32,068 %. Проведенный расчет показывает возможность повышения КПД ГТУ за счет использования солнечной энергии.

УДК 62-641

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ МАЗУТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА**

**А.С. Чурилов, Э.Ш. Мустаева**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Р. Мингалеева**

В качестве жидкого топлива для котельных и печных установок преимущественное значение имеют мазуты нефтяного происхождения. Мазут является тяжелым веществом, который входит в состав нефти и оседает на дно при переработке. Мазут обладает повышенной вязкостью и плотностью. Серьезным недостатком этого вида топлива является его температура застывания, которая составляет всего 25–30 °С. Это усложняет задачу его транспортировки и перекачки. Как вязкость, так и температура застывания существенно зависят от термической обработки мазута. Стандартным методом нагрева вещества является подогрев мазута открытым паром. Недостатком этого способа является значительное обводнение высоковязких мазутов. В свою очередь при сжигании такого топлива понижается КПД котельных установок, и возрастают отложения золы на поверхностях нагрева.

В данной работе представлены результаты экспериментов по обработке мазута в ультразвуковом реакторе. Выполнено сравнение динамической вязкости мазута при нагреве до температуры 50–60 °С и при обработке

ультразвуком. При обычном нагревании при скорости сдвига  $212 \text{ с}^{-1}$  было получено среднее значение вязкости равное  $0,82 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а при обработке ультразвуком с той же скоростью сдвига –  $0,36 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Причём, в последнем случае температура мазута увеличилась значительно быстрее, что способствует экономии времени. При сравнении кривых, описывающих результат обоих методов, было показано: в первом случае среднее значение вязкости при различных скоростях сдвига меняется от  $0,8$  до  $1,2 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а во втором случае от  $0,2$  до  $0,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Проведённый эксперимент показывает, что мазут, нагретый ультразвуком, обладает значительно меньшей вязкостью, что способствует лучшей эксплуатации оборудования при использовании данного вида топлива.

УДК 621.438

## **СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХКОНТУРНОЙ И ТРЕХКОНТУРНОЙ ПГУ С КУ**

**Д.А. Шаров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.А. Усков**

Современная энергетика в значительной мере развивается на основе парогазовых установок с котлами-утилизаторами, имеющих отдельные газовый и паровой контуры (ПГУ-КУ). Именно такие установки позволяют в промышленных условиях получить наивысшие значения КПД при производстве электроэнергии. В наши дни на лучших ПГУ-КУ КПД находится на уровне  $50\text{--}60\%$ . Диапазон мощностей, сооружаемых ПГУ-КУ весьма широк: от нескольких МВт до  $700 \text{ МВт}$ . В зависимости от мощности, местных условий, наличия конкретного оборудования существенно варьируются технологические схемы таких установок.

От паровых турбин, применяемых в паросиловых установках, турбины для ПГУ-КУ отличаются большим многообразием конструкций и типов. Данное обстоятельство обусловлено тепловой схемой КУ: наличием одного, двух, или трех, давлений, сниженными параметрами перегрева. При двух- или трехконтурной схеме КУ расход пара по ходу проточной части возрастает. Увеличение экономичности ПГУ требует более глубокого охлаждения газов. Для этого приходится переходить к схемам с двумя и даже тремя уровнями давления. Схема установки при этом, естественно, усложняется. Подавляющее большинство современных ПГУ-КУ имеют в нижней бинарной ступени два контура циркуляции и, соответственно,

два давления. Отвечающие таким схемам котлы-утилизаторы называют двухконтурными, а турбины – турбинами двух давлений. Дальнейшее совершенствование цикла ПГУ-КУ связывают в настоящее время с переходом к трехконтурным КУ и, соответственно, к турбинам трех давлений. С точки зрения экономичности три ступени в КУ лучше, чем две; промежуточный перегрев способствует повышению экономичности. Наилучшие результаты по экономичности могут быть получены при переходе к сверхкритическим параметрам пара. Это сделает целесообразным изменение сложившейся структуры цикла: место водяного экономайзера должен занять вторичный пароперегреватель.

В данной работе приведены расчеты параметров турбины без промежуточного перегрева и на сверхкритическом давлении, в результате получено, что КПД трехконтурной ПГУ выше на 3%.

УДК 621.181

## **ИССЛЕДОВАНИЯ НА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ С КОТЛОМ-УТИЛИЗАТОРОМ**

**Н.В. Шутраев, С.Ф. Заббаров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. Титов**

Парогазовая установка с котлом утилизатором (ПГУ с КУ) – наиболее перспективная и широко распространённая в энергетике парогазовая установка, отличающаяся простотой и высокой эффективностью производства электрической энергии. Эти ПГУ – единственные в мире энергетические установки, которые при работе в конденсационном режиме отпускают потребителям электроэнергию с КПД 55 – 60 %.

Парогазовые установки с котлами-утилизаторами были созданы позже парогазовых установок других типов. Их реализации предшествовало освоение высокотемпературных газовых турбин и котельных труб с устройствами для интенсификации теплообмена. К настоящему времени этот тип парогазовых установок получил наибольшее распространение.

Принципиальное отличие парогазовых установок с котлами-утилизаторами от парогазовых установок с котлами полного горения заключается в том, что котлы-утилизаторы не рассчитаны на обеспечение автономной работы паротурбинной части установки при останове газотурбинного агрегата.

Для производства тепло- и электроэнергии используют электрогенерирующие станции – парогазовые установки с котлом-утилизатором. ПГУ состоит из двух установок, в основе которых лежит разный принцип работы – газотурбинный и паросиловой. В газотурбинной установке турбину вращают газообразные продукты сгорания топлива. Проходя через газовую турбину, продукты сгорания отдают ей лишь часть своей энергии и на выходе из газотурбины все ещё имеют высокую температуру. С выхода из газотурбины продукты сгорания попадают в паросиловую установку, в котел-утилизатор, где нагревают воду и образующийся водяной пар.

В ходе работы для ПГУ были подобраны газовая и паровая турбины, котел-утилизатор, был проведен расчет котла-утилизатора.

Целью расчетных исследований является изучение методики получения математической модели ПГУ с котлом-утилизатором.

УДК 621.438

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ГТУ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ СЖАТИЯ**

**А.Е. Юрочкин, З.А. Тувакина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, проф. А.В. Титов**

Исследование схемы ГТУ с высокой степенью сжатия будет проводиться на примере двигателя LMS100 производства General Electric. Данный двигатель является первой современной газотурбинной установкой, использующей технологию промежуточного охлаждения, разработанной специально для энергетики.

Уникальная особенность LMS100 заключается в использовании промежуточного охлаждения в пределах секции сжатия воздуха в компрессоре. Промежуточное охлаждение воздуха обеспечивает существенные преимущества циклу Брайтона, уменьшая работу сжатия компрессора высокого давления, который позволяет достигнуть более высокой степени повышения давления, таким образом увеличивая эффективность цикла. Степень повышения давления в цикле равна 42. Снижение температуры во входном сечении компрессора высокого давления позволяет увеличить расход воздуха через него, что приводит к увеличению мощности газовой турбины. Промежуточное охлаждение в компрессоре также позволяет подавать более холодный воздух на охлаждение турбин, что в свою очередь дает возможность увеличить температуру перед газовой турбиной до 1380 °С и это приводит к более высокой тепловой эффективности, которая достигает около 46%.

Применение компанией GE авиационных газовых турбин с высокой степенью сжатия обеспечило необходимую базу для производства LMS100 мощностью порядка 100 МВт, с КПД в открытом цикле более 46%. Это представляет следующий этап эволюции газовых турбин с увеличением КПД практически на 10% по сравнению с другими газовыми турбинами.

В работе представлено описание ГТУ LMS100 и особенности ее работы, термодинамический цикл газовой турбины и ее параметры. Так же разработана математическая модель для проведения комплексной оценки параметров установки.



## **Секция 6. ТЕПЛОФИЗИКА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЭК**

УДК 66.02

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБОРОТНЫХ ЦИКЛАХ ТЭС**

**А.М. Ахмадуллин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. О.В. Соловьева**

Во многих промышленных процессах образуются нежелательные побочные продукты, например, водо-масляные эмульсии, для очистки которых, используются сепараторы. Гравитационно-динамический сепаратор (ГДС) – один из наиболее эффективных способов разделения неустойчивых эмульсий, образуемых двумя несмешивающимися жидкостями.

В сравнении с другими устройствами, ГДС обладает такими преимуществами как скорость и качество разделения. Он эффективно и надежно разделяет эмульсии в широком диапазоне содержания нефтепродуктов. Технический результат основан на способе разделения неустойчивых эмульсий, включающем процессы коалесценции, динамической и гравитационной сепарации с отводом фракции, обогащенной лёгкими компонентами вверх, а тяжелыми – вниз.

С целью повышения эффективности работы существующего ГДС при близких плотностях сред и на больших расходах было изменено внутреннее строение сепаратора и устройство разделения. Конструктивные изменения размера, формы и положения пластин привели к изменению гидродинамики потока, позволили повысить эффективность разделения и добиться работы оборудования на повышенных расходах. Данный тип сепаратора может быть использован в технологической схеме очистки нефтесодержащих вод, поскольку является конструктивно простым, не требует дополнительных затрат энергии и демонстрирует высокую эффективность сепарации.

УДК 66.045

## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТенок ТРУБ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А.А. Галиев  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев

В настоящее время в области теплообменных аппаратов не существует универсальных устройств для измерения теплопроводности труб, а тем более труб с загрязнениями.

Целью данной работы является разработка измерительной установки для определения степени загрязнения теплообменных труб.

Установка представляет собой трубку длиной 100 мм, закрытую с двух сторон пробкой, к одной из которых с течением времени присоединяют измерительный прибор давления. Данную трубку спускаем в кипящую воду с температурой 100 °С. На рисунке представлен график зависимости давления от изменения материала трубки.

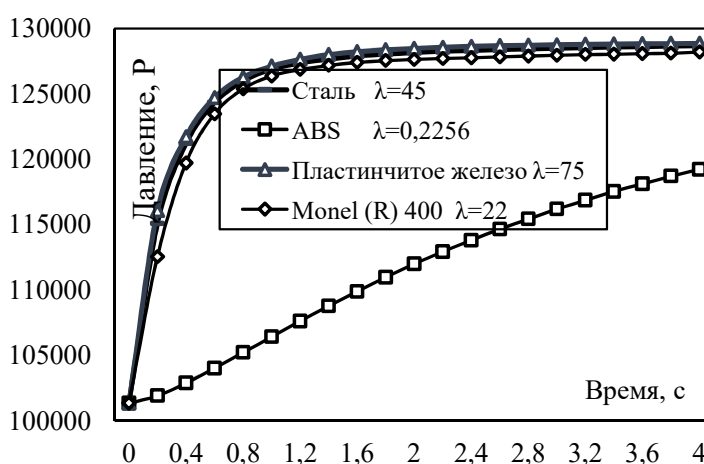


График изменения давления в зависимости от теплопроводности

Таким образом, необходимо создание дополнительного термического сопротивления для увеличения точности эксперимента тонкостенных труб.

УДК 541.62

## ОЦЕНКА ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОЛЕКУЛ ЭХ<sub>3</sub> ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОГЛОЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ

И.С. Гареева<sup>1</sup>, Т.В. Васильев<sup>1</sup>, М.Ф. Халитова<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>КГЭУ, <sup>2</sup>ГАПОУ «МЦК-КТИТС», г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, проф. Ф.Г. Халитов

В настоящее время интерес к работам в области теплообмена излучением сохраняется. Теплообмен излучением играет важную роль в современной технике и технологии. Экспериментально измеряемыми параметрами

в молекулярной спектроскопии являются частота и интенсивность излучения. Для рядов  $\text{ЭХ}_3$  между экспериментальными дипольными моментами  $\mu$  и потенциалами ионизации  $\Delta E$  наблюдаются экспоненциальные зависимости. Использование этих данных для симметричных валентных  $\nu_s$  и деформационных  $\delta_s$  колебаний полос в ИК-спектрах молекул  $\text{ЭF}_3$ ,  $\text{ЭCl}_3$  ( $\text{Э} = \text{N}, \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$ ) позволило рассчитать изменения дипольных моментов  $\Delta\mu$  в колебательно-возбужденных состояниях. Рассчитанные значения  $\Delta\mu$  позволили оценить величины абсолютных интенсивностей  $A$  полос  $\nu_s$  и  $\delta_s$  по соотношению [1]:

$$A = \frac{8\pi^3 N\nu}{3hc} \langle 0 | \Delta\mu | 1 \rangle^2.$$

Полученные данные хорошо согласуются с экспериментально измеренными величинами для полос поглощения  $\nu_s$  и  $\delta_s$  некоторых молекул  $\text{ЭХ}_3$ .

### Список литературы

1. Орвил-Томас, У. Интенсивности инфракрасных полос и полярные свойства молекул / У. Орвил-Томас, С. Сузуки, Г. Райли // Колебательная спектроскопия: Современные воззрения. Тенденции развития / под ред. Барнса А. и Орвил-Томаса У. – М.: Мир, 1981. – С. 188–228.

УДК 621.311.04

## РАЗДЕЛЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ СЕПАРАТОРАХ

Данг Суан Винь, Р.Р. Хусаинов  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук.: д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев;  
канд. физ.-мат. наук, доц. О.В. Соловьева

В настоящее время нефтедобывающая отрасль испытывает колоссальные трудности, связанные с очисткой и утилизацией пластовых вод, перед отраслью стоит задача повышения глубины промысловой подготовки нефти.

В технологических схемах для очистки воды от нефти и наоборот используются малоэффективные отстойники различного типа, гидроциклоны и нефтеловушки. Проблема решается созданием сепараторов, работающих на принципах жидкостной динамической сепарации. Особенности конструкции предлагаемого прямоугольного сепаратора приводят к разделению эмульсии за счет центробежной силы при близких плотностях сред. Предлагаемая конструкция является простой, не требует затрат энергии, а также является высокопроизводительной и высокоэффективной в сравнении с устройствами, существующими на рынке.

Внедрение технологии динамической сепарации в нефтедобычу позволит создать высокоэффективное оборудование, обеспечивающее повышение глубины промышленной подготовки нефти, снижение капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Кроме того, это позволит снять ограничения по вводу в разработку месторождений с большим водонефтяным фактором и сложными физико-химическими свойствами, а также краевых залежей и способствовать решению других аналогичных задач, связанных с повышенной или возрастающей обводненностью продукции скважин.

УДК 66.021.3/4

## РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УНОСА ЖИДКОЙ ФАЗЫ ПОТОКОМ ВОЗДУХА В СТРУЙНО-БАРБОТАЖНОМ КОНТАКТНОМ УСТРОЙСТВЕ

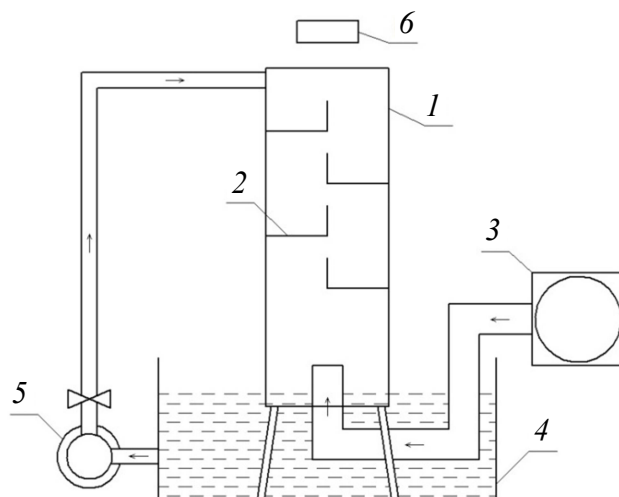
**В.А. Дмитриев**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.И. Шарипов**

Одним из недостатков существующих современных контактных устройств является унос жидкой фазы газом во время их контакта.

С этой целью, для исследования гидродинамики уноса жидкой фазы потоком воздуха в контактном устройстве, была разработана экспериментальная установка (см. рисунок).

Экспериментальная установка состоит из прямоугольного корпуса 1, контактных устройств 2 расположенных в шахматном порядке, насоса 3 предназначенного для подачи воздуха в экспериментальную установку, емкости 4 с насосом 5 предназначенного для подачи и сбора жидкости, цифрового анемометра 6 для измерения скорости потока воздуха, истекающего из экспериментальной установки.



Экспериментальная установка

УДК 662.959.22

## **РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 50 кВт**

**В.Э. Зинуров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев**

В последнее время в России все чаще используют котлы малой мощности. Они не требуют больших экономических затрат при использовании и ремонте, обладают высокой степенью авторизации технологического процесса, имеют простую конструкцию. Как правило, у большинства используемых в России котлов производителями являются зарубежные фирмы. В связи с проведением импортозамещающей политики необходима разработка новых котлов и их оборудования.

Целью настоящей работы является создание котельного оборудования с перспективными горелками. Для достижения поставленной цели было проведено компьютерное моделирование газогорелочного оборудования и предложено интенсифицировать теплоотдачу от воздуха с помощью закрученных ленточных вставок.

В связи со сложностью процесса горения, верификация проводилась в несколько этапов, на которых сравнивались данные, полученные путем аналитического и численного решения.

В докладе представлены 3D-модели элементов котлов производительностью 50 кВт и данные, полученные в ходе численного и аналитического решения.

УДК 621.314

## **ОХЛАЖДЕНИЕ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**К.А. Колесников**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев**

Одним из важных требований энергоэффективности любых предприятий является обеспечение непрерывности технологических процессов. Вследствие этого к электротехническому и к энергетическому комплексу предъявляются высокие требования надежности. Особенно актуально это для силовых масляных трансформаторов. Данные трансформаторы имеют ряд недостатков, одним из основных которых является недостаточный эффективный отвод тепла от изоляции обмоток при кратковременных

существенных перегрузках. Эта проблема указывает о необходимости разработки дополнительной системы охлаждения силовых масляных трансформаторов, которые смогу обеспечить уменьшение нагрузки и ее равномерное распределение в течение всей продолжительности работы за счет аккумуляции холода в часы, которые соответствуют минимальной тепловой нагрузке.

Целью настоящей работы является разработка дополнительной системы охлаждения масляных трансформаторов.

В данной работе представлена система дополнительного охлаждения масляных трансформаторов, которая имеет несколько режимов работы:

- 1) режим аккумуляции холода, который используется в пиковые часы работы трансформаторов;
- 2) соответствует высоким тепловым нагрузкам работы трансформатора, как правило, высоким значениям температуры окружающего воздуха.

