МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

23–25 апреля 2014 г.

Казань

В трех томах

Под общей редакцией
ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Том 2

Казань 2014

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензенты:
заведующий лабораторией Академэнерго,
доктор технических наук *Р.Г. Мингалеева*;
проректор по научной работе Казанского государственного
энергетического университета, кандидат технических наук
Э.В. Шамсутдинов

М34 **Материалы докладов IX Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения»** / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – 224 с.

ISBN 978-5-89873-401-5

В сборнике 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 философии.

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук Э.Ю. АБДУЛЛАЗЯНОВ (гл. редактор); канд. техн. наук, Э.В. ШАМСУТДИНОВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА; д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. КОЗЛОВ; канд. физ.-мат. наук, доц. Ю.Н. СМИРНОВ; канд. техн. наук, доц. Е.Е. КОСТЫЛЕВА

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

ISBN 978-5-89873-401-5

© Казанский государственный
энергетический ун-т, 2014

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СЕКЦИЯ 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

УДК 621.65

УСЛОВИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ НА ОБЩУЮ МАГИСТРАЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧРП И ГИДРОМУФТ

АБРАМОВ И.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ГАЛИЦКИЙ Ю.Я.

При работе насоса или группы насосов в общей сети зачастую ставится задача изменения расхода среды, перекачиваемой насосом. На современном этапе, в основном, эта задача достигается изменением положения регулирующей арматуры. В связи с этим возникает ряд проблем:

– потери энергии из-за дросселирования перекачиваемой среды в регулирующей арматуре;

– эрозионный износ регулирующей арматуры.

Также при пуске насоса имеют место высокие пусковые токи, негативно влияющие на электропривод.

Избежать проблем такого рода позволяют устройства способные регулировать частоту вращения насоса: регулируемые электроприводы (РЭП) и гидромуфты.

Особенную актуальность данные устройства имеют в области энергетики, так как позволяют существенно снизить эксплуатационные и капитальные затраты. В связи с этим РЭП и гидромуфты являются одними из основных технологий энерго- и ресурсосбережения при техперевооружении отрасли.

УДК 621.181

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ПРОТИВОДАВЛЕНЧЕСКИХ ТУРБИН

БУХАРИЕВ И.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АБАСЕВ Ю.В.

Характерной особенностью энергетики последних лет является снижение потребности в отпуске производственного пара, что в свою очередь приводит к снижению экономических и эксплуатационных

показателей ТЭЦ, а для противодавленческих турбин – к заметному снижению электрической мощности и к их длительным простоям.

Представленная работа посвящена исследованию утилизации тепла противодавленческих турбин двумя методами: установкой пиковых сетевых подогревателей и подключении турбин «мятого пара».

Осуществление дополнительного нагрева сетевой воды в пиковых сетевых подогревателях паром противодавления противодавленческих турбин позволяет исключить из схемы ненадежно работающие пиковые водогрейные котлы, а также повысить надежность и экономичность работы ТЭС.

Таким образом, у турбин с противодавлением весь отработавший пар используется для технологических целей. Электрическая мощность, развиваемая турбоагрегатом с такой паровой турбиной, зависит от потребности производства или отопительной системы в греющем паре и меняется вместе с ней. Турбоагрегат с противодавлением обычно работает параллельно с конденсационной турбиной, которая покрывает возникающий дефицит электроэнергии.

УДК 621.117

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

ГАПОНЕНКО А.О., ВИЛДАНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ТУТУБАЛИНА В.П.

Трансформаторное масло нашло широкое применение в трансформаторах, силовых кабелях, в маслонаполненных вводах высокого напряжения и в масляных выключателях. Потребление трансформаторных масел исчисляется десятками тысяч тонн в год. Увеличение добычи и переработки сернистых нефтей способствует возрастанию производства трансформаторных масел с высоким соединением серы, что в значительной степени ухудшает их эксплуатационные свойства. В этой связи первостепенной задачей производства масел и сернистых нефтей является установление оптимальной концентрации сернистых соединений в масле, способствующее улучшению его эксплуатационных характеристик.

Объектом исследования служат масляные фракции с температурой кипения 300–400 °С, выделенные из сернистых нефтей, отличающиеся способом производства. Это фракции фенольной, фурфурольной, адсорбционной и гидроочистки. Данные фракции были подвергнуты

исследованию их термической стабильности на экспериментальной установке, которая максимально приближена к условиям эксплуатации масла в масляных трансформаторах. Трансформаторные фракции содержат 0,98 % серы, концентрация которых в результате предварительной очистки фракции была снижена до 0,47 и 0,07 %. Углубленная очистка фракции от серы сопровождается уменьшением тангенса угла диэлектрических потерь, способствует образованию количества осадка и уменьшению кислотного числа.

В результате проведенных исследований установлено, что масляные фракции с высоким содержанием серы 0,88–0,98 % характеризуются низкой термической стабильностью. Было установлено, что из исследуемых масляных фракций лучшими эксплуатационными свойствами обладают фракции гидроочистки и адсорбционной очистки. Введение в состав фракции 0,3 % ионола улучшает ее свойства. Оптимальная концентрация серы во фракции 0,47 %. При данной концентрации масляные фракции обладают улучшенными эксплуатационными свойствами.

УДК 378:004 (078.5)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»

ДИДЫК Ю.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛЯПИН А.И.

В настоящее время при подготовке специалистов в отрасли теплоэнергетики широко и активно применяются электронные и интерактивные технологии обучения. Использование электронно-методических изданий позволяет дистанционно, самостоятельно осваивать различные программы дисциплин подготовки бакалавров и магистров техники и технологии. Проблемы разработки и использования электронных средств обучения актуальны на протяжении всего периода внедрения информационных технологий в образовательный процесс. Спецификой подготовки высококвалифицированных инженерных кадров является необходимость изучения различных процессов, протекающих в различных системах и установках высокотехнологичного производства в промышленности, к которой относится и энергетика, а также необходимость освоения множества технологических схем промышленных установок и комплексов, конструкторско- и нормативно-технической документации.

В настоящее время существует несколько разновидностей электронных обучающих средств: энциклопедии, справочники, учебники, пособия, тренажеры, экспертные электронные средства, инструментальные среды. На кафедре «Тепловые электрические станции» есть лицензионное программное средство создания электронных учебных изданий eAuthor. Данная программа позволяет создать разнообразный набор интерактивных заданий, тестов, которые можно использовать различными способами при проведении занятий и для самоконтроля учащихся.

Разработанные на кафедре ТЭС КГЭУ электронные обучающие ресурсы содержат систематизированные учебно-методические материалы и алгоритм изучения дисциплины «Водно-химические режимы теплоэнергетических установок» в интерактивной форме. Электронно-методические издания, являясь современным средством обучения, позволяют существенно повысить качество и эффективность обучения, мотивацию студентов к процессу обучения и оптимизировать деятельность ведущего преподавателя (тьютора).

УДК 621.35

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ

КОШКИН А.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГАЙНУЛЛИНА Л.Р.

В современных технологиях НиВИЭ остро стоит вопрос о емком аккумулировании полученной энергии для использования ее при временном отсутствии источника энергии (например ветра, солнца, волн и т.д.). Современные средства аккумулирования очень дороги, не являются рентабельными даже при условии максимальной безотходности производства.

В работе исследованы различные методы восстановления емкости и работоспособности отработавших аккумуляторов, в первую очередь кислотно-свинцовых и никель-кадмиевых. Для оценки различных способов и методов были проведены множественные эксперименты.