УДК 621.4

## **РАСЧЕТ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ**

**П.В. Медведева, А.А. Чугунов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. Попкова**

При распыле топлива, капли движутся по баллистическим траекториям и постепенно испаряются. Процесс испарения топлива осуществляется при передаче собственной внутренней энергии капель и за счет теплоты, получаемой от окружающей среды. Капли, образующие факел, в множественном количестве, при испарении меняют свою температуру, а также температуру окружающих газов. Образовавшиеся пары диффундируют в окружающий газ и сносятся набегающим потоком.

Исходными данными для расчета скорости тепло- и массообмена между каплями и окружающим газом являются относительная скорость движения, температура и давление газа, теплосодержание капли и упругость насыщенных паров, зависящая от температуры топлива. Для определения скорости испарения капель необходимо решить систему дифференциальных уравнений: движения, диффузии, теплопередачи и теплового баланса.

Важным в расчете движения испаряющейся капли является то, что диаметр капли зависит от времени. Собственная температура капли рассчитывается через теплопередачу от окружающего газа с помощью уравнения теплового баланса, а скорость изменения ее диаметра зависит от диффузии паров в окружающую атмосферу. Полученную систему из четырех уравнений дифференциальных уравнений решаем совместно.

В результате расчетов получена зависимость температуры равновесного испарения капли в потоке газа от окружающих температур и давления.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТУПЕНИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕПАРАТОРА

**Нгуен Ву Линь**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. Попкова**

Для двумерной модели получены уравнения движения частиц в зависимости от времени полета капли в цилиндрических координатах при условии полного перемешивания потока воздуха:

$$\frac{dU_r}{d\tau} = \frac{U_\phi^2}{r} + \frac{3 \rho_G}{4 \rho_L} c_a \frac{|U_r|}{a} (-U_r);$$

$$\frac{dU_\gamma}{d\tau} = -\frac{U_r U_\phi}{r} + \frac{3 \rho_G}{4 \rho_L} c_a \frac{|W_\phi - U_\phi|}{a} (W_\phi - U_\phi);$$

$$\frac{dr}{d\tau} = U_r;$$

$$\frac{d\phi}{d\tau} = \frac{U_\phi}{r}.$$

В описании принимаются следующие допущения: пренебрегается радиальной скоростью газа и влиянием частиц на структуру потока газа из-за малой их концентрации, тангенциальная скорость задается зависимостью вида:

$$W_\phi = W_{\text{ср}} \left( \frac{r}{r_{\text{ср}}} \right)^n.$$

Выбираются следующие начальные условия для системы уравнений:  $U_r(0) = 0$ ,  $U_\phi(0) = 0$  и  $\phi(0) = -\pi/2$ , а начальный радиус капли выбирается исходя из геометрических размеров рабочей зоны аппарата.

Эффективность сепарации частиц определяется из предположения, что частицы, вылетающие ниже начального радиуса, улавливаются ступенью сепаратора, а остальные частицы улетают на следующую ступень. В результате расчетов получены зависимости эффективности от геометрических размеров рабочей зоны.

УДК 658.26.662

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТОПОЛЕВОЙ АКТИВАЦИИ ВОЗДУШНО-ТОПЛИВНОЙ ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ**

**А.М. Сафин, И.И. Лутфуллин, Р.В. Емельянов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.И. Капаев**

Востребованность и актуальность данной работы подтверждается тем, что по данным Международного Энергетического Агентства (МЭА) теплоэнергетические агрегаты, в том числе двигатели внутреннего сгорания автотранспорта, являются основными экологическими загрязнителями атмосферы и всей окружающей среды. По данным экологических исследований вклад теплоэнергетических агрегатов в загрязнении атмосферного воздуха составляет на сегодняшний день около 70%. А с точки зрения наносимого экологического ущерба, автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия.

В работе предложен наиболее эффективный, технически и экономически целесообразный двухэтапный способ воздействия электрического и магнитного полей на процесс формирования воздушно-топливной горючей смеси перед сжиганием ее в теплоэнергетическом агрегате.

Использование данной технологии на практике способствует более полному сжиганию топлива, что повышает экологические и энергетические показатели теплоэнергетических агрегатов, и приводит к снижению выбросов вредных продуктов сгорания.

УДК 532.5.032

## **ГИДРОДИНАМИКА ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ В ЗАЗОРАХ И ЩЕЛЕВЫХ КАНАЛАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**У.А. Соколова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. С.И. Харчук**

Зазоры энергетического оборудования обеспечивают свободное движение ротора относительно статора, а также лопаточных колес относительно корпуса в динамических машинах, таких как насосы и компрессоры. Щелевое уплотнение – это зазор между сопрягаемыми деталями, заполненный смазывающей жидкостью, которая служит для обеспечения малой силы трения при относительном перемещении уплотняемых деталей.



Важной характеристикой зазоров и щелевых уплотнений являются утечки жидкости через них при эксплуатации оборудования. При этом величина утечек зависит от гидравлического сопротивления щели, максимального значения скорости в зазоре, профилей скорости в зазоре и формы зазора.

Поэтому надо уметь прогнозировать величину расхода жидкости в зазорах и щелевых уплотнениях как с точки зрения минимизации, так и с точки зрения обеспечения потребного значения давления и расхода.

С этой целью в работе выполнено численное моделирование ламинарного установившегося течения несжимаемой жидкости в щелевых каналах и зазорах с помощью гидродинамического лицензионного отечественного пакета программ FlowVision компании «ТЕСИС».

Рассмотрено течение в плоских щелях, в кольцевых осесимметричных зазорах с эксцентриситетом и без такового, а также в лабиринтных уплотнениях с кольцевыми выступами.

Проведенный анализ полученных результатов показал хорошее соответствие численных значений известным экспериментальным данным.

УДК 622.276.054.23

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ЛИНЕЙНЫМ ПЭД ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ ИЗ МАЛОДЕБИТНЫХ СКВАЖИН**

**В.Г. Тимошенко, М.Н. Никитин**

**РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Н. Ивановский**

Современное состояние развития нефтегазового комплекса России характеризуется не только высокими темпами добычи нефти, но и ростом фонда малодебитных скважин. Основными способами механизированной добычи таких скважин являются СШНУ и УЭЦН. Однако данные насосные системы имеют ряд недостатков, которые побудили к поиску альтернативных способов добычи. Одним из таких направлений является применение насосных установок возвратно-поступательного действия с погружным электродвигателем.

Перспективным направлением в данной области является система, состоящая из поршневого насоса с линейным вентильным погружным электродвигателем (ЛПЭД). Опыт эксплуатации погружных линейных вентильных электродвигателей в составе установок плунжерных скважинных

насосов в КНР и Канаде показал, что применение представленной системы позволит производить отбор нефти из стареющих месторождений и соответственно повысить коэффициент извлечения нефти, благодаря широкому диапазону регулировки подачи насосной установки.

В результате анализа работы этой системы был выявлен ряд существенных недостатков: низкая энергоэффективность и надежность, использование «водозаполненных» ЛПЭД.

Для устранения недостатков была поставлена задача разработать такие основные узлы установки, как поршневой насос двустороннего действия и уплотнительный узел (гидрозащита) маслозаполненного ЛПЭД.

Результатом работы является разработанная схема описанной принципиально новой энергоэффективной установки 3D модели насоса и гидрозащиты, а также комплект конструкторской документации. Создан испытательный стенд и макетные образцы, с помощью которых будут проведены планируемые испытания.

УДК 622.276.5

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАМЕРНОЙ СТРУЙНОЙ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ**

**Х.А. Туманян**

**РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.А. Сазонов**

В области добычи нефти и газа, к числу актуальных задач относится задача по созданию эффективного оборудования и технологий для перекачки газожидкостных смесей. Весьма перспективным видится направление работ по использованию струйной техники, позволяющей осуществлять перекачку маловязких и высоковязких многофазных сред при высоком содержании механических примесей.

Объектом исследования является лабораторный образец двухкамерной струйной насосно-компрессорной установки.

Известны струйные насосные установки, содержащие струйный насос и многоступенчатый центробежный насос, при этом многоступенчатый центробежный насос оснащен двумя выходными каналами. Центробежные насосы с двумя выходными каналами позволяют повысить эффективность рабочего процесса, и практический интерес к таким гидравлическим машинам не ослабевает уже десятки лет.

В работе используются следующие методы исследований: экспериментальный метод с проведением стендовых испытаний и аналитический метод с использованием математических моделей в теории струйных и лопастных насосов.

В ходе исследовательских работ создана лабораторная стендовая установка для проведения стендовых испытаний моделей двухпоточного насоса для проверки работоспособности и сбора данных для создания универсальной математической модели. Результаты проведенных экспериментов, указывают на уникальность характеристик такого насоса. При испытаниях у насоса были выявлены некоторые особенности его характеристик, так на переменных режимах работы при росте давления наблюдается рост подачи насоса. Кроме того, установлено, что у двухпоточного насоса диапазон регулирования значительно расширяется.

В рамках представленных исследований впервые разработана расчетная программа «Двухпоточный центробежный насос.xls», которая позволяет произвести оперативный пересчет режима работы насосного оборудования в условиях изменения гидродинамических параметров насосной установки.

УДК 662.613

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА**

**А.И. Файзуллина**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. Попкова**

Для различных теплотехнических установок продукты сгорания оказывают определяющее влияние на энергетические и экономические показатели. Однако помимо этих продуктов при сгорании образуется и ряд других веществ, которые вследствие их малого количества не учитываются в энергетических расчетах, но определяют экологические показатели топок, печей, тепловых двигателей и других устройств современной теплотехники.

Выделяемые при горении токсичные газы – экологически вредные продукты сгорания. Основными токсичными веществами являются оксиды азота NO, оксид углерода CO, различные углеводороды CH, сажа и соединения, содержащие свинец и серу.

Горение промышленных видов топлива происходит за счет химических реакций окисления их горючей части кислородом воздуха. Задача расчета горения топлива состоит из следующих этапов:

- 1) определение расхода воздуха на горение топлива;
- 2) определение количество и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива;
- 3) определение температуры дымовых газов.

Далее при расчете горения топлива определяют количество и состав дымовых газов, образующихся в результате этого процесса. Они получаются из стехиометрических соотношений реакций взаимодействия горючих составных частей топлива с кислородом воздуха с учетом закона равенства массы реагирующих веществ и продуктов реакции. В составе и количестве дымовых газов, естественно, учитывается (к продуктам реакции плюсятся) избыточный кислород, весь азот и влага, вовлеченная с воздухом.

Третьим этапом расчета горения является определение температуры горения топлива и требуемого избытка воздуха.

Проведен расчет горения малосернистого мазута, сжигаемого в выносной топке.

Исходные данные: состав мазута по справочным данным на рабочую массу (%):  $C^P=85,3$ ;  $H^P=10,2$ ;  $N^P=0,3$ ;  $O^P=0,4$ ;  $S^P=0,5$ ;  $W^P=3$ ;  $A^P=0,3$ ;

В результате расчетов получено влагосодержание 40,6, энтальпия дымовых газов 1445,3 кДж на 1 кг и коэффициент избытка воздуха на горение топлива 2,3.

УДК 662.613

## **РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПЫЛА ФАКЕЛА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ**

**М.А. Хайрутдинов  
КГЭУ, Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. Попкова**

Основным видом топлива для тепловых двигателей, применяемых на транспорте, являются различные сорта жидких топлив – бензина, керосина, солярки, сжиженный природный газ, жидкие или сжиженные ракетные топливные компоненты. В зону сжигания (горения) жидкое топливо обычно подается в распыленном на капли виде и с нужными концентрациями распределяется в огневом пространстве. Это обеспечивает равномерное и быстрое его испарение, образование горючей смеси с благоприятными для горения свойствами, а также быстрое и качественное последующее ее сгорание.

При выполнении расчетов процессов смесеобразования и горения для начального сечения зоны горения в числе исходных данных по факелу распыла задаются: общий расход топлива; начальные диаметры капель, число их фракций по диаметрам, минимальный и максимальный диаметры капель в факеле распыла, количество капель в каждой выделенной размерной фракции (распределение капель по диаметрам); значения составляющих скоростей капель для каждой размерной фракции и распределение капель по скоростям; значения составляющих скоростей движения воздуха и их распределение в сечении, например, на входе в диффузор камеры сгорания или на входе в каналы воздушного завихрителя.

Расчет проводится для рабочего процесса в камере сгорания, в том числе траекторий движения испаряющихся капель. В результате расчета становятся известными траектории движения капель для каждой их размерной фракции, поля распределения испаренного топлива и массы жидкого топлива, которая содержится в недоиспарившихся каплях. Результаты расчетов могут сопоставляться с экспериментальными данными и данными других расчетных методов.

УДК 66.02

## **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АППАРАТАХ СО СТРУЙНО-ПЛЕНОЧНЫМИ КОНТАКТНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ**

**А.И. Хафизова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев**

Вода в промышленности и энергетике широко используется для охлаждения самых разнообразных веществ и узлов установок. Различают две схемы производственного водоснабжения: прямоточное и обратное. Наиболее эффективным является применение обратного водоснабжения, которое существенно уменьшает расход природной воды и тепловое загрязнение окружающей воды. Обратное водоснабжение применяется в системах охлаждения промышленных и энергетических предприятий, которые потребляют охлаждающую воду для технологических целей.

Для снижения температуры обратной воды все большее применение находят градирни. На сегодняшний день используется большое множество типов градирен, но наиболее эффективными являются испарительные градирни вентиляторного типа.

Охлаждение оборотной воды достаточно эффективно осуществляется в вентиляторных градирнях при условии установки струйно-пленочного устройства, которое интенсифицирует тепло- и массообменные процессы в аппарате благодаря равномерному распределению жидкости по всей рабочей зоне. Большую роль в эффективности работы вентиляторной градирни выполняют оросители. Существует огромное множество разновидностей насадок, из которых состоит ороситель, и именно их усовершенствование обеспечивает высокую степень тепломассообмена в воздушно-жидкостном потоке.

С целью повышения эффективности массообменных процессов были разработаны и созданы перегородки, являющиеся частью насадки, с интенсификаторами в виде лепестков. Лепестки на перегородке выбиты под углом  $45^\circ$  и располагаются в шахматном порядке.

По разработанным перегородкам жидкость ударяется о лепестки и растекается по пластине, образуя пленку. Выявлено, что с увеличением скорости истекания жидкости увеличивается площадь поверхности заполняемой жидкостью.

Результатом является увеличение пропускной способности аппаратов для проведения тепломассообменных процессов в системе газ-жидкость.

УДК 66.02

## **ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В СТРУЙНО-ПЛЕНОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

**А.И. Хафизова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.В. Дмитриев**

Многие отрасли техники связаны в той или иной степени с необходимостью перемещения жидкостей или газов по трубам, каналам и различным аппаратам. И часто сеть, по которой перемещается жидкость или газ, представляет собой единый агрегат.

В данной работе рассмотрено перемещение газа в струйно-пленочных контактных устройствах. Устройство представляет собой тарелки с отверстиями в днище, расположенные в шахматном порядке, которые соединены между собой перегородками. Восходящий поток газа постоянно контактирует с пленкой и падающими струями или каплями жидкости. Газ в устройстве перемещается по зигзагообразной траектории.

Были рассмотрены элемент конструкции струйно-пленочного устройства и оценены его местные гидравлические сопротивления. Местные сопротивления вызывают изменение величины или направления скорости движения жидкости на отдельных участках конструкции, что связано с появлением дополнительных потерь напора. При наличии местного сопротивления движение потока неравномерно.

Контактное устройство было рассмотрено как три разных случая: как совокупность сужения-расширения, как совокупность поворотов на  $180^\circ$  и как совокупность диафрагм. Были проведены расчеты по всем трем случаям и получены графические результаты. Так же в программном пакете было смоделировано движение газа через конструкцию и получено местное сопротивление. Далее все результаты сравнили и пришли к выводу, что наиболее приближенной моделью к конструкции является представление конструкции в виде совокупности диафрагм.

УДК 621.311.04

## **ВЛИЯНИЕ СГЛАЖИВАНИЯ ГРАНЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЫСОКОПОРИСТОЙ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ НА РАСЧЕТ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ**

**Р.Р. Хусаинов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. О.В. Соловьева**

В последние годы в международном научном сообществе появился значительный интерес к изучению высокопористых ячеистых материалов. Металлические, керамические и полиуритановые пористые материалы становятся основой для проведения множества тепло и массообменных процессов тогда, когда необходима развитая площадь поверхности и низкий коэффициент аэродинамического сопротивления даже при больших скоростях потока.

Целью настоящей работы является определения влияния сглаживания в высокопористой ячеистой структуре на сопротивление среды. В качестве характеристики сопротивления среды рассмотрен перепад давления для заданного расхода газа. Геометрическая модель высокопористой ячеистой структуры создавалась упорядоченным набором пересекающихся сфер. Предложенная модель достаточно близко описывает реальную пористую ячеистую структуру. На основе простой модели проведен расчет гидродинамики течения – определен перепад давления, значение которого сравнивалось

с экспериментальными данными других авторов. Обнаружено, что пористая структура со сглаженными гранями обеспечивает наименьший перепад давления при той же пористости упаковки. Анализ расчетных данных показал, что аппроксимация элементарной пористой ячейки существенно искажает поле течения и является нежелательным в детальном моделировании высокопористой ячеистой структуры.

УДК 536.243

## **МЕТОД РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА ПЕРВОГО РОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОГРАНИЧЕННОГО ОБЪЕМА ЖИДКОСТИ**

**М.Ю. Шалина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.Д. Якимов**

Рассматривается вариант метода регулярного режима, который позволяет использовать ограниченный теплоизолированный объём среды, вследствие чего её температура в ходе процесса будет меняться из-за обмена теплотой с образцом.

Использование ограниченного объёма жидкости без термостатирования упрощает моделирование, позволяет использовать более компактную установку, а в определённых условиях повысить точность.

Тестирование решения проводилось путём численного моделирования процесса. Был разработан алгоритм построения аналитических решений – классического решения задачи об охлаждении шара в виде ряда и решения для регулярного режима охлаждения в среде с меняющейся температурой.

Для изучения процесса была создана численная модель на основе метода конечных разностей по явной схеме. Была проведена проверка работоспособности численной модели путём сопоставления результатов расчётов с аналитическим решением, для классического случая, с постоянной температурой среды, где результаты совпали с точностью выше 0,01%.