По данным экспериментов выяснилось, что многие аккумуляторы, признанные не пригодными к эксплуатации, могут быть восстановлены термическими, электрическими, химическими и комбинированными методами. При этом емкость и работоспособность восстанавливались до 90 % от номинальной. Также выяснилось, что для аккумуляторов очень

важна правильная эксплуатация и хранение, чтобы емкость не терялась и сам аккумулятор был в любой момент времени готов к мощной нагрузке. Все эксперименты реальны, а сами аккумуляторы на данный момент в прекрасном техническом состоянии и используются по назначению.

УДК 621.165

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТУРБИН

МАЙОРОВ Е.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВОЛКОВ М.А.

Известно, что система регенерации повышает к.п.д. цикла на 10–12 %, поэтому ее совершенствование может дать существенные эффект. Вклад системы регенерации низкого давления в общую долю повышения экономичности может достигать 50 %, поэтому важной задачей является обеспечение их эффективной работы.

В процессе эксплуатации при проведении специальных исследований действующих турбоустановок выявляются существенные недостатки системы регенерации и ее оборудования и соответственно большие резервы повышения экономичности. Так, например, недогревы конденсата против расчетных значений в ПНД-1 и ПНД-2 (7–10 ^{o}C) и ПВД-6–ПВД-8 (5–7 ^{o}C) снижают тепловую экономичность турбоустановки на 0,9–1,2 %. Увеличенные недогревы в ПНД-1 и ПНД-2 приводят к теплогидравлической перегрузке ПНД-3, что ведет к повышению динамического напора греющего пара, вибрации трубок и их разрушению. Это дополнительно снижает экономичность и надежность турбины. Из общей недовыработки электроэнергии на систему регенерации низкого давления приходится 8–10 %. Указанные недостатки усугубляются при увеличении мощности турбины, поскольку возрастают скорости теплоносителей, гидравлические потери и тепловые нагрузки на аппараты. Недовыработка электроэнергии и снижение экономичности усугубляются отложениями оксида железа выносимых из трубных систем регенеративных подогревателей, в котле и проточной части турбины, что уменьшает к.п.д. агрегатов.

Целью настоящей работы является выявить основные проблемы, возникающие при эксплуатации системы регенерации низкого и высокого давлений, а также проведения расчеты эффективности проведения модернизаций действующих и проектируемых тепловых схем.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПРОМЫШЛЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ ТЭЦ

МАМОЧКИН В.С., СМИРНОВ А.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СМИРНОВ А.Ю.

Для энергетики существенной проблемой последних лет является уход потребителей тепла на свои источники теплоснабжения. Такая ситуация негативно влияет на промышленные ТЭЦ, построенные в свое время для конкретного потребителя тепла. Существенную долю мощности на таких станциях занимают противодавленческие турбины, экономичность работы которых напрямую зависит от потребителя пара. Компенсировать это снижение экономичности станции могут, изыскав возможность потребления пара от таких турбин в собственной тепловой схеме, используя инновационные проекты, разработанные в последнее время.

В данной работе представлена возможность применения паровинтовой машины (далее ПВМ) для оптимизации тепловой схемы Казанской ТЭЦ-3. ПВМ разрабатываются ЗАО «Эко-Энергетика» г. Санкт-Петербург с конца 90-х гг. прошлого столетия. Первый опытно-промышленный агрегат ПВМ на 1000 кВт был создан в 2003 г. Применение ПВМ в энергетике Татарстана предлагается впервые.

Автором работы выполнен анализ тепловой схемы Казанской ТЭЦ-3, в котором выявлены недостатки оптимальности использования установленного на станции энергетического оборудования. На станции из 6 установленных турбин 4 имеют промышленный отбор пара, в том числе 3 на параметры противодавления 13 ата.

Использование ПВМ в тепловой схеме ТЭЦ позволит дополнительно загрузить турбины с указанным отбором пара, повысив эффективность их работы за счет дополнительной выработки электроэнергии без потерь в холодном источнике. При этом на самой ПВМ также будет вырабатываться электроэнергия, которая может быть использована в схеме собственных нужд станции, вместо закупки ее на оптовом рынке, как того требуют правила рынка.

УДК 620. 9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕРХГЛУБОКОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МИКРОЧАСТИЦ В МЕТАЛЛ

МАШИНА Н.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НИЗАМОВА А.Ш.

Изобретение, о котором пойдет речь, позволяет создать принципиально новые энергетические установки для получения тепловой энергии без использования традиционных источников энергии. В результате постоянного удорожания источников энергии в последние годы все большее внимание во всем мире уделяется альтернативным источникам энергии. Уникальность энергетических установок заключается в том, что в качестве топлива используется песок, запасы которого на Земле практически не ограничены.

Изобретение основано на использовании эффекта сверхглубокого проникновения тонкодисперсных твердых микрочастиц, с размерами порядка 10 микрометров и более, в твердые металлические преграды с аномальным выделением энергии, в 10–10000 раз превосходящей кинетическую энергию частицы в момент ее удара о преграду. Получение избыточной энергии напрямую зависит от скорости микрочастиц. Малые скорости (менее 500 м/с) недостаточны для проявления данного эффекта. Слишком большие скорости (порядка 10 000 м/с) ведут к кратерообразующим взрывам. Исследования показывают, что оптимальные значения скорости для возникновения эффекта сверхглубокого проникновения достигаются при 1000–2000 м/с.

На основе этого метода можно сконструировать трубчатый теплообменник, в межтрубном пространстве которого находится сверхпроводящий металл. Снаружи на гладкую поверхность теплообменника, для более эффективного снятия тепла устанавливаются металлические съемные мишени, подвергающиеся механическому воздействию твердыми микрочастицами, в результате чего выделяется большое количество тепловой энергии, достаточной для выполнения заданных условий технологического процесса.

Важно то, что процесс энерговыделения в режиме сверхглубокого проникновения не носит взрывной характер, легко может управляться и контролироваться. Песочный порошок абсолютно экологичен. Такие установки не будут создавать дополнительного «вклада» в развитие парникового эффекта, ведущего к катастрофическим изменениям климата на планете.

УДК 621.311

ОЧИСТКА ТРУБ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ Г. КАЗАНИ

МИНИБАЕВ А.И., ВЛАСОВ С.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. ЧИЧИРОВА Н.Д.

Во время отопительного сезона необходимо непрерывно подавать тепловую энергию различным тепловым потребителям г. Казани. Чаще всего тепло передают с теплоэлектроцентралей по длинным магистралям, но при данном виде подачи тепла возникает проблема с отложением ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} внутри трубопроводов магистралей, радиаторов, установленных в квартирах, и подводящих трубах. Отложения (накипь), возникающие в трубах, могут привести к износу отопительной системы г. Казани в целом.

Со временем из-за твердых отложений на внутренних стенках рабочий диаметр радиаторов уменьшается. При постоянной мощности передаваемого тепла от теплоносителя происходит увеличение статического давления в магистральном трубопроводе, что приводит к его механическим разрушениям.

Известно, что уменьшение рабочего диаметра радиатора в 2 раза приводит к повышению статического давления в магистрали в 16 раза. Следовательно, нагрузка на циркуляционные насосы увеличивается в 16 раз, что приводит к быстрому выходу из строя оборудования, обеспечивающего циркуляцию воды в системе, а также к износу магистральных труб.

Вторая проблема, связанная с твердыми отложениями, заключается в том, что накипь обладает в 200–300 раз худшей проводимостью тепла, чем металл. Компенсировать эту потерю частично можно повышением температуры теплоносителя в системе, что приведет к перерасходу денежных средств. Так, например, слой накипи толщиной в 1 мм влечет за собой увеличение расхода топлива на 2,5 %, а толщиной 4 мм – на 7,5 %, что соответствует перерасходу мазута в котельных на 770 кг/сутки.