Таким образом, проведённое тестирование на численной модели показало, что такой регулярный режим действительно осуществляется и имеет характеристики, пригодные для эффективного проведения экспериментов.



**Секция 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

УДК 574.4/.5

**ИЗУЧЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДОВ ПИТОМНИКА  
«БИОСФЕРА» В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН****В.В. Бабилова, М.Ф. Хамитова  
КГЭУ, г. Казань****Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Ф.Ф. Бариева**

Исследования фитопланктона проводились в двух искусственных прудах питомника «Биосфера» в июне 2017 года на шести станциях. Подпитка водоемов производится за счет грунтовых вод, средняя глубина первого водоема составляет 1,8 м, максимальная – 3,4 м, второго – 1,45 м и 1,9 м соответственно.

Первый водоем заселен карповыми видами рыб, в том числе растительноядными (белый и пестрый толстолобики, белый амур), плотность посадки на момент исследования около 2 т/га. Во второй в начале сезона были выпущены сеголетки карпа, плотность посадки рыбы в период отбора проб около 120 кг/га.

Температура в июне варьировала от в прибрежной части – от 24,7 до 26,6 °С, в центральной части – от 24,7 до 27,4 °С. Прозрачность воды в первом пруде составляла в среднем – 0,42 м, во втором – 0,53 м.

Сбор и обработка проб фитопланктона проведены по общепринятым гидробиологическим методикам (Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975).

В пробах фитопланктона первого пруда было определено семнадцать таксонов водорослей рангом ниже рода из пяти отделов. По числу видов преобладали зеленые – семь таксонов (41% от общего числа видов) и эвгленовые – пять видов (29%). На сине-зеленые водоросли приходилось два вида (12%), диатомовые – один вид (6%), и золотистые – по два вида (12%). Во втором водоеме было определено двадцать два таксонов водорослей рангом ниже рода из пяти отделов. По числу видов также преобладали зеленые водоросли (одиннадцать таксонов или 50% от общего числа видов), из эвгленовых встречалось – шесть видов (27%), из сине-зеленые и диатомовых по два вида (9%), и из золотистых водорослей – один вид (5%).

Численность фитопланктона в первом водоеме изменялась от 1679 т.кл./л в центральной части водоема до 5406 т.кл./л в прибрежной части, во втором водоеме – от 1208 т.кл./л до 5086 т.кл./л. Общая биомасса в первом водоеме колебалась от 1,1 мг/л до 8,5 мг/л, во втором водоеме – от 9,8 мг/л до 14,2 мг/л. По численности среди видов в исследованных водоемах доминировали сине-зеленые, а по биомассе эвгленовые водоросли.

УДК 574.4/.5

## ОСОБЕННОСТИ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОЕМА ПАРКОВОЙ ЗОНЫ «ОЗЕРО ХАРОВОЕ» В Г. КАЗАНИ

Р.З. Гатауллина  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преп. М.Ф. Хамитова

Малые водоемы, расположенные на территории крупных городов, испытывают на себе значительное антропогенное воздействие. С этих позиций, особый интерес предоставляет изучение гидробиоценоза водоема в экопарке «Озеро Харовое».

Экопарк «Озеро Харовое» располагается в Кировском районе г. Казани. Материалом для данной работы послужили пробы гидробионтов, отобранные в течении вегетационного сезона 2016 г. (с апреля по сентябрь). Обследование проводилось на 9 станциях: 6 станций – в прибрежной зоне на глубине 0,3–1,5 м, 4 станции – в центральной части водоема на глубине 2,5–5,2 м.

Значительная часть дна водоема в течении года покрыта высшей водной растительностью, преимущественно роголистниками. Грунты в прибрежной части водоема представлены плотным илом с примесью песка, в центральной части – черными илами с запахом сероводорода.

В результате проведенного исследования в структуре макрозообентоса были встречены 50 видов и форм зообентонтов: 10 – моллюсков, 23 – личинок хирономид и 17 прочих видов и форм, среди которых – водяные ослики, клещи, клопы-гребляки, личинки стрекоз, поденок, львинок и ручейников. Основная масса встреченных видов приходилась на литоральную зону с глубиной не более 1 м – в прибрежной части водоема было встречено 41 вид и форма зообентонтов, в центральной на глубинах более 1,5 м – 9.

В прибрежной части водоема основу видового разнообразия составляли личинки хирономид, из которых чаще всего встречались *Psectrocladius* гр. *psilopterus* (Kieffer, 1906), *Chironomus* гр. *plumosus* (Linne, 1758), *Endochironomus albipennis* (Meigen, 1830), *Glyptotendipes* гр. *gripekoveni* (Kieffer, 1913).

В центральной части водоема на глубинах более 1,5 м преобладали моллюски, из которых чаще всего встречались – *Bithyniidae tentaculata* (Linne, 1758), *Planorbis planorbis* (Linne 1758).

УДК 639.3

## **ОСОБЕННОСТИ РОСТА СТАЛЬНОГОЛОВОГО ЛОСОСЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ**

**Д.С. Дементьев, Ф.А. Исмагилов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. Калайда**

Форель – реофильная, требовательная к температуре, содержанию растворенного в воде кислорода и количеству взвешенных веществ, рыба. Согласно литературным данным, оптимальная температура для развития и роста составляет 14–18 °С, а максимальные значения температуры не должны превышать 20 °С, рН среды должна колебаться в пределах значений 7-8, а содержание растворенного в воде кислорода составлять не менее 9 мг/л.

Стальноголовый лосось как порода радужной форели в 1993 году внесен в Государственный реестр РФ селекционных достижений, допущенных к использованию. Он имеет собственные морфологические отличия: больше жаберных лучей, короче грудные, брюшные и хвостовые плавники, короче и ниже голова, более сжатое с боков тело, чем у форели. Окраска спины имеет металлический темно-голубой отлив, благодаря которому рыба и получила свое название, бока серебристые, на теле пятна, радужная полоса видна только в период половой зрелости.

В рыболовной установке на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» в течение десяти недель проходило выращивание мальков стальноголового лосося. Мальки поступили в рыболовную установку со средней штучной массой 2,37 г. На протяжении десяти недель осуществлялось экспериментальное кормление мальков. Условия при выращивании рыб: температура воды колебалась от 21,6 до 26,2 °С, рН – от 4,8 до 6,2, содержание кислорода – от 4,9 мг/л до 7,8 мг/л. Проводился контроль выживаемости, роста, биологических характеристик, включая состав тела.

Молодь показала хорошие результаты по темпам роста. За десять недель выращивания, средняя масса увеличилась с 2,37 до 23,28 г, что соответствует среднесуточному приросту 14,03%.

УДК 539.3

## **ДИНАМИКА АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-1 ВО ВРЕМЕННОМ АСПЕКТЕ**

**Р.В. Занозеев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. биол. наук, доц. М.Э. Гордеева**

В настоящее время водные системы являются не только источниками воды для людей и животных, но и объектами многоцелевого промышленного или/и сельскохозяйственного использования. Особое внимание заслуживают водоемы, располагающиеся в черте городов-миллионников, которые испытывают повышенное антропогенное воздействие. В г. Казань, являющимся городом-миллионником, располагается система озер Кабан, издавна (с 1902 года) привлекающая внимания исследователей. Особый интерес – озеро Средний Кабан, являющееся с 1931 года водоемом-охладителем Казанской ТЭЦ-1.

Общая площадь акватории озера Средний Кабан с учетом сбросного канала Казанской ТЭЦ-1 составляет 131,8 га. С момента использования озера в качестве водоема-охладителя 23% ее акватории не покрывается ледовым покровом в зимний период времени, что раскрывает возможности использования водоема, например, в целях аквакультуры. Длина сбросного канала и объекта нашего детального исследования 760 метров. С 1931 и 2011 года подогретые сбросные воды проходили охлаждение непосредственно на территории ТЭЦ и далее по сбросному каналу и поступали в озеро Средний Кабан. По данным 2010–2011 годов за полную длину сбросного канала вода охлаждалась на 3,5 °С. В марте 2011 года для уменьшения теплового воздействия подогретых вод ТЭЦ на водоем была построена плотина, ограждающая сбросной канал от озера. Циркуляция в озере сохранилась по средствам труб, проходящих под плотиной. По данным осеннего периода 2011 года вода начала охлаждаться на 2,9 °С. По данным 2017 года температура за период сбросного канала спускалась в среднем на 1 °С.

Таким образом, современное моделирование воздействия теплых вод ТЭЦ-1 на водоем-охладитель, а также сравнение с предыдущими данными позволит выбрать рациональный путь использования водной системы.

УДК 658.382.3:006.354

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЫБ ДАНИО-РЕРИО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДОБАВОК К КОРМАМ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ**

**И.И. Идрисова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. хим. наук, доц. А.А. Лапин**

Одним из основных источников пищи для человека являются водные биологические ресурсы. Сокращение их вылова на фоне постоянного увеличения спроса делает искусственное выращивание гидробионтов стратегически важным направлением агропромышленного комплекса нашей страны. Не смотря на широкий ассортимент на ветеринарном рынке белковых, витаминных и пробиотических добавок зарубежного производства, имеющих высокую стоимость и узкий спектр эффективности, остается актуальной разработка комплексных функциональных кормовых добавок с использованием различных природных и синтетических веществ.

Широкомасштабное развитие аквакультуры в настоящее время невозможно без применения полнорационных комбикормов, сбалансированность и высокое качество которых определяются в основном качеством составляющих их компонентов. В соответствии с программой «Развитие товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) в Российской Федерации на 2015–2020 гг.» предполагается увеличение доли рыбной продукции до 315 тыс. тонн, поэтому через несколько лет в несколько раз увеличится потребность в качественных кормовых добавках.

На сегодняшний день весьма актуален поиск термостабильных химических препаратов аскорбиновой кислоты, комплексных экстрактов натуральных каратиноидов, вкусовых веществ и ароматизаторов с репеллентными, индифферентными и аттрактивными свойствами.

Целью данной работы является исследование возможности использования рыб Данио-рерио (*Danio rerio*) для исследования токсичности и биологической активности добавок к кормам для гидробионтов.

Основываясь на анализ научной литературы лучше всего использовать для этих целей ГОСТ 33774-2016, модификация OECD, Test No 236:2013, (Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test, Mod). В методе используются эмбрионы рыб Данио рерио (*Danio rerio*), которые развиваются быстро, и проходят стадии от яйца до личинки за три дня, они крупные, выносливые, крепкие, прозрачные, что облегчает манипуляции с ними и наблюдение.

## ОЧИСТКА АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

**К.И. Кабирова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ст. преп. Е.В. Серазеева**

В настоящее время одной из актуальных проблем является очистка сточных вод от соединений азота. В городских сточных водах количество соединений азота составляет около 30–60 мг/л, в некоторых промышленных сточных водах их концентрация может превышать 1000 мг/л. В них могут находиться трудноокисляемые органические и неорганические, токсичные для микроорганизмов азотсодержащие соединения. Присутствие соединений азота в сточных водах вызывает в водоемах массовое развитие планктона, водорослей, появление привкусов и запахов воды, нарушение кислородного режима и нормальной жизнедеятельности гидробионтов, создает дополнительные трудности при очистке воды водоемов, используемой для хозяйственно-питьевых и производственных целей.

Присутствие аммиака в водоеме оказывает сильное токсичное влияние на рыб, наличие нитритов в питьевой воде вызывает онкологические заболевания.

Для очистки сточных вод от азота используют такие методы как:

- физико-химические (отдувка аммиака, ионный обмен, адсорбция активным углем с предварительным хлорированием, электролиз, обратный осмос, электродиализ, дистилляция, экстракция);
- химические (озонирование, восстановление);
- биологические (нитрификация и денитрификация) методы. Отдувка аммиака, ионный обмен, нитри- и денитрификация применяются в практике локальной очистки и доочистки сточных вод, остальные методы используются в широком диапазоне концентраций азота.

Наиболее эффективным методом очистки азотсодержащих стоков является ионный обмен. При применении ионообменных фильтров, заполненных селективными смолами, удаление аммонийного азота составляет 90%.

Для правильного выбора метода очистки необходимо знать формы соединений азота (аммонийный, общий, нитратный, нитритный) и их количество.

УДК 636.085.3

## **ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**А.А. Калайда  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. хим. наук, доц. А.А. Лапин**

В современных условиях актуальным является разработка научных и практических аспектов повышения эффективности кормления осетровых рыб и создание рецептов кормов на основе нетрадиционных видов сырья и биологически активных препаратов с целью снижения стоимости кормов и повышения их питательной ценности.

Большая часть специализированных заводов по производству кормов для ценных пород рыб сосредоточена на западе России – в Ленинградской и Московской областях, кроме отечественных производителей, на территории России открыт ряд заводов иностранных производителей. География кормопроизводства обусловлена не только спросом на продукцию, но и доступностью качественных ингредиентов, значительная часть которых ввозится из-за границы. В состав кормов для осетровых рыб входят: рыбная, кровяная, мясокостная, водорослевая, пшеничная мука, соевый шрот, рыбий жир, растительные масла, кормовые дрожжи, кукурузный глютен; а также разнообразные кормовые добавки и премиксы: хлорелла, цеолит, кукурузные зародыши, пробиотические препараты.

Цель работы – повышение эффективности выращивания осетровых рыб при использовании биологически активных препаратов и нетрадиционные виды кормового сырья для разработки современных, эффективных способов выращивания осетровых рыб в хозяйствах различного типа с применением сухих гранулированных комбикормов.

Нами был проведен поиск и анализ информации об основных производителях кормов для осетровых рыб на территории страны и их продукции, в 2015 г производство кормов для аквакультуры в стране составило около 110 тыс. т. в год, при потреблении более 200 тыс. т.

Современные корма для осетровых рыб производят методом экструдирования, данная технология позволяет уменьшить время термического воздействия на сырье до 30 секунд, выполняя при этом измельчение, перемешивание, варку, стерилизацию и формовку сырья в гранулированный корм, она улучшает кормовые коэффициенты и водостойкость по сравнению с технологией сухого прессования.

УДК 639.3

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ИНКУБАЦИОННЫХ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА В КОРМАХ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ**

**А.Р. Нигаматзянова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. биол. наук, доц. М.Э. Гордеева**

Аквакультура является одной из наиболее перспективных производственных отраслей сельского хозяйства Республики Татарстан, являющейся основой функционирования и развития продовольственного сектора промышленности и сельского хозяйства республики. Концепция развития аквакультуры отвечает ключевым документам федерального уровня в области воспроизводства водных биологических ресурсов, постановления Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 314 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса». В рамках развития концепции развития аквакультуры планируется развитие кормопроизводства для рыб, которое в настоящее время в республике отсутствует. В связи с этим актуальность исследуемой темы не вызывает сомнения.

С другой стороны, развитое в Республике Татарстан птицеводство поставляет значительное количество отходов, которые могут вторично перерабатываться в полезное сырье. Среди таких отходов – отходы перьевого сырья, инкубационные отходы. Их использование в кормопроизводстве рыб позволит заменить дорогостоящее сырье (рыбную муку) на более дешевое. Это направление производства соответствует не только развитию аквабиотехнологий в РТ, но и соответствует постановлениям Кабинета Министров РТ от 03.09.2007 г. №438 и от 15.11.2007 г. №638 в РТ. По данным Минсельхозпрода РТ, за 2015 год в РТ образовано 5599,122 тыс. т животноводческих отходов. По состоянию на 01.01.2016 г. на территории РТ располагается 1014 навозохранилищ общей вместимостью более 3 миллионов тонн в год. Данные отходы должны рассматриваться как ценное потенциальное сырье.

Возможность использования инкубационных отходов с частичной или полной заменой дорогостоящего сырья, рыбной муки с дефицитом по РТ 100 000 тонн год, решает задачи ресурсосбережения комплексным путем.



УДК 639.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА РЫБ КАК ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

**М.Ф. Хамитова, Р.А. Цыганов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. Калайда**

Исследование проводилось на базе экспериментальной установки с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура».

Установка состоит из двух емкостей объемом 1000 л и четырех экспериментальных лотков объемом 75 л. Очистка осуществляется с помощью трех емкостей, наполненных последовательно: мелкоячеистой фильтрующей загрузкой (выполняющей роль механической фильтрации); тонущей загрузкой из ПВХ; плавающей гофрированной загрузкой (биологическая фильтрация). Затем вода подается в УФ-стерилизатор, работающий круглосуточно. Ток воды обеспечивается двумя погружными насосами общей производительностью 240 л/час. В рыбоводных емкостях объемом 1000 л обеспечивается водооборот со скоростью 0,2 раза в час, в экспериментальных лотках не менее 0,5 раза в час.

В качестве исследуемых рыб использовались сеголетки декоративного карася *Carassius auratus auratus* (Linnaeus, 1758), в начале эксперимента масса молоди варьировала от 0,8 г до 6,9 г.

За период экспериментального выращивания рыб в лотках плотность посадки изменилась с 0,36 до 0,67 кг/м<sup>3</sup>. Температура варьировала в течение суток от 23,5 до 24,5 °С, содержание растворенного кислорода – от 4,46 до 6,54 мгО<sub>2</sub>/л, рН – от 4,8 до 6,8, окислительно-восстановительный потенциал – от – 43,5 мВ до +85,7 мВ.

Для оценки эффективности использования кормовых добавок важно знание скорости роста на базе основных кормов, в качестве основных кормов в эксперименте использовалась кормовая смесь собственного производства, перед использованием высушенная при температуре не более 80 °С и измельченная. Расчетные концентрации белков в сухой смеси составили 33%, жиров – 3,2%, клетчатки – 0,24%, углеводов – 18,5%.

Результаты использования основных кормов показали прирост рыбы за десять суток в среднем на 85%, кормовой коэффициент корма составил 2,7.

## **Секция 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

УДК 621.315.2

### **ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

**А.В. Апакова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Плотников**

Успешное функционирование современного здания, как общественного, развлекательного, торгового, так и административного, зависит от согласованной работы множества взаимосвязанных систем, обеспечивающих эффективное использование энергии, комфорт окружающей среды, безопасность, противопожарную защиту и качественную связь. Этот комплекс систем сегодня принято называть термином «интеллектуальное здание» или интеллектуальные системы управления зданием.

Рассматриваются этапы проектирования структурированной кабельной системы в административном здании предприятия на основе протокола ВАСnet, главная цель которого – стандартизировать взаимодействие между устройствами систем автоматизации зданий от различных производителей, позволяя вести обмен информацией и совместную работу оборудования. Благодаря такому подходу к инфраструктуре здания, особенно на стадии разработки СКС, возможно создание интегрированной системы, полностью прозрачной для пользователей и не зависящей от используемых приложений.