Но стоит учесть, что оборудование водонагревательной системы, питается сетевой водой, которая проходит только предварительную очистку; как результат – быстрое образование на стенках аппаратов накипи. В связи с этим периодически необходимо очищать радиаторы и трубы от скопившихся в них твердых отложений.

Рассмотрев существующие методы очистки тепловых сетей, было принято решение по созданию собственного метода, основанного на гидрокавитационых свойствах воды.

УДК 628.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

МИННУЛЛИН Л.Д., ЕВГЕНЬЕВ И.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЕВГЕНЬЕВ И.В.

Ириклинская ГРЭС расположена в Новоорском районе Оренбургской области, в поселке Энергетик, на берегу Ириклинского водохранилища на реке Урал. Ириклинская ГЭС, также находящаяся на Ириклинском водохранилище, включена в состав Ириклинской ГРЭС. Ириклинская ГРЭС предназначена для бесперебойной поставки электроэнергии потребителям прилегающих регионов Урала и Казахстана, а также для теплоснабжения поселка Энергетик. Основным топливом Ириклинской ГРЭС является природный газ, в качестве резервного используется топочный мазут марок М-40 и М-100. На Ириклинской ГРЭС установлено восемь энергоблоков К-300-240. Общая установленная мощность ГРЭС составляет 2400 МВт, установленная мощность ГЭС составляет 30 МВт.

Для подготовки добавочной воды котлов Ириклинской ГРЭС используется установка химического обессоливания, которая предусматривает обработку воды по трехступенчатой схеме с декарбонизацией воды перед второй ступенью анионирования. Осветленная на установке предварительной очистки вода проходит последовательно: Н1 – ОН1 – Н2 – Д – ОН2 – ФСД.

Недостатком такой водоподготовительной установки является большое количество сточных вод, большой расход реагентов, а также большой расход воды на собственные нужды водоподготовительной установки.

Одним из вариантов реконструкции водоподготовительной установки Ириклинской ГРЭС является использование мембранных технологий, таких как ультрафильтрация и обратный осмос. Предполагается использование установки ультрафильтрации на стадии предварительной очистки воды, а установки обратного осмоса – на стадии обессоливания.

Совместное использование установок ультрафильтрации и обратного осмоса позволит повысить эффективность и надежность работы каждой установки, значительно сократить расход реагентов и уменьшить сброс сточных вод, что улучшит экологическую ситуацию в месте размещения электростанции.

УДК 378:004 (075.8)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВОДОПОДГОТОВКА НА ТЭС»

МОКЕЕВ А.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГАЙНУЛЛИНА Л.Р.

Разработка электронного учебника по дисциплине «Водоподготовка на ТЭС» позволяет повысить эффективность образовательного процесса с учетом современных требований к высшему техническому образованию, используя следующие его возможности:

– электронный учебник охватывает все виды деятельности в обучении;

– электронные учебники вмещают в себя огромное количество информации, включающей учебные, справочные и нормативные материалы;

– многоуровневое изложение материала позволяет студенту самостоятельно регулировать образовательный процесс в зависимости от целей обучения и с учетом текущего состояния его знаний;

– лекции с применением мультимедийных средств, в том числе аудио- и видеоматериалов, облегчают понимание изучаемого материала, а самое главное, позволяют заинтересовать студента данной дисциплиной;

– применение электронного учебника позволяет более эффективно решать задачу высшего технического образования формирования научного мышления, умения самостоятельно усваивать и критически анализировать новые сведения;

– тестовые задания и/или контрольные задания дают студенту возможность объективно оценить уровень своих знаний и самому выявить имеющиеся у него пробелы в знаниях.

Дисциплина «Водоподготовка на ТЭС» изучает водоподготовительное оборудование тепловых электрических станций, процессы, организованные на ВПУ. Она предусматривает большое количество определений, нормативных, справочных данных, принципиальных и технологических схем, которые систематизированы в электронном учебнике и для лучшего восприятия представлены с помощью мультимедийных средств. В электронном учебнике предполагается изучение, в том числе, оборудования и технологических схем, применяемых на станциях РТ.