Протокол ВАСnet, соответствует принятым международным стандартам (ANSI/TIA/EIA-568-A, ISO/IEC11801 и ISO 16484-5) и обеспечивает передачу всех видов информации (данные, голос, видео и т.д.) с учетом перспектив развития современных информационных технологий.

ВАСnet составляет хорошую основу для всех систем управления зданием. Стандарт постоянно расширяется, охватывая все новые сферы применения. Работа над расширением применения ВАСnet в область систем безопасности направлена на создание гибких и надежных систем, способных обмениваться данными между собой. Безопасность и комфорт идут рука об руку, но, только когда климатическое оборудование, видеонаблюдение, контроль доступа, охранная и пожарная сигнализация будут общаться между собой на одном языке, может быть, достигнут высочайший уровень безопасности и комфорта.

УДК 621.65.03:621.31

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫМ ПРИВОДОМ НАСОСА

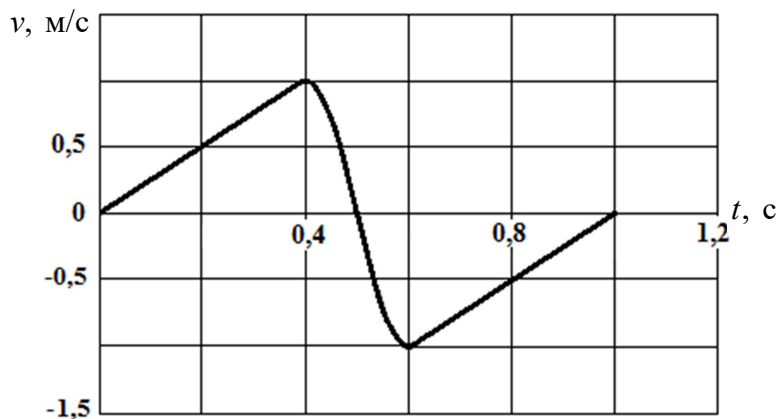
**А.И. Баянов, Ш.Т. Мухамедзянов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов;**  
**канд. техн. наук, доц. Н.В. Богданова**

Целью данной работы является разработка алгоритма управления частотным приводом насоса для повышения энергетической эффективности транспортировки жидкостей.

Важнейшей областью исследований является поиск технических решений, при помощи которых можно сократить энергетические затраты при перемещении жидкостей и газов по трубопроводам. Эта проблема всегда будет актуальной, так как протяженность трубопроводов в Российской Федерации составляет не одну сотню тысяч километров.

Для интенсификации процесса транспортирования жидкости и экономии электрической энергии в данной работе предложен алгоритм управления частотным приводом насоса, при котором скорость жидкости меняется по закону, представленному на рисунке. Для создания колебаний скорости жидкости затраты энергии невелики. Основная задача, требующая решения, состоит в сокращении энергозатрат на преодоление трения при течении жидкостей по трубопроводам.



Изменение скорости жидкости

Коэффициент трения уменьшается при замедлении течения жидкости по трубопроводу. При гармонических колебаниях фазы замедления и ускорения потока одинаковы во времени, при негармонических фазу замедления можно увеличивать, уменьшая коэффициент трения, а, следовательно, сократить потери давления на трение.

УДК 681.5

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ**

**К.Б. Бердикожоев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. Н.В. Богданова;  
ст. преп. Г.М. Сафиуллина**

Автоматизация в настоящее время имеет связь со многими областями техники и со всеми отраслями современной промышленности. В тоже время автоматизация имеет много проблем.

Одной из них является качество регулирования процессов.

Под усовершенствованием качества процесса регулирования, кроме повышения точности в стандартных системах, подразумевается модифицирование динамических параметров системы регулирования с целью получения нужного запаса устойчивости и быстродействия.

При постановке проблемы увеличения запаса устойчивости для проектируемой системы в первую очередь нужно попробовать оптимальным способом поменять её параметры (коэффициенты передачи звеньев, постоянные времени и т.д.) таким образом, чтобы удовлетворить условиям качества. При невозможности разрешить эту проблему в рамках уже существующей системы приходится вносить изменения в её структуру. Для решения данной задачи в систему вводятся корректирующие звенья.

Понятие «корректирующее звено» считается наиболее обширным и применяется для звеньев, включаемых в систему для изменения постоянных и динамических качеств с разными целями.

Приобретение необходимого быстродействия как правило осуществляется с помощью подбора определенных компонентов цепи регулирования (исполнительных органов, усилителей, серводвигателей и т.п.). Но допустимо усовершенствование быстродействия системы и с помощью применения корректирующих средств.

Корректирующее звено может быть установлено в систему регулирования разными методами. В свойстве исправляющих приборов как правило используют отрицательные обратные связи, так как они дают существенно наилучший результат, когда под действием внешних условий (время, температура и т.п.) изменяется показатель усиления той или иной части цепи.

УДК 621.3.035

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ

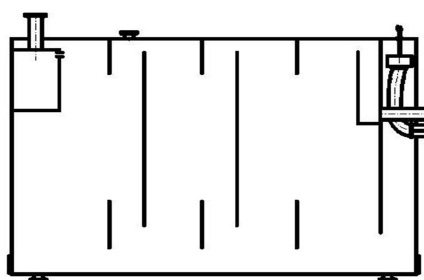
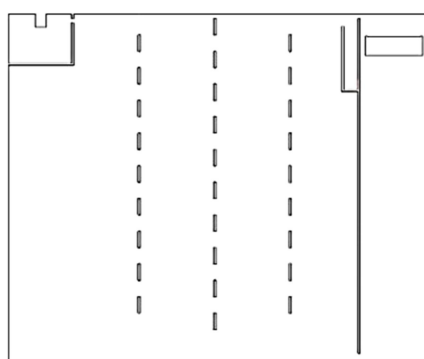
А.А. Галиев  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов

Актуальной задачей в наши дни являются процессы, связанные с разделением нефти от воды, для которых используется различные сепараторы. Проблемой сепарационных установок состоит в том, что они затратные по времени, энергообеспечению и имеют низкую эффективность.

Предлагаемое к исследованию и разработке гравитационно-динамический сепаратор является одним из наиболее эффективных установок для разделения эмульсий.

Целью работы являлось модернизация сепаратора с помощью моделирования в программном обеспечении ANSYS Fluent, в котором была построена математическая модель с изменением конструктивных частей.

*a**б*

Схемы ГДС: первоначальная (*a*) и после модернизации (*б*)

Данные исследования показали, что предлагаемая конструкция пластин является эффективным, что подтверждают данные численного моделирования. Экспериментальная модель гравитационно-динамического сепаратора может лечь в основу создания устройства высокоэффективного разделения эмульсий.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЬДОАККУМУЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

**А.И. Галиев<sup>1</sup>, И.А. Халлыев<sup>2</sup>, И.А. Рябых<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ», <sup>2</sup> КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов**

Мы давно привыкли к тому, что в пригородных домах и коттеджах в качестве источника тепловой энергии стоит газовый или электрический котёл, который работает по принципу сжигания природных ископаемых. Однако, для того чтобы установить такой котёл, к постройке необходимо провести выделенные тепловые и газовые сети, что приводит к большим затратам.

За границей давно используют альтернативные источники тепловой энергии – воздух, грунтовые воды, воды водоемов, энергию солнца. Извлекают теплоту из окружающей среды с помощью теплонаносной системы теплоснабжения (ТСТ), основой которого является тепловой насос. Большими преимуществами данной системы является экологичность и экономичность.

Недавно были представлены эффективные теплонасосные системы отопления с применением льдоаккумуляторов (ЛА). Льдоаккумулятор может быть установлен там, где глубокое бурение невозможно или запрещено.

Центральным компонентом теплонасосной системы отопления с применением льдоаккумулятора является тепловой насос «рассол/вода». Основным источником низкопотенциального тепла для теплового насоса является солнечный коллектор, который собирает солнечную радиацию и тепло окружающего воздуха. Подземный льдоаккумулятор работает «буферным складом» тепловой энергии и источником тепла для теплового насоса при нехватки тепловой энергии от солнечного коллектора. Льдоаккумулятор накапливает тепло (около 80%) в виде скрытой теплоты, т. е. в фазе перехода воды в лед. Кроме того, льдоаккумулятор может получать тепло от грунта и стоков. В случае замораживания (около  $-10$  °С) льдоаккумулятора тепловой насос выключается и теплоснабжение обеспечивается пиковым электронагревателем.

Поддержание оптимального рабочего режима системы будет осуществлять программа, разработанная на основе нашей математической модели.

УДК 536.2

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПОДСТАНЦИЙ РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Р.Ф. Галиева  
КГЭУ, г. Казань

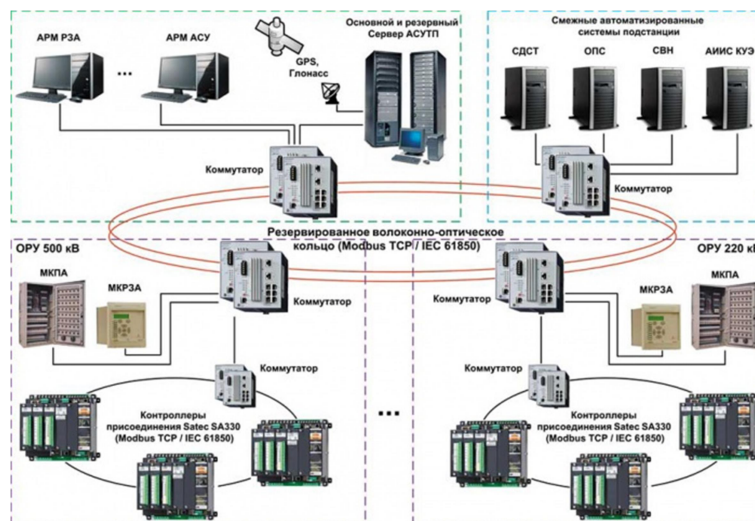
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов

Автоматизация управления технологическими процессами (АСУ ТП) подстанций (ПС) является одним из важных условий повышения эффективности работы электрических сетей.

Объектом исследований являются Муслумовские районные электрические сети (МРЭС) филиала ОАО «Сетевая компания» Альметьевские электрические сети. Задачей МРЭС является обеспечение бесперебойного питания потребителей электрической энергии присоединенных к шинам ТП, РП и ПС посредством КЛ или ВЛ и надежной работы оборудования, установленного на этих объектах, путем надлежащего технического обслуживания и плановых ремонтов, а также предупреждение и ликвидация аварийных режимов.

Целями создания АСУ ТП МРЭС являются:

- повышение надежности систем управления и повышение на этой основе надежности электроснабжения потребителей;
- расширение функциональных возможностей систем управления подстанциями по сравнению с существующими за счет использования возможностей микропроцессорной техники;
- снижение затрат на техническое обслуживание подстанций;
- снижение трудозатрат на изготовление аппаратуры, монтаж и эксплуатационные проверки устройств управления.



Пример структурной схемы АСУ ТП подстанции

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В КОНТЕКСТЕ ЛИЧНОСТНОГО РОСТА**

**И.Р. Гатин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. А.Н. Богданов;  
канд. техн. наук, доц. О.В. Борисова**

Профессиональная компетенция – это совокупность умений, знаний и практических навыков человека, для успешного выполнения должностных обязанностей. Для формирования профессиональной компетенции создаётся специальный алгоритм раскрытия внутренних талантов и задатков, реализованный в виде электронного приложения. В данном электронном приложении было выбрано направление «Управление в технических системах». В настоящее время растёт потребность по подготовке профессионалов в области автоматизации технологических процессов.

Основные знания и навыки инженера по автоматизированным системам управления производством:

– языки программирования: Delphi (Pascal), Visual Basic, C#, C++, LAD(LD), STL (ST);

– системы управления базами данных: FoxPro, dBaze;

– знания принципов функционирования SCADA, MES;

– технические знания, соответствующий отрасли работы.

Электронное приложение состоит из четырёх программных модулей:

1. Анкетирование, в нём происходит регистрация и создания профиля для прохождения тестирования и решения заданий.

2. Тестирование по пройденным теоритическим материалам, оценка производится по балльной системе.

3. Решения заданий с отчётами и выставлением баллов.

4. Формирование итогов и рекомендаций.

Программа будет доступна на персональных компьютерах и ноутбуках с установленной операционной системой Windows. Разрабатываемое электронное приложение будет написана на языке программирование C#.

В заключение необходимо отметить, что в итоге после прохождения всех заданий и упражнений, алгоритм электронного приложения позволяет произвести комплексную оценку уровня знаний, умений, навыков в области автоматизации технологических процессов.



УДК 62-52

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ**

**Р.М. Гиниатуллин**

**НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Нижнекамск**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. Ганиев**

В настоящее время наличие углеводорода в воде определяют лабораторным методом. Предлагается автоматизированный процесс контроля. Целью использования автоматизированной системы контроля углеводородов в воде является оперативное оповещение технологического персонала нефтеперерабатывающего предприятия о наличии углеводородов в промышленной оборотной воде. Наличие углеводорода говорит о механических повреждениях теплообменной установки, в которой в качестве хладагента используется вода. Отсутствие контроля углеводородов в воде приводит к следующим последствиям: потере сырья (обусловлено утечкой продукта в теплообменной установке); появлению микроорганизмов в оборотной воде (продуктом жизнедеятельности микроорганизмов является ил, появление которого приводит к засорению теплообменной установки); введению в работу резервных насосов из-за необходимости повышения производительности насосных установок); возникновению взрывоопасной ситуации. Предлагаемая автоматизированная система контроля углеводородов в воде представляет собой шкаф, с установленными на монтажной панели датчиками: оптический датчик органической нагрузки Viomax CAS510 и цифровой электрод измерения pH Orbisint CPS110. Так же используется контроллер SM442, на который приходят токовые сигналы с датчиков. Контроллер БАЗИС-21 устанавливается в операторной. Рассматриваемая система является многопоточной, и при помощи одной пары датчиков система способна проводить контроль сразу нескольких проб воды. Достоинством данной системы, по сравнению с лабораторным методом, является полная автоматизация процесса, актуальность измеренных данных в текущий момент времени.

УДК 339.138.621

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПРОДАЖ КАК СПОСОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**С.Г. Григорьева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. А.В. Андреев**

Целью проведения исследований было: совершенствование маркетинговой деятельности, посредством разработки мероприятий для прогнозирования объемов продаж Литейного завода ОАО «КАМАЗ».

Был проведен анализ бизнес-процессов предприятия, в соответствии с концепциями процессно-задачной технологии управления. В результате было выделено 16 основных бизнес-процессов. Проведен реинжиниринг бизнес-процесса «Маркетинг» и его задач. Для реализации задачи «прогнозирование объема продаж», внедрили в подпроцесс «Анализ рынка» бизнес-процесса «Маркетинг» две задачи: «Анализ внешних и внутренних факторов, влияющих на деятельность предприятия» и «Прогнозирование объемов продаж».

Из одиннадцати внешних и внутренних факторов вероятно влияющих на объем продаж, при помощи множественного регрессионного анализа было составлено уравнение и выявлены параметры, оказывающие наиболее существенное влияние на объем продаж. Уравнение множественной линейной регрессии имеет вид:

$$Y = 4,607x_2 + 9,318x_3 + 6,570x_{11} + 522,848,$$

где  $x_2$  – цена на комплектующие;  $x_3$  – затраты на обслуживание оборудования;  $x_{11}$  – цена за первичный металл.

Прогнозы объемов продаж литейной продукции Литейного завода ОАО «КАМАЗ» были получены двумя методами: ARIMA-модели и сезонной декомпозиции.

В случае ARIMA-модели средняя ошибка аппроксимации составляет 4,24%, т. е. прогноз имеет точность 95,8%. Ошибки аппроксимации метода сезонной декомпозиции составляют 4,51%. Следовательно, точность прогноза – 95,5%.

В результате анализа средней ошибки аппроксимации лучшей оказалась ARIMA-модель с ошибкой аппроксимации равной 4,24 %.

Задачи были реализованы посредством пакетов PASW Statistics 18 и Statistica 10.0.

УДК 681.586.672

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ И ДИСТАНЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ ЧАСТНОГО ДОМА**

**С.А. Зайцев**  
**КГЭУ, г. Казань.**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов**

В работе рассматривается дистанционное управление домашней котельной с помощью WI-FI сети и мобильного приложения.

Для осуществления данной системы управления требуется контроллер с Wi-Fi интерфейсом, Wi-Fi роутер с адаптер Ethernet, смартфон или планшетный компьютер. Основные параметры котла воспринимаются контроллером, преобразуются согласно алгоритму управления и посредством Wi-Fi адаптера подключается к домашней сети WI-FI. На смартфоне установлено приложение, с которого производится управление котлом.

На данный момент разработано приложение, с возможностью выбора режима работы (зимний, летний, стандартный) котла, с инструкцией по эксплуатации и настройке котла, оповещением об аварийных ситуациях и способу их коррекции. Также предусмотрен автоматический режим с получением данных от метеостанции или интернет-ресурсов о погоде. Передача сигнала от смартфона к контроллеру и обратно шифруется протоколом ROT1.

Уникальность предлагаемой системы состоит в том, что не используется GSM сеть – все управление происходит с помощью мобильного приложения.

УДК 621.311.04

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОГНЯ НА ФАКЕЛАХ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ХОЗЯЙСТВАХ**

**М.Э. Закиров**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ю. Васильева**

Детектирование огня по статическому или видеоизображению имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами обнаружения и контроля огня: уменьшается время реакции на возникновение опасной ситуации, контроль наличия огня происходит в реальном времени. Отметим, что в настоящее время теме детектирования огня на видеоизображении уделено не так много внимания.

Целью и задачами проведения исследований являются: исследование методов получения и обработки сигнала детектирования огня на факелах в нефтеперерабатывающих хозяйствах, выбор наиболее эффективного и целесообразного метода, исследование алгоритмов, реализуемых в устройствах, применяемых для детектирования огня на факелах в нефтеперерабатывающих хозяйствах и последующая доработка или разработка своего алгоритма для детектирования огня на факеле.

На данный момент произведен обзор методов получения и обработки изображений с помощью дискретных преобразований, исследование методов пространственной фильтрации, произведено исследование детектирования контуров на различных тематических изображениях с помощью известных методов в программе MATLAB, произведен анализ имеющихся систем детекторов огня на факелах.