УДК 621.187

АНАЛИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ БАРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЭС РФ

САИТОВ С.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. ЧИЧИРОВА Н.Д.

За последние 20 лет в отечественной энергетике внедрены и прошли широкую промышленную апробацию новые баромембранные технологии обессоливания добавочной воды для паровых котлов.

Полученный опыт эксплуатации обратноосмотических установок показывает, что во многих случаях новые технологии имеют существенные преимущества перед традиционными ионообменной и термической технологиями подготовки добавочной воды и являются техническими решениями, заметно улучшающими экологические характеристики водоподготовительных установок электростанций.

Первые искусственные мембраны были изготовлены в XIX в., а в 1960 г. Лоэбом и Соурираджаном была изобретена мембрана, которая была уже пригодна для практического применения. Сначала мембранные технологии использовались только в научных областях. Обострение экологических проблем и рост цен на энергоносители сделали возможным применение мембранных технологий в водоподготовке для энергетических объектов, водоснабжении, очистке промышленных и бытовых стоков примерно с 1985 г.

С 1997 г. в РФ процесс внедрения баромембранных технологий растет опережающими темпами. В настоящее время на отечественных электро-станциях работают десятки обратноосмотических установок для обессоливания воды.

Однако существуют определенные проблемы, связанные с их применением. Опыт эксплуатации обратноосмотических установок показал, что обязательным условием для их нормальной работы является глубокая предварительная очистка обрабатываемой воды от солей жесткости, мелкодисперсной взвеси, коллоидов, соединения железа и органики. Сезонные изменения качества воды (паводок, летние максимумы температуры) существенно влияют на режим работы мембранных модулей (снижение производительности и увеличение числа химических промывок).

На основании обозначенных проблем, выявленных в ходе анализа эксплуатации, возникает необходимость разработки качественно новых режимных методов эксплуатации водоподготовительных установок с мембранными установками.

УДК 621.18

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРУБЧАТЫХ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

ИЛЬЯСОВ Р.Ш., СВЕТЧИКОВ С.Е., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АБАСЕВ Ю.В.

В современной отечественной теплоэнергетике необходимы экономически выгодные решения в пользу уменьшения затрат на производство энергетического оборудования.

Трубчатый воздухоподогреватель в любом котле является самым громоздким и самым тяжелым узлом, а его стоимость соизмерима со стоимостью экономайзера.

Одновременно снижение массы и габаритов ТВП предполагается осуществить путем интенсификации теплообмена со стороны газов в трубах с профилированной поверхностью. Таким образом, можно добиться сокращения массы и высоты ТВП примерно на 30 %.

Дополнительный эффект вследствие значительного снижения трудоемкости изготовления ТВП может быть получен при переходе от труб диаметром 40х1,5 мм к трубам диаметром 51х1,5 мм.

Также возможно применение ТВП в корпусном исполнении с противоточной схемой движения теплоносителей. Предложенный ТВП имеет ряд преимуществ: более высокое качество изготовления; отсутствие каких-либо перетоков воздуха; повышение температурного напора и значительное сокращение затрат на монтаж.

УДК 621.181

ВЛИЯНИЕ СБРОСНЫХ ГАЗОВ ГТУ, УСТАНАВЛИВАЕМОГО В КАЧЕСТВЕ ПРИВОДА ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА, НА РАБОТУ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТГМП-314 ЭНЕРГОБЛОКА К-300-240

СИРАЕВ И.Ш., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. БУСКИН Р.В.

Изменение формы собственности энергетических объектов, общий недостаток средств заставили предприятия энергетического комплекса обходиться собственными силами. Предприятия вынуждены получать

необходимые средства на развитие и реконструкцию оборудования из собственной прибыли, экономить на всевозможных издержках, ресурсах и снизить потери. Для выполнения поставленных задач необходимы разработка и внедрение новейших технологий, которые позволяют получать заметный экономический и экологический эффект.