В последующих исследованиях планируются разработка или доработка алгоритма распознавания огня с помощью программного обеспечения OpenCV для факельных нефтеперерабатывающих хозяйств, выбор целесообразного устройства для распознавания огня, сбор данных по тестированию алгоритма.

УДК 65.011.56

## **ВОЗМОЖНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУСПЕНЗИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ**

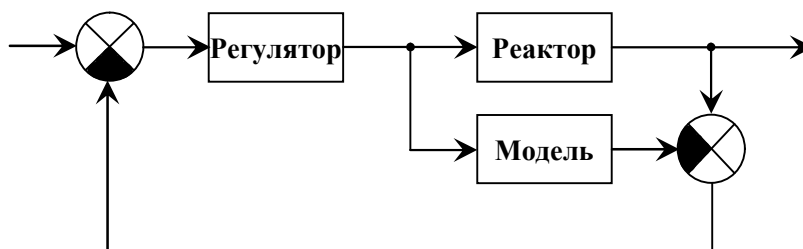
**Г.И. Замалиева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин**

Химические реакторы являются основным оборудованием в технологических схемах по производству полимеров. Особенностью экзотермических реакторов-полимеризаторов периодического действия является наличие неустойчивого состояния системы. Эта особенность является определяющей для процессов, протекающих с наибольшей эффективностью именно в неустойчивых режимах. Возможность нормального функционирования подобных систем в неустойчивом режиме обеспечивают системы автоматического регулирования.

Основным недостатком существующих систем управления является то, что они не учитывают изменения параметров объекта управления (химического реактора) в процессе протекания реакции полимеризации, а они меняются в довольно большом диапазоне иногда до нескольких порядков.

С целью улучшения качества управления реактором-полимеризатором предлагается следующая структурная схема системы управления:



Данная структура состоит из следующих блоков: регулятор, который реализует любой стандартный закон управления (ПИ, ПИД и т.д.); реактор – объект управления; модель, которая включает в себя набор нелинейных дифференциальных уравнений, по которым осуществляется перенастройка параметров регулятора, в зависимости от времени течения реакции полимеризации.

По сравнению со стандартной структурой, предложенная улучшает производительность реактора-полимеризатора, так как учитывает изменения параметров объекта и позволяет отслеживать оптимальный температурный профиль.

Таким образом, схема фактически предсказывает поведение системы, а также позволяет определять и рассчитывать величину и время ввода регулирующего изменения и (или) воздействия.

УДК 662.959.22

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОБЛАСТИ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**В.Э. Зинуров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р. техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов**

В связи с проведением в России энергосберегающей и импортозамещающей политики, создание эффективных, экономных и экологических котлов является актуальной и приоритетной задачей. Особо широкое применение в России нашли котлы малой мощности, которые отличаются простотой конструкции, обладают высокой степенью автоматизации технологического процесса и не требуют больших затрат при ремонте.

Создание, модернизация котлов требует глубокого изучения основ термодинамики и процессов сгорания топлива, теплопереноса, излучения и т. д. Химические реакции соединения топлива с окислителем является

основным процессом горения. Осуществление процесса горения достигается созданием специальных условий. Одним из таких условий является транспортировка определенного количества газа и окислителя, чаще всего воздуха, к месту горения. Также должен быть создан необходимый температурный уровень для обеспечения развития процесса горения. И газоздушная смесь должна иметь концентрационные пределы воспламеняемости. Основную часть времени в процессе горения занимает смешение газа с окислителем, так как реакции горения протекают практически мгновенно.

Необходимо такое оформление конструкции топки, чтобы было обеспечено полное сгорание топлива. Также должна обеспечиваться передача заданного количества теплоты поверхностям нагрева. Одним из актуальных направлений повышения показателей работы котлов является изменение конструкции отдельных элементов котла, в частности камеры сгорания.

В данной работе рассмотрены основные зависимости между геометрией основных элементов котла производительностью 50 кВт и влияние конвективного и лучистого теплообмена в процессе горения в газогорелочном устройстве. Данные зависимости представлены в виде программы, написанной на языке программирования Visual Basic.

УДК 62-503.55

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ДЛЯ ПОВОРОТНОГО СТОЛА**

**А.А. Каюмов, А.Н. Шамсияров, А.В. Минаева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: канд. техн. наук, ст. преп. В.А. Данилов;  
канд. техн. наук, доц. А.Н. Богданов**

В ходе прохождения стажировки в Молодежном инновационном центре КГЭУ «Энергия» (МИЦ) нами была разработана система управления шаговым двигателем поворотного стола для портативного 3D-сканера Sense.

Поворотный стол предназначен для повышения качества сканирования небольших физических объектов. Объект помещается на поворотный стол, после чего происходит равномерное вращение объекта вокруг своей вертикальной оси. В это время сканер создает трёхмерную модель объекта. Таким образом, автоматизированный поворотный стол позволяет уменьшить человеческий фактор и увеличить точность сканирования физических объектов.

С целью достижения наиболее эффективного устройства после рассмотрения различных конструкций и материалов был выбран оптимальный вариант. Для системы управления шаговыми двигателями NEMA 17 17HS4401 был выбран микроконтроллер Atmega 328. Отдельные крепления и декоративные элементы были изготовлены на 3D-принтере.

В результате реализации данного проекта был создан и внедрен в работу автоматизированный поворотный стол для портативного 3D-сканера Sense. Данный проект позволил участникам команды применить на практике знания, полученные на учебных занятиях, получить и развить практические навыки в области автоматизации. В настоящее время поворотный стол активно используется резидентами МИЦ на различных мероприятиях и в текущей деятельности.

Применение знаний, получаемых во время учебы, при реализации прикладных проектов под конкретные востребованные задачи позволяет лучше увидеть необходимость изучения отдельных разделов дисциплин, улучшает понимание и повышает интерес к изучаемому материалу. Дополнительный эффект дает возможность увидеть, как используются в реальной жизни результаты нашего проекта.

УДК 681.815

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО РАЙОНА С УЧЕТОМ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ**

**А.М. Корюкина  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Плотников**

Центральный тепловой пункт осуществляет трансформацию и распределение теплоты между несколькими потребителями, что предполагает увеличение количества контуров регулирования и их производительности и сказывается на количестве исполнительных механизмов и датчиков.

Автоматизация ЦТП призвана обеспечить автоматическое поддержание всех технологических параметров и отрегулировать отпуск тепловой энергии потребителям.

Система разрабатывается как единый аппаратно-программный комплекс распределенной архитектуры.

Реализация алгоритмов функционирования насосов и электродвигателей возлагается на промышленные контроллеры.

Функции взаимодействия оператор-система выполняет автоматизированное рабочее место.

Управление в контуре интеллектуального электронного оборудования привод – контроллер – рабочая станция реализовано по межмашинному интерфейсу.

Конструктивно основные устройства системы выполняются по модульному принципу в виде монтажных шкафов (кроме датчиков и рабочей станции оператора) различной степени защиты от поражения персонала и от влияния внешней среды.

Предлагается разработать автоматизированную систему управления технологическим процессом теплоснабжения городского района с учетом погодных факторов, которая позволит оптимизировать график теплопотребления.

УДК 681.5:665

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТИ**

**А.Д. Леонова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Плотников**

В настоящее время процесс добычи нефти и природного газа происходит, как правило, в отдаленных районах, за пределами традиционной проводной сети. Нефтегазовые компании регулярно собирают важные данные с удаленных площадок и мест производства с использованием систем диспетчерского управления и сбора данных для мониторинга таких объектов, как резервуары, насосные станции, или трубопроводы.

Непрерывный автоматический контроль технологических параметров на скважинах обеспечивают микропроцессорные контроллеры, стационарно установленные на месторождениях.

Современные интеллектуальные контроллеры предусматривают оптимальные режимы работы производственного оборудования, автоматизацию работы индивидуальных механических приводов штангового насоса, оперативную передачу данных об изменении значений переменных параметров объекта на пульт оператора.

Информация о состоянии объекта поступает на пульт по системе телемеханики, которые строятся с использованием радиоканала. Исходя из этого станция управления, как правило, включает в себя контроллер, силовой коммутатор (для включения и отключения двигателя), радиомодем и набор первичных преобразователей технологических параметров.



Предлагается разработать интеллектуальную автоматизированную систему управления технологическим процессом первичной обработки нефти, которая позволит объединить технологическую и охранно-пожарную составляющую АСУ ТП.

УДК 66.65

## **OMEGALAND – ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРОВ**

**Р.С. Леонтьева, А.В. Мингалиева  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Д.А. Рыжов**

Целью проведения экспериментальных исследований было: рассмотрение возможностей разработки компьютерных тренажерных комплексов различной степени сложности в программном комплексе OmegaLand. В связи с использованием новейших систем автоматизации при управлении и обслуживании высоко опасных производственных процессов требования к качеству обслуживания операторского управления являются высокими. Аварии на опасных производственных объектах приводят к отрицательным социальным, экологическим и экономическим последствиям. При применении опасных веществ в производстве всегда существует возможность появления аварийной ситуации в результате отказов элементов системы, а также сочетания различных ошибок обслуживающего персонала.

Для этих целей применяется широкий спектр тренажеров, начиная от функциональных, описывающих небольшую технологическую систему, управляемую, как правило, с местного пульта управления, и заканчивая аналитическими и полномасштабными тренажерами. При этом тренажеры замещают реальные технологические процессы на их точную копию, а управление осуществляется виртуальными кнопками управления.

OmegaLand – это модульная программная среда в построении функций и обеспечения построения математической модели, формирования минимальной стоимости и максимального эффекта в соответствии с потребностями пользователя, конструированием, анализом, обучением, тренингом, управлением, помощью в работе и оптимизации.

Функциональный модуль OmegaLand включает в себя:

- модуль разработки модели производства (VisualModeler);
- модуль управления выполнением (EXEC);
- модуль базы данных (DB);
- модуль графики (GRAPHIC);
- модуль сценариев (ITK).

Чаще всего тренажеры функционируют в режиме реального времени, что накладывает жесткие требования на точность моделирования. Примененные при разработке тренажера программные инструменты ориентированы для решения задач подготовки операторов технологов и демонстрируют высокую эффективность применения на производственном предприятии. Это гибкий инструмент, с помощью которого решается широкий спектр задач. Обучаемые знакомятся с реальными образцами программно-технических комплексов, осваивают методы работы с ними, изучают процессы запуска и останова системы, а также имеют возможность изучать поведение сложной системы в различных режимах работы, а также аварийные ситуации.

Таким образом применение компьютерного тренажера, построенного в программной среде OmegaLand позволяет эффективно проводить обучение персонала, снижая вероятность ошибочных и неправильных действий при управлении реальными производственными процессами.

УДК 681.5

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО МИКРОРАЙОНА**

**А.Е. Логинов  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц, В.В. Плотников**

Задачами интеллектуальная автоматизация теплоснабжения городского микрорайона являются:

– поддержание необходимых параметров теплоносителя в системах отопления и вентиляции требуемых температурных условий в обслуживаемых помещениях в зависимости от температуры наружного воздуха. Температура теплоносителя в системе отопления, исходя из внешних факторов, варьируется в пределах от 30 до 90 градусов.;

– поддержание температуры воды в системе ГВС не ниже 60 °С;

– автоматическое плановое (временное) снижение температуры теплоносителя для повышения энерго эффективности;

– согласование и стабилизация гидравлических режимов в тепловых сетях и системах теплопотребления.

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами в практику теплофикации и централизованного теплоснабжения позволяет резко повысить технический уровень эксплуатации этих систем и обеспечить значительную экономию топлива. Кроме экономии топлива,

автоматизация рассматриваемых систем позволяет улучшить качество отопления зданий, повысить уровень теплового комфорта и эффективность промышленного и сельскохозяйственного производства в отапливаемых зданиях и сооружениях, а также надежность теплоснабжения при уменьшении численности обслуживающего персонала.

В предлагаемой работе, применение системы автоматического программного регулирования отопления позволяет осуществлять дальнейшее совершенствование режима отопления, например, снижать температуру воздуха в жилых зданиях в ночное время или снижать отпуск теплоты на отопление промышленных и административных зданий в нерабочее время, что обеспечивает дополнительную экономию теплоты и создание комфортных условий.

УДК 681.5:331.4

## **СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

**О.А. Львова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. Богданова**

К внедрению автоматизации в управление процессами общество пришло постепенно. На начальном этапе это были автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП), которые занимались электронным документооборотом. В результате улучшения и повышения надежности компьютеров и ЭВМ АСУ начали применять на уровне технологических процессов (АСУТП).

Распространение АСУП электронным документооборотом позволило упростить ряд задач, таких как объединение данных, находящихся в разных источниках, создание общей базы для принятия управленческих решений и коллективного пользования, сокращение труда и времени на поиск необходимой информации. После решения вопроса о быстрой обработке и получения доступа к большому массиву данных стало возможным заменить целые аналитические отделы. Данный этап вызвал разную реакцию. С одной стороны, с рабочих снялась задача выполнения монотонного, повторяющегося труда. С точки зрения эффективности производства, повысилась производительность, сократились издержки, уменьшился фонд заработной платы. Но для государства возникли проблемы обеспечения работой и средствами на проживание граждан, труд которых заменился машинным, что в случае бездействия могло привести к кризису в стране.

В настоящее время процесс развития автоматизированных систем управления достиг больших масштабов, но последствия его остаются неизменными и на сегодняшний день. Это вполне можно объяснить тем, что общественное производство и распределение обрело частный характер. Ни один производитель не упустит возможности увеличения эффективности производства и получения большей выгоды с минимизацией расходов. Для устранения неблагоприятных последствий со стороны государства были созданы новые рабочие места, биржи труда и иные виды занятости. А со стороны производителя данная ситуация может быть оптимизирована перекалфикацией работников и/или замедлением процесса внедрения полной АСУТП. Зависимость развития технологий и человеческого общества очевидна и не может быть оставлена без внимания.

УДК 681.5

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**А.И. Маркова**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Г. Логачёва**

В производстве часто возникает нужда в комплексной организации информационной системы. Автоматизация промышленных предприятий включает в себя не только организацию процесса изготовления продукции, но и охватывает все сферы работы предприятия, включая анализ, планирование, бухгалтерский учет и т.д.

Часто задаются вопросы: «Для чего нужна автоматизация?», «Какова роль человека на автоматизированном производстве?», «Распространены ли контроллеры в России?»

Автоматизация заключается в замещении человеческого физического и умственного труда выполнением повторяющихся автоматических действий.

Человек на автоматизированном производстве выполняет следующие функции: контроль, поверку, настройку и ремонт оборудования.

Контроллер в системе автоматизации – устройство, выполняющее управление физическими процессами по записанному в него алгоритму, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой в исполнительные устройства.

В настоящее время на Российском рынке преобладают контроллеры иностранных фирм: Siemens, Schneider Electric, ABB, Mitsubishi, также отечественная продукция: Текон, Фаствел, Овен и т.д. Важные параметры программируемых логических контроллеров-быстродействие и надежность.

Если автоматизировать большой спектр услуг, работ физической и умственной деятельности человека, получим более безопасную рабочую зону, ускоренный процесс изготовления выпускаемой продукции, повторяемость процесса и более высокую конкурентоспособность на рынке.

УДК 66.65

## **КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС СПЛИТТЕРА НАФТЫ**

**А.В. Мингалиева, Р.С. Леонтьева  
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Д.А. Рыжов**

На примере проекта установки сплиттера нефти, рассматривается комплексный подход к подготовке специалистов опасных производственных предприятий с использованием специализированного имитационного тренажерного комплекса. Получение навыков в производственной среде занимает достаточно много времени, так как обучение работе с опасным процессом должно производиться с максимальной осторожностью. Представлено обзорное описание, цели разработки тренажеров, а также функциональные возможности тренажерных комплексов.

Компьютерный тренажер был разработан с целью:

- 1) обучения навыкам безопасного управления технологическими процессами в штатных пусковых, переходных и установившихся режимах;
- 2) приобретения практических навыков выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- 3) непрерывного и периодического контроля уровня знаний и навыков ведения технологического процесса и локализации аварийных ситуаций в виде тестирования.

Секция сплиттера нефти предназначена для разделения потока нефти гидрокрекинга на легкую и тяжелую нефть. Секция состоит из колонны разделения нефти гидрокрекинга со вспомогательным оборудованием и колонны стабилизации нестабильной нефти либо нестабильной нефти установки замедленного коксования.

Основные блоки секции сплиттера нефти: блок колонны сплиттера нефти, блок колонны стабилизации нефти. Вспомогательные системы секции сплиттера нефти: факельная система, дренажная система, аварийная емкость, ресивер воздуха КИПиА.

OmegaLand – это динамическая среда, предназначенная для воспроизведения реального производства в виде ее точной копии средствами математического моделирования.

Относительно небольшие капиталовложения при создании обучающих тренажеров создают предпосылки широкого их использования в обучении операторов и снижения ущерба при аварии от неправильных и ошибочных действий при их ликвидации.

В результате проведенной работы для построения тренажера были сформированы топологии ХТС из различных аппаратов химической технологии, смоделирована динамика и статика технологических процессов, произведена апробация системы управления, а также расширенная интеграция.

С помощью тренажерного комплекса, построенного для установки сплиттера нефти, будут приобретены будущими операторами технологами навыки пуска, останова, отработки наиболее частых аварийных ситуаций, а также тренажер позволит поддерживать и повысить уровень квалификации оперативного персонала.

УДК 674.04

## **МОДЕЛЬНО БАЗИРОВАННОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ОТТАИВАНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

**А.Р. Мухтарова**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Р. Галяветдинов**

Тепловая обработка (ТО) древесных сортиментов является важной частью технологических процессов производства шпона, клееной фанеры, паркета, слоистых изделий и гнутых деталей. Она осуществляется путем воздействия на них насыщенным или влажным водяным паром или горячей водой, в результате чего достигается пластифицирование или облагораживание древесины.

Основной задачей при разработке и оптимизации современных технологий ТО древесных сортиментов является научно обоснованное определение температуры в отдельных точках их объема в любой момент нагревания. Неотделимую часть процесса ТО составляет кондиционирование

в воздушной среде нагретых пластифицированных сортиментов с целью охлаждения поверхностных слоев и выравнивания температурного поля в их объеме перед последующим гнутьем или резанием шпона.

Правильное и эффективное управление этими процессами возможно только при хорошем понимании их физики и тяжести влияния каждого из нескольких десятков факторов. Бездефектное осуществление процесса ТО и последующего кондиционирования зависит от многих факторов.