На энергетических блоках К-300-240 замена турбопривода на газотурбинную установку (ГТУ) дает существенную экономию в топливе. Так как на действующих станциях нет места для установки котла – утилизатора, приходится сбрасывать продукты сгорания ГТУ в топку основного энергетического котла. Здесь появляется проблема возможного изменения режима топочного процесса и тепловых балансов поверхностей нагрева. Сброс продуктов сгорания в топку основного котла приводит к отключению дымососа рециркуляции, разгружает дутьевые вентиляторы.

Установка газовой турбины в качестве привода питательного насоса позволяет также уменьшить собственные нужды котлоагрегата.

Для выявления всех плюсов и минусов при организации данной технологии необходимо провести комплексную оценку топочного процесса и теплового баланса поверхностей нагрева котлоагрегата.

УДК 621.181

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН ДЛЯ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

ХАЙРЕТДИНОВ А.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НИЗАМОВА А.Ш.

Целесообразность использования парогазовых установок (ПГУ) наряду с газотурбинными и паротурбинными установками (ГТУ и ПТУ) неоспорима. Однако ГТУ и ПТУ являются неотъемлемой частью ПГУ, и при планировании строительства ПГУ экономически оправданным решением будет использовать уже имеющиеся на станции ПТУ или ГТУ. Так как на наших станциях паровые турбины встречаются гораздо чаще, использование их в качестве составляющего ПГУ более вероятно. Но, как правило, для этих целей используют ПТУ, которые уже отработали свой срок службы, и сниженные, в связи с этим, технические характеристики турбоустановки негативно повлияют на всю ПГУ в целом. Поэтому вопрос модернизации теплофикационных турбин для ПГУ является актуальным.

Использование ПГУ положительно влияет на всю станцию, так как ее показатели значительно лучше, чем у наиболее распространенных на наших станциях ПТУ. А если использовать в качестве ПТУ модернизированную теплофикационную турбину, которая уже имелась на станции, экономический эффект будет еще выше.

Модернизация позволит достичь схожих показателей энергетической эффективности ПГУ при значительно меньших затратах, нежели строительство ПГУ с новой теплофикационной турбоустановкой. В докладе будет изложен обзор модернизаций различных паровых турбин и их сравнение, например: Т-63/76-8,8 для ПГУ-230; Тп-35/40-8,8 для ПГУ-110; Т-40/50 для ПГУ-115.

УДК 621.315.615.2

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРЫ НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ЩЕКОЛДИНА Е.Д., ВИЛДАНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ТУТУБАЛИНА В.П.

Разработка способов получения нефтяных трансформаторных масел с высокой термостабильностью против окисления его углеводородов совместно с хорошими электрофизическими показателями при длительной работе масла в электрическом поле высокой напряженности и повышенных рабочих температурах является первостепенной задачей энергетики.

Учитывая, что повышенное содержание сернистых соединений в нефти способствует ухудшению эксплуатационных свойств трансформаторных масел, разработка схемы использования таких масел позволяет существенно расширить сырьевую базу их производства.

Цель работы – исследование влияния концентрации серы на эксплуатационные свойства трансформаторного масла селективной очистки.

Исследования проводились в электрическом поле напряженностью 30 кВ/см, температуре 95 ºС в присутствии гетерогенного катализатора (медных и железных пластин), ускоряющего процесс старения масла и приближающего его к реальным условиям эксплуатации в трансформаторе. Продолжительность эксперимента в соответствии с ГОСТ 982-80 составляла 44 ч.

Для исследования влияния концентрации серы на количество поглощенного кислорода и кислотное число были приготовлены модельные смеси, состоящие из исходного обессеренного масла

селективной очистки с добавлением природных сернистых соединений в количестве от 0 до 1,5 %.

Анализ полученных данных показал, что при концентрации серы в масле, равной 0,5 %, поглощается наименьшее количество кислорода, происходит наименьшее окисление углеводородов, о чем свидетельствует минимальное значение кислотного числа.