В результате работы автора разработаны и широко внедрены в практику несколько модификаций микропроцессорных программируемых контроллеров, которые осуществляют модельно базированное автоматическое управление процессами ТО мерзлых и оттаявших древесных сортиментов.

По отношению к одним и тем же сортиментам контроллеры могут вычислять и осуществлять автоматическое проведение набора режимов ТО различной интенсивности. В софтуер контроллеров заложены восемь степеней интенсивности режимов. Режимы наименьшей интенсивностью обеспечивают ТО с сохранением естественной окраски древесины. При режимах большей интенсивности продолжительность ТО уменьшается, но возрастет целенаправленное изменение естественного цвета древесины.

При помощи клавиатуры и дисплеев контроллеров из их меню оператор выбирает и вводит в память породу, форму и толщину подвергнутых ТО сортиментов, а также наличие или отсутствие льда в них и желаемую степень интенсивности ТО. На основе этих данных контроллер вычисляет индивидуализированный режим ТО и визуализирует его продолжительность.

УДК 681.51

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СКАЛЯРНОЙ И ВЕКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ.**

**Е.Е. Осмоловский**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Х. Мухаметгалеев**

В настоящее время, несмотря на довольно высокий уровень автоматизации технологических процессов на различных производствах, существует ряд процессов, где влияние человеческого фактора является определяющим из-за технологических особенностей объекта и сложностей, возникающих при применении классических методов теории управления. Как следствие, невозможно избежать влияния ошибочных действий оператора на процесс

производства, что может приводить к перерасходу сырья или порче конечного продукта, а также повысить риск возникновения аварийных ситуаций. При решении задачи автоматического управления производственным процессом необходимо основываться как на технологические требования, предъявляемых к процессам и режимам работы, так и на опыт операторов, эксплуатирующих объект в течение длительного срока и обладающих необходимыми знаниями о возможных неопределенностях, возникающих в процессе работы объекта.

Решение вышеуказанных задач может быть осуществлено при помощи исследования приводной установки с преобразователем частоты с подключенной инерционной нагрузкой.

В данной работе выполнено исследование статических и динамических характеристик нагрузки электропривода, разработана система автоматического управления установкой, рассмотрено несколько алгоритмов управления системой, а также выполнен расчет энергосбережения по эксплуатации данной установки на промышленном предприятии.

УДК 681.5

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**А.В. Рыцова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. ассист. А.М. Копылов**

Компрессорные станции потребляют около 10 % электроэнергии, расходуемой промышленностью, поэтому оптимизация производственно-экономических, технологических и технических параметров работы компрессоров является одной из наиболее актуальных тенденций при сокращении расходов электроэнергии.

Целью работы является повышение энергоэффективности, надежности и рабочего ресурса компрессорных агрегатов за счет внедрения автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

АСУ ТП предназначена для выполнения функций автоматического управления, регулирования и противоаварийной автоматической защиты, поддержания необходимых параметров, противопожарного регулирования и защиты, обеспечивающих длительную безаварийную работу агрегатов.

Система выполняет контроль и управление в следующих эксплуатационных режимах установки:



- предпусковая готовность;
- пусковой режим;
- режим нормальной эксплуатации;
- режим останова (как нормального, так и аварийного).

Применение АСУ технологическим процессом компрессорной станции промышленного предприятия позволило:

- снизить потребление электрической энергии силовыми установками на 20–30%;
- обеспечить длительную безаварийную работу агрегатов;
- повысить рабочий ресурс электродвигателей компрессоров за счет их плавного пуска и останова.

УДК 004.42

## **РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**И.А. Рябых, Р.М. Муратов, Р.Р. Мингазов  
КГЭУ, Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. Богданов**

Разработка направлена на обучение персонала диагностическим и ремонтным работам на энергетических объектах, в частности на Подстанции 110/10 кВ, с применением технологии виртуальной реальности.

Особенностью данного тренажера является возможность «погружения» обучаемого в нестандартные психологические условия. Это достигается за счет конструктивных особенностей очков виртуальной реальности и ПО.

Пользователь, надев очки виртуальной реальности появляется на виртуальном полигоне (Подстанции 110/10 кВ), где экзаменатор поставит ему задачу: «Найти и устранить повреждение одной из питающих линий». После чего обучаемому нужно будет в течении отведенного времени провести аналитический обзор, найти неисправность и устранить её. При этом обучаемый будет находиться в очках виртуальной реальности, наушниках, которые будут полностью заменять ему реальный мир на виртуальный. Благодаря совокупности воздействий на органы чувств обучаемый будет находиться в такой же стрессовой ситуации, как и в реальной жизни. Для того чтобы передвигаться в виртуальном пространстве и взаимодействовать с объектами предлагается использовать манипуляторы. Благодаря их применению практические задания будут многоуровневыми и сложными, здесь будут представлены такие задания как последовательный разбор и сбор объекта и т.п.

Результатом использования тренажера в образовательном процессе станет снижение вероятности ошибок со стороны действий персонала при внештатных (аварийных) ситуациях, а также при выполнении ремонтных, диагностических и эксплуатационных работ.

УДК 65.011.56

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ**

**И.Н. Сафин**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин**

На территории города Казани расположено большое количество предприятий разных видов деятельности. Все эти предприятия во время своей работы выбрасывают в атмосферный воздух большое количество загрязняющих веществ (ЗВ). При этом может возникнуть ситуация, когда суммарная концентрация ЗВ в атмосферном воздухе превысит ПДК, однако концентрация этого ЗВ, выбрасываемого отдельными предприятиями в атмосферу, не превышает ПДК. Однако превышение ПДК ЗВ в атмосферном воздухе влияет на жизнь и здоровья населения, поэтому задача снижения уровня концентрации ЗВ в атмосфере, несомненно, является актуальной. Способствовать решению этой задачи могут научно-технические разработки, направленные, как указано в «Проекте Указа Президента Российской Федерации «Об утверждении Основ Экологической политики Российской Федерации на период до 2030 года» и мерах по их реализации», на обеспечение участия и учет мнения заинтересованных сторон при принятии всех экологически значимых решений. Для этого необходимо не только совершенствовать технологию и проводить модернизацию оборудования на каждом предприятии, но и совершенствовать системы контроля и управления степенью загрязнения атмосферного воздуха комплексом этих промышленных предприятий.

На степень загрязнения атмосферного воздуха влияют много факторов. Наибольшее влияние оказывают метеоусловия и удаленность источников загрязнения от жилой зоны. Поэтому традиционными, хорошо известными методами построения автоматизированных систем управления поставленную задачу не решить.

Перспективным направлением решения проблем экологии и охраны окружающей среды является разработка и применение методов математического моделирования и методов искусственного интеллекта на базе компьютерных технологий, позволяющих формализовать человеческие способности к неточным или приближенным рассуждениям и вырабатывать рекомендации и решения, направленные на изменения в режиме работы предприятий с целью уменьшения их выбросов в окружающую среду.

УДК 681.51

## **АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗАГАЗОВАННОСТИ**

**Р.И. Сафиуллин**  
**ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Кузьмин**

**Аннотация.** В статье представлен алгоритм управления средствами оповещения о загазованности, необходимый для оперативного распознавания аварийной ситуации, оповещения о обнаружении в воздухе опасных газов, предотвращения человеческих жертв и сокращения объемов материального ущерба.

**Ключевые слова:** загазованность – изменение состава воздуха в сторону заметного увеличения содержания в нем любого из газов (метана, пропана, бутана, изобутана и т.д.) против обычной нормы. [1]

Контроль загазованности - контроль содержания в воздухе опасных газов (метана, пропана, бутана, изобутана и т.д.) осуществляется сигнализаторами загазованности. Сигнализаторы загазованности могут осуществлять световую и звуковую сигнализацию, они принимают и выдают сигналы, необходимые для работы в системе [2].

Нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПРП) – минимальная концентрация горючего вещества (газа, паров горючей жидкости) в однородной смеси с окислителем (воздух, кислород и др.) при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания (открытое внешнее пламя, искровой разряд) [3].

**Краткое описание установки.** Взрывозащищенные посты сигнализации с предназначены для предупреждения персонала световыми и звуковым сигналами, после срабатывания аварийной системы оповещения при превышении допустимого порога концентрации горючего вещества в воздухе.



Общий вид поста сигнализации

**Назначение и область применения.** Алгоритм предназначен для включения средств наружной сигнализации загазованности блок-боксе БИК (световые табло, сирена).

Система контроля загазованности имеет средства оповещения о загазованности, установленные у входной двери блок-бокса БИК:

- световой предупреждающий сигнал «Загазованность 10%»;
- световой предупреждающий сигнал «Загазованность 20%»;
- звуковой предупреждающий сигнал загазованности «Загазованность 20%»;
- кнопку проверки световых и отключение (проверка) звуковых средств сигнализации загазованности.

**Входная информация.** Для работы алгоритма используется следующая информация, поступающая с объекта управления и других частей алгоритма:

- GAZ10 соответствует сигналу «Загазованность 10%»;
- GAZ20 соответствует сигналу «Загазованность 20%»;
- GAZ\_ERR означает сигнал неисправности от электронного блока газоанализатора;
- SB соответствует сигналу от кнопки проверки световых и звуковых средств сигнализации загазованности.

**Выходная информация.** Алгоритм формирует следующие сигналы:

- HL1 означает включение светового предупреждающего сигнала «Загазованность 10%»;
- HL2 означает включение светового предупреждающего сигнала «Загазованность 20%»;
- HA1 означает включение звукового предупреждающего сигнала «Загазованность 20%».

**Описание алгоритма.** Алгоритм управления средствами оповещения о загазованности следующий.

При наличии сигнала 10% загазованности и отсутствии сигнала неисправности от электронного блока газоанализатора (блок 1), формируется команда на включение световой сигнализации «Загазованность 10%» (блок 2), в противном случае сигнализация выключается (блок 3).

При наличии сигнала 20% загазованности и отсутствии сигнала неисправности от электронного блока газоанализатора (блок 4), формируются команды на включение световой и звуковой сигнализации «Загазованность 20%» (блок 5), в противном случае световая сигнализация выключается (блок 6), звуковая сигнализация должна выключаться только с кнопки квитирования звуковой сигнализации.

При включённой звуковой сигнализации загазованности и нажатии на кнопку проверки светового и звукового сигнала загазованности (блок 7), формируется команда на отключение звуковой сигнализации загазованности (блок 8).

При отсутствии сигналов загазованности и нажатии на кнопку проверки светового и отключения (проверки) звукового сигнала загазованности (блок 9), формируется команда на включение звуковой и световой (10 или 20% НКПРП) сигнализации загазованности (блок 10).

При отсутствии сигналов загазованности и если была нажата и отжата кнопка проверки светового и отключения/проверки звукового сигнала загазованности (блок 11), формируется команда на отключение звуковой и световой (10 или 20% НКПРП) сигнализации загазованности (блок 12).

УДК 65.011.56

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ ГОРОДСКОГО СОЦИАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО ОБЪЕКТА**

**А.И. Тарасов**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Плотников**

Спортивные сооружения – это материально-техническая база физической культуры и спорта. Развитие массовости физической культуры и рост спортивных достижений немислимы без специальных сооружений, создающих оптимальные условия для проведения оздоровительных мероприятий, тренировок и соревнований. В свою очередь, развитие физической культуры и спорта стимулирует создание новых спортивных комплексов.

Проблема многих спортивных сооружений, в плохой циркуляции воздуха в помещении. Для решения проблем, связанных с большим влаговыделением, большим количеством зрителей, высокими потолками – требуется высшая квалификация и опыт.

Во время соревнований на каждого спортсмена нужно подать  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  свежего воздуха, на каждого зрителя –  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Суммарно речь может идти о  $100\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Кроме обеспечения требуемого объема необходимо, чтобы этот воздух подавался правильно. Кроме очистки потребуется эффективный механизм установки нужного температурного режима для занятий. Система вентиляции подбирается для каждого зала индивидуально.

При проектировании климатических систем приходится решать целый комплекс задач: распределение воздуховодов, нормальную работу нагнетателей, работу системы рекуперации теплоты. Проблема высоких расходов на эксплуатацию и обслуживание систем в значительной степени решается при помощи систем автоматизации и диспетчеризации.

Предлагается проект системы распределённой диспетчеризации управления климатом, спортивного объекта, который позволит за счет своевременного и эффективного управления технологическими потоками значительно снизить затраты энергетических ресурсов на 20–30%.

УДК 644.11

## **РАЗНИЦА МЕЖДУ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТОМ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

**П.С. Хабаров**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин**

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это устройство, предназначенное для транспортировки тепловой энергии от тепловой сети (ТЭЦ, ЦТП, котельной) к внутридомовым системам: отопление, ГВС – горячее водоснабжение, вентиляция. Располагается, как правило, в подвальном или техническом помещении дома. ИТП присоединяется к тепловым сетям, поэтому любая модернизация или реконструкция теплового пункта многоквартирного дома требует согласования с теплоснабжающими организациями (владельцами тепловых сетей). Также потребители тепла получают тепловую энергию не тогда, когда начинаются морозы, а в соответствии с производственным графиком ТЭЦ.

Основными источниками альтернативной энергии, которые можно использовать для отопления квартир являются электрический и инфракрасный теплые полы, газовое оборудование, обогрев с помощью кондиционера или энергосберегающего электрического обогревателя.

Нагревательный элемент электрического и инфракрасного теплых полов укладывается по всей поверхности пола, что приводит к равномерному обогреву всего помещения. Кондиционеры удобны и практичны, их можно устанавливать, как в многоквартирных, так и в частных домах, но полностью отказаться от традиционного центрального отопления в таком случае невозможно из-за маленькой теплоотдачи. Газовое отопление значительно экономит средства на оплату коммунальных услуг, и создает независимую автономную отопительную систему, но в условиях многоквартирного дома трудно оборудовать отдельные дымоходы и обеспечить нормальный уровень поступления воздуха. Электрические обогреватели имеют высокий уровень теплоотдачи, но при этом сильно возрастает потребление электроэнергии.

Основными отличиями альтернативной энергии от ИТП, применяемой для многоквартирных домов, является сложность монтажа и дороговизна оборудования. Также некоторым альтернативным источникам может не хватить мощности для отопления всей квартиры, поэтому нередко используют несколько вариантов отопления совместно.

УДК 681.5.08

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PLC И SCADA**

**Н.Н. Хазиев**  
**КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. филол. наук, доц. И.П. Назарова**

Котел является одним из самых важных оборудования на электростанции и требует непрерывного контроля и регулярного осмотра. В настоящее время в зарубежных странах ведется работа, направленная на замену ручного инспектирования автоматизированным. Данный процесс осуществляется с использованием контроллера с программируемой логикой (PLC) и диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и является более эффективным, чем традиционные методы. Последние не лишены человеческих ошибок, ненадежных показаний, плохих осмотров и т. д.

Система SCADA используется для контроля котловой воды, расхода пара и уровня воды. Данные, полученные с помощью различных датчиков, подаются в контроллер (PLC), который в свою очередь регулирует подачу воды в бойлер, расход потока и уровень воды. Если уровень воды в котле превышает или падает ниже критического значения, то вся система отключается и подается соответствующий аварийный сигнал тревоги.

Таким образом, автоматический мониторинг в реальном времени барабана котла можно осуществлять с помощью PLC и SCADA. Различные датчики и полевые приборы используются для того, чтобы измерить критические параметры, такие как уровень воды, пара и расхода. SCADA визуализируется для мониторинга параметров и PLC – чтобы контролировать весь процесс. Если скорость подачи воды, уровень воды и пара превышают заданные значения, то вся установка отключается с одновременным открытием клапанов с целью снижения давления пара.

УДК 65.011.56

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НЕПРЯМОГО СУХОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГЕЛЛЕРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**А.Р. Хасаншин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. Плотников**

Актуальность данной темы заключается в том, чтобы избавиться от загрязнения окружающей среды, а также повышение мощности охлаждения воды в летний период.

Традиционные методы охлаждения на электростанциях – это чрезвычайно водоёмкие процессы: такое охлаждение требует использования больших естественных водоемов, а сброс тепла в них вызывает тепловое загрязнение окружающей среды. Испарительные градирни требуют значительных объёмов подпиточной воды, а также они выбрасывают клубы насыщенных паров и загрязнения, скопившиеся в воде, а это наносит ущерб окружающей среде. Существуют сухие и мокросухие методы охлаждения, предлагающие все более осуществимые альтернативные решения. Эмитируя только тепло и чистый воздух, они не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду и в то же время освобождают электростанцию от зависимости от водных ресурсов. Есть два типа сухих систем охлаждения – прямая и непрямая. Наиболее популярной среди них является непрямая система, система Геллера. В настоящее время уже имеются электростанции, где отвод тепла обеспечивается полностью охладителями, целью которых является увеличение мощности охлаждения в летний период за счет использования небольшого дополнительного количества воды.

В системе Геллера отводимое тепло сначала передается воде, которая протекает по замкнутому циркуляционному контуру охлаждения, в поверхности или в смешивающем струйном конденсаторе. Затем поглощенное



водой тепло передается окружающему воздуху на ребристых трубках теплообменников. В данной схеме используется конденсатор традиционного типа, либо смешивающий струйный конденсатор. Так как контур охлаждения полностью замкнут, то в нем может циркулировать качественная питательная вода. В смешивающем струйном конденсаторе пар конденсируется в виде пленок воды на поверхности ребер, а вода смешивается с питательной водой. Вследствие прямого контакта температура воды может почти сравниться с температурой насыщенного выходного пара, тем самым в конденсаторе с прямым контактом достигается высокий вакуум, т. е. достигается меньшая конечная температурная разность.

УДК 004.42 + 005.1

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Г.Р. Хусниева  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, с.н.с. Т.К. Филимонова**

Система поддержки принятия решений или СППР (Decision Support Systems, DSS) – это компьютерная система, которая влияет на процесс принятия решений организационного плана в бизнесе и предпринимательстве путем сбора и анализа большого количества информации. Интерактивные системы позволяют руководителям выявить существующие бизнес-модели для решения определенных задач, получить полезную информацию из первоисточников и проанализировать ее. С помощью СППР можно проследить за доступными информационными активами, получить информацию об объемах продаж, спрогнозировать доход организации при возможном внедрении новой информационной системы или технологии, а также рассмотреть все возможные альтернативные решения.

Для корректной работы учреждения, необходимо правильно использовать имеющиеся финансы. Именно для этих целей и разрабатывается система финансовое планирование.

При разработке системы финансового планирования используются языки Javascript, PHP и bitrix framework. В качестве системы управления базой данных для реализации поставленной задачи была выбрана MySQL.

Условно в системе можно выделить следующие модули:

1. Модуль заявок. В данном модуле происходит создание заявок, согласование их начальниками отделов, ответственными за статьи и бизнес-единицы.

2. Модуль итоговых бюджетов. В данном модуле формируются итоговые бюджеты учреждения

3. Модуль администрирования. Модуль предназначен для администраторов данной системы. В этом модуле они переключают этапы бюджета, устанавливают ответственных за статьи и бизнес-единицы.

Каждый сотрудник учреждения может создавать заявки. Для этого ему необходимо зайти в систему финансового планирования, которая интегрирована в корпоративный портал битрикс. Перед сотрудником появляется форма, где он может создать заявку согласно своим потребностям.

УДК681.5(075.8): 622.3

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛЕ**

**А.Д. Шагиев  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, с.н.с. Т.К. Филимонова**

На сегодняшний день, автоматизация является актуальной задачей для многих предприятий. У автоматизации много преимуществ, одной из которых является увеличение конкурентоспособности, благодаря достаточно быстрой скорости движения товара. Снижается количество ошибок при вводе данных, увеличивается скорость ввода данных, возможности хищения сведены к нулю.

Вовремя полученная информация и правильное ее использование – залог успеха любой организации. Каждой большой фирме необходимо понимать, как продвигаются продажи, что происходит на складе, правильно ли произведена инвентаризация. Для достижения всех этих целей, необходимо создать общедоступное пространство для контроля всех сфер работы фирмы.

Данная работа актуальна в связи с большим количеством проблем и вопросов по улучшению работы фирм при помощи современных устройств и технологий.

Организация, для которой разрабатывалась программа – розничный магазин «ООО» Нова, занимающаяся продажами одежды, аксессуаров для взрослых и детей, товарами для дома и автомобилей.

Целью являлось создание программного продукта для мониторинга отправленных данных на сервер, обновления полученной информации.

Для разработки программного комплекса использовались: объектно-ориентированный язык программирования Java, среда разработки Android Studio и Eclipse, сервер приложений Tomcat, база данных PostgreSQL.

Достоинствами разработанной программы являются быстрый прием и оформление принятого товара, занесение данных на общий склад, мониторинг отправленных данных.

УДК 621.1

## **ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ТЕПЛООБМЕНА**

**Р.А. Шакиров  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. Гильфанов**

В настоящее время вся вырабатываемая тепловая энергия до своего использования многократно проходит преобразование в различных теплообменных устройствах. Поэтому эффективность всего производства напрямую зависит от эффективности теплообменных аппаратов.

Интенсификация теплообмена и повышение энергетической эффективности теплообменных аппаратов представляют большой интерес и имеют огромное значение для многих отраслей промышленности.

Проектирование интенсифицированных теплообменников с оптимальными характеристиками затрудняется проблемой обобщения результатов исследований. Обобщить характеристики поверхностных интенсификаторов теплообмена общепринятыми уравнениями сохранения не удастся ввиду сложности тепловых и гидромеханических процессов.

Выход из ситуации предлагают системы искусственного интеллекта, способные к обучению. Такими являются искусственные нейронные сети. Нейросетевое моделирование позволяет обобщить результаты экспериментов сложных многопараметрических процессов, «заглядывая» за пределы диапазонов параметров, в которых были проведены опыты.

Анализ литературных источников и проделанных ранее работ показывает возможность построения искусственных нейронных сетей для моделирования характеристик поверхностных интенсификаторов теплообмена в виде регулярных коридорных выемок. Тестирование нейросети, проведенное ранее, показало погрешность моделирования 16,08%, что можно считать удовлетворительной, учитывая разброс в выборке данных связанных с погрешностью экспериментов.

Также следует отметить, что полученные результаты являются промежуточными, так как для практического использования результатов моделирования необходимо расширить спектр данных по поверхностным интенсификаторам теплообмена, что и будет получено в результате дальнейших исследований.

УДК 65.011.56

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УМНОГО ДОМА**

**Т.С. Шмакова  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин**

Актуальность системы умный дом для российского рынка трудно переоценить. В Татарстане разработкой и внедрением систем умного дома занимаются такие компании, как: ITDOM.NET, ИВЦ Технологика, SMART SET, Smart. Использование концепции интеллектуального здания обеспечивает комфорт, безопасность и ресурсосбережение для всех пользователей. Кроме того, в условиях постоянного роста тарифов владельцы частных домов начинают использовать в своём хозяйстве альтернативные источники энергии. Это позволяет экономить на услугах ЖКХ.

На сегодняшний момент альтернативные источники энергии могут обеспечить дом теплом, электроэнергией, теплой водой. Основные источники альтернативной энергии, которые можно использовать в частном доме, это солнечная энергия, энергия ветра, тепловые насосы, генераторы из биоотходов.

Солнечную энергию можно преобразовать в электрический ток или для горячего водоснабжения. Для преобразования энергии ветра в электрическую применяются ветрогенераторы. Тепловые насосы можно использовать для организации отопления и горячего водоснабжения в частном доме, отбирая тепло у воздуха, земли, воды. Получаемый с помощью биогазовых установок биогаз может использоваться по прямому назначению или сжигаться в газогенераторе для выработки электроэнергии.

Применение одного альтернативного источника энергии зависит от погодных условий и географического местоположения. Для того чтобы исключить эту зависимость необходимо использовать резервные источники

энергии, в качестве которых могут выступать как другие альтернативные источники, так и инженерные сети. В случае избытка получаемой энергии от альтернативных источников ее можно передавать в инженерную сеть.

Оборудование системы умного дома на альтернативных источниках энергии и работы по его установке являются дорогостоящими, следовательно, коэффициент окупаемости будет высоким. Для его уменьшения желательно устанавливать оборудование на несколько домов.

УДК 608.2

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ДОМОФОННОЙ СИСТЕМЫ ДОСТУПА В МНОГОКВАРТИРНЫЕ ДОМА НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО МОДУЛЯ**

**С.Д. Яшагин, Р.Р. Шамсиев, Н.А. Лапухин  
КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук.: канд. физ.-мат. наук, доц. Т.К. Филимонова;  
канд. техн. наук, доц. А.Н. Богданов**

Две трети граждан РФ живет в многоквартирных домах. Большинство подъездов таких домов оснащено домофонами. Развитие цифровых технологий, микропроцессорных устройств привело к созданию новых более приспособленных домофонных устройств. Появилась возможность открывать замки дистанционно с пульта, передача не только звука, но и изображения. При этом наиболее распространенные в РФ домофонные системы имеют недостаток – брелок необходимо прикладывать к считывателю, что вызывает неудобство для пользователей.

Но технологии продолжают развиваться и в результате, появляются новые возможности сделать домофонные системы еще более удобными и эффективными. В результате реализации проекта планируется разработать приставку, подходящую к большинству домофонных систем, распространенных в РФ. Данная приставка позволит, не прикладывая брелок к считывающему устройству, просто подойдя к двери на расстояние до одного метра открыть электромагнитный замок (брелок при этом может спокойно лежать в кармане или сумке). Данное решение будет способствовать повышению комфорта населения, особенно пожилых людей и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Приставка состоит из «управляющего модуля» и «антенны» в едином корпусе. Разработана концептуальная модель, подобрана и протестирована элементная база для «антенны», в настоящее время завершается работа

по программированию микроконтроллера для «управляющего модуля». До конца 2017 года планируется протестировать взаимодействие с домофонами «Метаком» и собрать экспериментальный образец в едином корпусе. Весной 2018 года планируется провести полевые испытания на одном-двух домах г. Казани. По завершению апробации и получения положительных отзывов, данное решение можно будет тиражировать на другие многоквартирные дома Казани. Проект реализуется при поддержке Молодежного инновационного центра КГЭУ «Энергия», ООО «ТатСвязьСервис» и ООО «ВВМ-ПРИНТ».

## СОДЕРЖАНИЕ

## Секция 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

<b>Али Язид С.С.</b> Установка обратного осмоса для опреснения морской воды.....	3
<b>Асатов М.Ф.</b> Применение мини-ТЭЦ в ЖКХ.....	4
<b>Аскарров Ф.З.</b> Представление диаграммы режимов турбоагрегата Т-185/220-130-2 в эмпирической форме.....	5
<b>Ахметова Р.В.</b> Особенности разработки форсунок для сжигания мазута в котлах.....	6
<b>Бойко Е.А.</b> Эффективность применения промежуточного перегрева пара ПГУ трех давлений на базе ГТУ V-94.3А.....	7
<b>Быканов С.А.</b> Оценка эффективности отключения ПНД турбины Т-118/125-130 на пылеугольной ТЭЦ.....	8
<b>Галеев А.А.</b> Утилизация нефтяных отходов с получением электрической энергии на ТЭЦ-2 г. Нижнекамск.....	9
<b>Ганеев А.Т.</b> Исследование воздействия ультразвука на реологические свойства мазута при его подготовке к сжиганию.....	10
<b>Гатауллин Д.И.</b> Исследование режимов работы турбоустановки ПТ-140/165-130 с пиковым подогревателем сетевой воды.....	11
<b>Гильфанов Б.А., Разакова Р.И.</b> Повышение эффективности работы башенных градирен ТЭС.....	12
<b>Зебров В.Ю.</b> Способ получения дополнительной электрической мощности на пылеугольном блоке за счет модернизации котла ТПП-312А...	13
<b>Крапивин Н.В.</b> Использование мини-ТЭЦ для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.....	14
<b>Кривулин С.С.</b> Исследование перспективы теплоснабжения от АЭС...	15
<b>Кулизаде Д.И.</b> Повышение энергоэффективности технологических процессов формообразования на основе компенсации «недогрузки» станка.....	16
<b>Мамлеева А.Р., Виноградов А.С.</b> Анализ установок, применяемых для перемешивания циркулярных вод ТЭС и АЭС в прудах-охладителях...	17
<b>Мингалеева Л.М.</b> Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в многоквартирных домах.....	18
<b>Минибаев А.И., Мамлеева А.Р.</b> Создание замкнутых бессточных малоотходных систем водопользования с применением электромембранных технологий на тепловых электрических станциях и предприятиях топливно-энергетического комплекса.....	19

<b>Мирошниченко Н.Н.</b> Эффективность аккумулирования тепловой энергии с высокотемпературным теплоносителем.....	20
<b>Мирсалихов К.М.</b> Исследование пуско-остановочных режимов огневого стенда кафедры «Тепловые электрические станции» Казанского Государственного энергетического университета.....	21
<b>Мухаметзянова Л.А.</b> Риск-менеджмент.....	22
<b>Осьминин С. Д.</b> Повышение эффективности действующих ТЭС внедрением парогазовых технологий.....	23
<b>Просвирнина Д.В.</b> Способ снижения выбросов диоксида углерода из башенной испарительной градирни.....	24
<b>Рафиков М.Р.</b> Анализ эффективности применения асинхронизированных синхронных турбогенераторов.....	25
<b>Русаков Д.А.</b> Повышение эффективности блоков сверхкритических параметров.....	26
<b>Саитов С.Р., Кириллова Н.А.</b> Применение метода ИК-спектрии при выявлении характера отложений на обратноосмотических мембранах.....	27
<b>Саитов С.Р., Кириллова Н.А.</b> Программа расчета состава исходной воды, концентрата и пермеата установки обратного осмоса.....	28
<b>Соловьев А.А.</b> Эффективность бинарной ПГУ мощностью 260 МВт на основе ГТУ типа GTX-100.....	29
<b>Степанов Р.И.</b> Надстройка ПГУ-ТЭЦ по сбросной схеме на основе ГТУ типа V 64.3A.....	30
<b>Фатхутдинов Э.И</b> Методы хранения отработавшего ядерного топлива... 31	31
<b>Хаертдинова А.Р.</b> Химическая очистка систем теплоснабжения ЖКХ... 32	32
<b>Чекменева Е.С.</b> Реформирование ЖКХ в условиях рыночных отношений..... 33	33
<b>Чикляев Е.Г.</b> Сжигание метано-водородной фракции в паровых котлах... 34	34
<b>Шайхатова Э.А.</b> Дымовая труба объединенная градирней..... 35	35

**Секция 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА.  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК  
И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ТЕПЛОВЫЕ  
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

<b>Абкадыров А.Р.</b> Использование теплового насоса для уменьшения теплового загрязнения атомной электрической станции.....	36
<b>Алимкулова С.Р.</b> Целесообразность применения ИТП на базе пластинчатых теплообменников.....	37



<b>Алимкулова С.Р.</b> Проблемы применения индивидуального теплового пункта в системах теплоснабжения.....	38
<b>Асадуллин Т.Р.</b> Особенности применения двигателя Стирлинга для утилизации тепла от ТЭЦ.....	39
<b>Габдуллазянова А.А.</b> Важность оптимизации котельных в Республике Татарстан.....	39
<b>Гайнуллин А.Р.</b> Теплоснабжение зданий с применением альтернативных источников энергии.....	40
<b>Гатауллина И.М.</b> Перспектива применения тепловых насосов для отопления жилого здания.....	41
<b>Гиниятов А.М.</b> Техничко-экономическое сравнение строительства централизованного и автономного газоснабжения.....	42
<b>Гумеров И.Р.</b> Автономная система на базе топливных элементов.....	43
<b>Гурьянов М.В.</b> Особенности нефтепереработки в республике Татарстан...	44
<b>Джафарова С.Ф.</b> Схема подключения теплового насоса на ГРЭС.....	45
<b>Додонов В.А., Музюкова Д.С.</b> Энергосберегающий тепловой насос в целлюлозно-бумажном производстве.....	46
<b>Едутова Т.В., Логинов В.Н.</b> Основные пути перехода к эксплуатации газотурбинных установок по уровню надежности.....	47
<b>Загретдинова А.Р.</b> Регулирование отпуска теплоты в индивидуальных тепловых пунктах.....	47
<b>Загретдинова А.Р.</b> Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов.....	48
<b>Замалиев А.Н.</b> Увеличение энергоэффективности термического обезвреживания отходов.....	49
<b>Зарипова Г.М.</b> Топливные гранулы в качестве теплового альтернативного источника энергии.....	51
<b>Захарова В.Е.</b> Актуальность использования ВЭУ для модернизации системы отопления энергии.....	52
<b>Ибадов А.А.</b> Техничко-экономическая оценка внедрения биогазовой установки в систему молочного комбината.....	52
<b>Ильин Д.В.</b> Пути повышения энергоэффективности жилого здания.....	53
<b>Исмаилова Г.М.</b> Исследование проблем препятствующих развитию геотермальной энергетике.....	54
<b>Казакова Г.Д., Сидорова А.А.</b> Защита трубопроводных систем от коррозии.....	55

<b>Калачев Н.А.</b> Использование турбодетандеров для утилизации избыточного давления природного газа на вводе в ТЭЦ.....	56
<b>Калинина М.В.</b> Пример использования солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома....	57
<b>Каряжников К.А.</b> Технические решения по оптимизации котельного цеха с целью повышения экономичности.....	58
<b>Каряжников К.А.</b> Разработка технических решений для котельного цеха.....	59
<b>Ким А.Г.</b> Недостаток использования энергии приливов и отливов в России и способ ее решения.....	60
<b>Ким А.Г.</b> Инновационные технологии в гидроэнергетике.....	60
<b>Курицына К.С.</b> Схема использования солнечной энергии в целях отопления исследовательской станции на луне.....	61
<b>Латыпов Д.Р.</b> Повышение эффективности работы систем оборотного водоснабжения.....	62
<b>Мингазетдинов Е.Е, Гаевая А.А.</b> Увеличение мощностей промышленного предприятия путем перераспределения имеющихся тепловых потоков.....	63
<b>Мукатдаров А.А.</b> Контроль металла теплоэнергетического оборудования.....	64
<b>Насыйрова М.Р.</b> Анализ вариантов косвенного нагрева нефти на объектах нефтеподготовки.....	65
<b>Нигматулина А.Ф.</b> Снижение расхода энергии на привод насосов обточкой колес насоса трубопровода.....	66
<b>Нигматулина А.Ф., Ибадов А.А.</b> Применение стеклопластиковых трубопроводов в нефтехимической промышленности.....	67
<b>Поляков Е.Д.</b> Исследование возможностей модернизации индивидуального теплового пункта.....	68
<b>Сабирова Л.Р.</b> Преимущество применения индивидуальных тепловых пунктов в городе Казань.....	69
<b>Самигуллин А.И.</b> Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий при передаче тепловой энергии.....	70
<b>Сафонова Е.М.</b> Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности многоквартирного жилого дома.....	71
<b>Сидорова А.А., Казакова Г.Д.</b> Защита трубопроводов от коррозии....	72
<b>Султанова Г.Ф.</b> Преимущества инфракрасного отопления.....	73

<b>Тазеев И.Р.</b> Повышение надежности теплоэнергетического оборудования.....	74
<b>Талипова А.Р., Шарипова Л.Р.</b> Сравнение свойств жидкой теплоизоляции с традиционными видами.....	75
<b>Фазуллин Д.Р.</b> Попутный нефтяной газ и проблема его утилизации.....	76
<b>Фаритова А.А.</b> Отличительные особенности применения геотермальной системы отопления в Российской Федерации.....	77
<b>Фаритова А.А.</b> Применение солнечных коллекторов в Российской Федерации.....	77
<b>Федоров М.А., Храмова Е.В.</b> Трансформатор теплоты парокompрессионного типа как источник теплоснабжения.....	78
<b>Хайрулина К.А.</b> Надежность работы системы теплоснабжения.....	79
<b>Халлыев И.А., Галиев А.И.</b> Система отопления коттеджных домов с использованием теплового насоса.....	80
<b>Харисов Э.Ш.</b> Современные системы управления производственными активами на объектах теплоэнергетики.....	81
<b>Харитонов В.А., Максимов В.А., Сердцев С.С.</b> Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения путем изменения температурного графика и нормирования потребления энергоресурсов.....	82
<b>Харитонов В.А., Максимов В.А., Сердцев С.С.</b> Пути повышения энергоэффективности систем теплоснабжения.....	83
<b>Хафизов Р.Г.</b> Энергетическая установка в условиях космоса на базе двигателя Стирлинга.....	84
<b>Хафизов Р.Г.</b> Применение тепловой энергетической машины на базе двигателя Стирлинга для энергообеспечения космической станции.....	85
<b>Чанчин К.В.</b> Применение нейронных сетей в диагностике трубопроводов.....	86
<b>Шайдуллин Р.Р.</b> Результаты наладки системы теплоснабжения от котельной №3 г. Нурлат.....	87
<b>Шакурова Р.З.</b> Получение энергии на основе явления осмоса.....	88
<b>Юсупов И.Ф.</b> Особенности применения двигателя Стирлинга в ближнем космосе.....	89
<b>Яндукова П.А., Ибадов А.А.</b> Солнечные коллекторы как перспективные технологии для организации ГВС и теплоснабжения.....	89
<b>Яхина Л.Т.</b> Установка мини-ТЭЦ на ООО АЧНФ «Алсу».....	90

### **Секция 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

<b>Ахметвалиева Г.В., Бурганова Ф.И., Шайхутдинова А.Р.</b> Изучение свойств водоугольных суспензий в присутствии наноматериалов.....	92
<b>Вашитов Б.Р.</b> Повышение эффективности работы системы очистных сооружений.....	93
<b>Исрафилова А.А.</b> Анализ методов утилизации сернисто-щелочных сточных вод.....	94
<b>Миннеярова А.Р., Хамитова Э.Г.</b> Исследование адсорбционной очистки обратноосмотического концентрата от сульфат-анионов карбонатным шламом.....	95
<b>Прудецкий А.Е.</b> Повышение эффективности процесса ректификации спиртовой смеси.....	96
<b>Семенова О.В.</b> Анализ систем водоподготовки для ПГУ на ТЭЦ.....	97
<b>Столярова Е.Ю.</b> Мини-градирня с насадками.....	98
<b>Хабибуллина Р.В., Ахметвалиева Г.В., Бурганова Ф.И.</b> Изменение реологических свойств мазута при добавлении углеродных нанотрубок и обезвоженного карбонатного шлама.....	99
<b>Хамзина Д.А.</b> Использование замазученного сорбционного материала в качестве вторичного энергетического ресурса на промышленных предприятиях.....	100
<b>Храмова А.И.</b> Применение ингибиторов солеотложения для коррекционной обработки сетевой воды.....	101
<b>Хуснутдинов А.Н.</b> Очистка газовых выбросов предприятий химической промышленности карбонатным шламом.....	102
<b>Юсупов И.Р., Столярова Е.Ю., Туктаев А.А.</b> Элиминокс как альтернатива гидразинной обработки питательной воды на казанской ТЭЦ-1....	103

### **Секция 4. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Абзалова Л.А.</b> Обоснование актуальности биогазовых технологий.....	104
<b>Арсланов А.Р.</b> Экономичный способ получения водорода на предприятиях водоподготовки.....	105
<b>Арсланова Г.Р., Валеев К.В., Асаева Л.Ш.</b> Разработка энергосберегающей установки процесса экстракции древесных отходов.....	106
<b>Астраханов М.В.</b> Исследование радиационных и конвективных теплопотерь материалов.....	106

<b>Бадретдинова Г.Р.</b> Локальная интенсивность внешнего теплообмена от цилиндра в коридорном пучке труб при низкочастотных несимметричных пульсациях потока.....	107
<b>Валеев К.В., Арсланова Г.Р.</b> Разработка энергоресурсосберегающей технологии для процесса получения древесно-полимерной плиты из рафинированных древесных отходов лиственницы.....	108
<b>Габдуллина А.Р., Хакимова А.М.</b> К выбору тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей.....	109
<b>Гаврилов Д.С.</b> Оценка эффективности модернизации осветительной установки.....	110
<b>Гарифуллина Р.Р.</b> Проблемы эксплуатации силовых трансформаторов...	111
<b>Гиниятуллина Э.И.</b> Обоснование актуальности разработки модели энергоавтономного предприятия на основе возобновляемых источников энергии.....	112
<b>Горожанкина П.В.</b> К вопросу водоподготовки на промышленных предприятиях.....	113
<b>Горшков А.А.</b> Исследование энергоэффективности средств управления промышленных станков.....	114
<b>Зиганшина А.И.</b> Оптимизация количественных и качественных параметров размещения электростанций для электромобилей в г. Казани с учетом режимов электрических сетей на основе Matlab Simulink.....	114
<b>Илалова Г.Ф.</b> Разработка энергоэффективного комплекса для процессов сушки древесины.....	116
<b>Илалова Г.Ф.</b> Снижение энергетических затрат в процессах вакуумной сушки древесины.....	117
<b>Имелбаева Э.В.</b> Новые сорбционные материалы для очистки воды от органических примесей.....	118
<b>Исламова Г.Н.</b> Применение светодиодов для созданий устройств, использующих солнечную энергию.....	119
<b>Исламова Г.Н.</b> Перспективы использования солнечной энергии для отопления и горячего водоснабжения домов на территории Российской Федерации.....	120
<b>Кадыров А.М.</b> Применение сорбционных материалов в энергетике.....	121
<b>Лутфуллин И.И., Серпионов А.А., Уразаев В.Г.</b> Экспресс-анализатор остаточной емкости аккумуляторных батарей.....	122

<b>Мингалимова Н.Р.</b> Анализ актуальности внедрения индивидуальных тепловых пунктов в Республике Татарстан.....	122
<b>Минуллин Б.И.</b> Обоснование актуальности использования ветро-энергетических технологий.....	124
<b>Муртазина Г.Р.</b> Восходящая жидкостная хроматография органических соединений.....	125
<b>Мухтарова А.Р.</b> Термическая обработка биомассы в производстве древесных топливных гранул с повышенной энергетической эффективностью.....	126
<b>Нагимова Э.В.</b> Выбор конструкции трубопроводов тепловой сети.....	127
<b>Назмеев Э.Р.</b> Результаты испытаний регулятора давления газа МСР РДП ПЗК-50-1.....	127
<b>Нуртдинов Т.М.</b> Разработка совмещенного освещения в производственном помещении.....	128
<b>Нуртдинов Т.М.</b> Совмещенное освещение в производственном помещении с использованием световодов.....	129
<b>Паулкин М.А.</b> Удаление влаги из углеводородных газов.....	130
<b>Петрова В.В.</b> Пробоподготовка трансформаторного масла.....	131
<b>Смирнова А.А.</b> Исследование зависимости пульсации от типа матрицы у моделей современных ноутбуков и моноблоков.....	132
<b>Смирнова А.А.</b> Анализ схем присоединения систем горячего водоснабжения к тепловым сетям.....	133
<b>Сулейманов Р.Р., Нагимуллин А.И.</b> Международно-правовое регулирование сотрудничества государств в области энергетики на основе договора к энергетической хартии: участие и перспективы Российской Федерации.....	134
<b>Фаздалова А.Р., Димиева З.И.</b> Решение проблем энергосбережения и повышения энергетической эффективности на примере республики Татарстан.....	135
<b>Хамидуллин Л.Ш.</b> Тепловой насос как технология в энергетике.....	135
<b>Хамидуллин Д.М.</b> Оптимизация системы электроснабжения предприятия с применением малой генерации.....	136
<b>Хасанов Б.Р.</b> Индивидуальная компенсация реактивной мощности.....	137
<b>Хафизова А.Ш.</b> Устройство для стабилизации гидравлического режима...	138
<b>Чирухин К.В.</b> Теплогидравлическая эффективность коридорного пучка труб при пульсирующем потоке теплоносителя.....	139

<b>Шамсутдинова А.И.</b> Получение электроэнергии из древесины путем газификации.....	140
<b>Шамсутдинова А.И.</b> Повышение энергоэффективности осцилирующей вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов.....	141

### **Секция 5. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**

<b>Асриев А.А., Урмантаев Д.И.</b> Исследование режимов работы когенерационной установки на базе ГТУ.....	143
<b>Афлятунов И.И.</b> Использование метано-водородной фракции в качестве топлива для ГТУ.....	144
<b>Батеев Н.А.</b> Внедрение поверхностей нагрева повышенной эффективности.....	145
<b>Глушков Ф.А.</b> Состояние исследований, разработок и практического применения твердооксидных топливных элементов.....	146
<b>Заббаров С.Ф., Шутраев Н.В.</b> Использование котлов-утилизаторов малой мощности.....	147
<b>Камалетдинов И.З., Шаров Д.А.</b> Выбор оптимальных параметров парового цикла для двухконтурной ПГУ.....	148
<b>Комаров М.В., Комарова Е.А.</b> Исследование газотурбинных технологий для получения воды из воздушного бассейна с применением АС ГРЭТ....	149
<b>Кыямов Р.Н., Шаров Д.А.</b> Режимы работы когенерационной установки.....	149
<b>Накипов Д.Ф.</b> Способы повышения эффективности ПГУ на основе сравнения одноконтурной и двухконтурной ПГУ с КУ.....	150
<b>Нгуен Дык Тоан.</b> Эффективность гибридной мини-ТЭС с воздушным подогревателем типа Solgate.....	151
<b>Салтанаева Е.А.</b> Технологические приемы сжигания высоко обводненного мазута в котлах ТЭС.....	152
<b>Тувакина З.А., Юрочкин А.Е., Комаров М.В.</b> Исследование схемы ГТУ с подогревом воздуха перед камерой сгорания.....	153
<b>Урмантаев Д.И., Асриев А.А.</b> Повышение эффективности когенерационной установки на базе ГТУ.....	154
<b>Фам Данг Нят</b> Расчет эксергетического КПД мини-ТЭС с солнечным подогревателем воздуха Refos.....	155
<b>Чурилов А.С., Мустаева Э.Ш.</b> Экспериментальное исследование динамической вязкости мазута при воздействии ультразвука.....	156

<b>Шаров Д.А.</b> Сравнение показателей двухконтурной и трехконтурной ПГУ с КУ.....	157
<b>Шутраев Н.В, Заббаров С.Ф.</b> Исследования на математических моделях парогазовой установки с котлом-утилизатором.....	158
<b>Юрочкин А.Е., Тувакина З.А.</b> Исследование схемы ГТУ с высокой степенью сжатия.....	159

### **Секция 6. ТЕПЛОФИЗИКА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЭК**

<b>Ахмадуллин А.М.</b> Технологическая схема очистки нефтесодержащих вод для повторного использования в оборотных циклах ТЭС.....	161
<b>Галиев А.А.</b> Разработка установки для определения теплопроводности стенок труб со значительным уровнем загрязнения.....	162
<b>Гареева И.С., Васильев Т.В., Халитова М.Ф.</b> Оценка электрооптических параметров молекул ЭХ <sub>3</sub> для расчетов поглощения в области ИК-излучения.....	162
<b>Данг Суан Винь, Хусаинов Р.Р.</b> Разделение эмульсий в прямоугольных сепараторах.....	163
<b>Дмитриев В.А.</b> Разработка экспериментальной установки для исследования уноса жидкой фазы потоком воздуха в струйно-барботажном контактном устройстве.....	164
<b>Зинуров В.Э.</b> Расчет геометрических размеров конструктивных элементов котлов производительностью 50 кВт.....	165
<b>Колесников К.А.</b> Охлаждение масляных трансформаторов.....	165
<b>Медведева П.В., Чугунов А.А.</b> Расчет испарения капель в газовом потоке.....	166
<b>Нгуен Ву Линь.</b> Эффективность ступени прямоугольного сепаратора...	167
<b>Сафин А.М., Лутфуллин И.И., Емельянов Р.В.</b> Технология электромагнитополовой активации воздушно-топливной горючей смеси теплоэнергетических агрегатов.....	168
<b>Соколова У.А.</b> Гидродинамика течений жидкости в зазорах и щелевых каналах энергетического оборудования.....	168
<b>Тимошенко В.Г., Никитин М.Н.</b> Разработка энергоэффективной насосной установки с линейным ПЭД для добычи нефти из малодебитных скважин.....	169
<b>Туманян Х.А.</b> Исследование двухкамерной струйной насосно-компрессорной установки.....	170



<b>Файзуллина А.И.</b> Расчет параметров для эффективного горения жидкого топлива.....	171
<b>Хайрутдинов М.А.</b> Расчет характеристик распыла факела центробежной форсунки.....	172
<b>Хафизова А.И.</b> Теплофизические процессы в аппаратах со струйно-пленочными контактными устройствами.....	173
<b>Хафизова А.И.</b> Гидравлическое сопротивление в струйно-пленочных контактных устройствах.....	174
<b>Хусаинов Р.Р.</b> Влияние сглаживания граней при моделировании высокопористой ячеистой структуры на расчет перепада давления.....	175
<b>Шалина М.Ю.</b> Метод регулярного режима первого рода с использованием ограниченного объема жидкости.....	176

#### **Секция 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

<b>Бабикова В.В., Хамитова М.Ф.</b> Изучение фитопланктона прудов питомника «Биосфера» в республике Татарстан.....	177
<b>Гатауллина Р.З.</b> Особенности макрозообентоса водоема парковой зоны «озеро Харовое» в г. Казани.....	178
<b>Дементьев Д.С., Исмагилов Ф.А.</b> Особенности роста стальноголового лосося в условиях экспериментальной установки с замкнутым водоснабжением.....	179
<b>Занозеев Р.В.</b> Динамика абиотических факторов среды озера Средний Кабан в зоне действия Казанской ТЭЦ-1 во временном аспекте.....	180
<b>Идрисова И.И.</b> Использование рыб данио-рерио для исследования токсичности и биологической активности добавок к кормам для выращивания гидробионтов.....	181
<b>Кабирова К.И.</b> Очистка азотсодержащих сточных вод.....	182
<b>Калайда А.А.</b> Производство кормов для осетровых рыб в Российской Федерации.....	183
<b>Нигаматзянова А.Р.</b> Оценка перспектив использования белковой добавки из инкубационных отходов птицеводства в кормах для осетровых рыб.....	184
<b>Хамитова М.Ф., Цыганов Р.А.</b> Моделирование процесса роста рыб как основа исследования кормовых добавок.....	185

## Секция 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

<b>Апакова А.В.</b> Организация структурированной кабельной системы.....	186
<b>Баянов А.И., Мухамедзянов Ш.Т.</b> Разработка алгоритма пульсирующего управления частотным приводом насоса.....	187
<b>Бердикожоев К.Б.</b> Повышение качества регулирования посредством введения корректирующих звеньев.....	188
<b>Галиев А.А.</b> Моделирование и изменение конструктивных особенностей сепаратора для повышения эффективности разделения.....	189
<b>Галиев А.И., Халлыев И.А., Рябых И.А.</b> Разработка системы теплоснабжения на основе тепловых насосов с применением льдоаккумуляторной установки.....	190
<b>Галиева Р.Ф.</b> Автоматизация управления технологическими процессами подстанций районных электрических сетей.....	191
<b>Гатин И.Р.</b> Разработка информационного электронного приложения для развития профессиональных компетенций в контексте личностного роста.....	192
<b>Гиниатуллин Р.М.</b> Автоматизированная система контроля углеводов в воде.....	193
<b>Григорьева С.Г.</b> Прогнозирование объема продаж как способ усовершенствования маркетинговой деятельности.....	194
<b>Зайцев С.А.</b> Автоматизированная и дистанционная система управления отоплением частного дома.....	195
<b>Закиров М.Э.</b> Исследование детектирования огня на факелах в нефтеперерабатывающих хозяйствах.....	195
<b>Замалиева Г.И.</b> Возможность управления процессом суспензионной полимеризации.....	196
<b>Зинуров В.Э.</b> Оптимизация конструкции области горения для повышения эффективности котлов малой мощности.....	197
<b>Каюмов А.А., Шамсияров А.Н., Минаева А.В.</b> Разработка системы управления шаговым двигателем для поворотного стола.....	198
<b>Корюкина А.М.</b> Автоматизированная система управления технологическим процессом теплоснабжения городского района с учетом погодных факторов.....	199
<b>Леонова А.Д.</b> Автоматизированная система управления технологическим процессом первичной обработки нефти.....	200

<b>Леонтьева Р.С., Мингалиева А.В.</b> Omegaland – интегрированная среда разработки тренажеров.....	201
<b>Логинов А.Е.</b> Интеллектуальная автоматизация теплоснабжения городского микрорайона.....	202
<b>Львова О.А.</b> Социальные аспекты автоматизации.....	203
<b>Маркова А.И.</b> Автоматизация производственных процессов промышленных предприятий.....	204
<b>Мингалиева А.В., Леонтьева Р.С.</b> Компьютерный тренажерный комплекс сплиттера нефти.....	205
<b>Мухтарова А.Р.</b> Модельно базированное автоматическое управление процессами оттаивания и тепловой обработки древесины.....	206
<b>Осмоловский Е.Е.</b> Разработка и исследование скалярной и векторной системы управления скорости электропривода с инерционной нагрузкой...	207
<b>Рыцова А.В.</b> Автоматизация технологического процесса компрессорных станций за счет внедрения автоматической системы управления.....	208
<b>Рябых И.А., Муратов Р.М., Мингазов Р.Р.</b> Разработка тренажера виртуальной реальности для обучения персонала районных электрических сетей.....	209
<b>Сафин И.Н.</b> Предпосылки для создания интеллектуальной системы снижения выбросов в атмосферу.....	210
<b>Сафиулин Р.И.</b> Алгоритм управления средствами оповещения о загазованности.....	211
<b>Тарасов А.И.</b> Автоматизация систем управления климатом городского социального спортивного объекта.....	213
<b>Хабаров П.С.</b> Разница между индивидуальным тепловым пунктом и альтернативными источниками энергии.....	214
<b>Хазиев Н.Н.</b> Автоматический мониторинг с использованием PLC и Scada...	215
<b>Хасаншин А.Р.</b> Автоматизация системы непрямого сухого охлаждения Геллера для электростанций.....	216
<b>Хусниева Г.Р.</b> Разработка системы поддержки принятия решений в области финансового планирования предприятия.....	217
<b>Шагиев А.Д.</b> Разработка программного комплекса для автоматизации процессов в розничной торговле.....	218
<b>Шакиров Р.А.</b> Перспективы нейросетевого моделирования поверхностных интенсификаторов теплообмена.....	219
<b>Шмакова Т.С.</b> Альтернативные источники энергии для умного дома....	220
<b>Яшагин С.Д., Шамсиев Р.Р., Лапухин Н.А.</b> Модернизация домофонной системы доступа в многоквартирные дома на основе бесконтактного модуля.....	221

*Научное издание*

XXI АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ  
ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА

5 – 6 декабря 2017 г.

Тезисы докладов

В трех томах

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

Том 2

Компьютерная верстка И.В. Краснова  
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 15.03.18.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 13,72. Уч.-изд. л. 10,68. Тираж 500. Заказ № 5096.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51