Данное обстоятельство указывает на существенное влияние серы на термостабильность трансформаторного масла. При концентрации серы в масле, равной 0,5 %, масло характеризуется максимальным значением термостабильности, что позволяет исключить из его состава дорогостоящую присадку ионола.

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРЮЧИХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ БЛОКАХ КЭС

БАРАНОВ К.С., СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГОЛУБЬ Н.В.;
асс. РОСТУНЦОВА И.А.

Актуальность проблемы заключается в том, что непрерывно развивающаяся мировая экономика ставит перед человечеством все новые энергетические задачи, в связи с этим, потребление первичных энергоресурсов непрерывно растет, что заставляет ряд стран использовать альтернативные источники энергии, в частности энергию горючих вторичных энергоресурсов (твердой биомассы). Среди разновидностей энергетического использования твердой биомассы широкое распространение получила технология совместного сжигания биомассы с углем (ССБУ), которую можно подразделить: на сжигание в слое (неподвижные и подвижные решетки, топки с колосниковой решеткой и т.д.); сжигание в псевдоожиженном слое в разнообразных модификациях; совместное факельное сжигание биомассы с углем. Последнее направление обеспечивает наименьшие капитальные затраты в сравнении со строительством новых котлоагрегатов. Технология также обеспечивает гибкость в использовании топлива, позволяет утилизировать значительное количество биомассы, частично заместить ископаемое топливо возобновляемым (до 20 % по массе) CO_2 – нейтральным топливом, а также снизить выбросы топливных оксидов азота и оксидов серы.

На сегодняшний день, по данным сайта http://www.ieabcc.nl, насчитывается 245 котлоагрегатов, совместно сжигающих угли с биомассой, из них пылеугольных – 105. Наибольшее распространение технология совместного факельного сжигания получила в США, Великобритании, Финляндии.

Инвестиционные затраты на ТЭС, где используется 100 % биомассы, зависят от вида топлива (дерево, солома, отходы АПК ,ТБО и т.д.) технологии котла, мощности и типа станции и могут составлять от 2 до 5 тыс. евро за киловатт установленной мощности. При совместном сжигании биомассы (древесных пеллет) на угольных электростанциях, исходя из различных референций и мониторинга, инвестиционные затраты составляют в среднем 249,5 евро за киловатт мощности, соответствующей количеству применяемой биомассы при совместном сжигании.

УДК 621.311.22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

ИВАНИЦКИЙ М.С., (ф) МЭИ, г. Волжский
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГРИГА А.Д.

Процесс сжигания углеводородного топлива в котельных установках (КУ) сопровождается образованием канцерогенного бенз(а)пирена (БП). Изучение механизмов образования и снижения БП в дымовых газах с целью значимого сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду представляет собой актуальную, сложную научную и практическую задачу.

В настоящее время особое внимание привлекают котельные установки малой тепловой мощности, обладающие более высоким удельным выбросов БП. Значительное образование БП в котлах данного класса связано с особенностями теплового режима, конструкциями горелок, топок и их аэродинамических характеристик. Существенным способом сокращения выбросов БП при работе котлов малой мощности является проведение оптимизации работы горелок по параметру соотношению «топливо-воздух». Для проведения эффективных наладочных мероприятий по оптимизации процесса горения топлива и выбросов БП необходимо контролировать его содержание в продуктах сгорания. Оперативно осуществлять измерение БП современными

методами определения не представляется возможным вследствие высокой погрешности измерительных систем и значительных финансовых затрат. Для котлов малой тепловой мощности предложен способ определения концентрации БП в уходящих дымовых газах.

Проведенные исследования показывают, что предлагаемый способ позволяет с достаточно высокой точностью определять содержание БП в продуктах сгорания в процессе проведения наладочных работ и оптимизировать работу горелочных устройств.

УДК 621.311.22

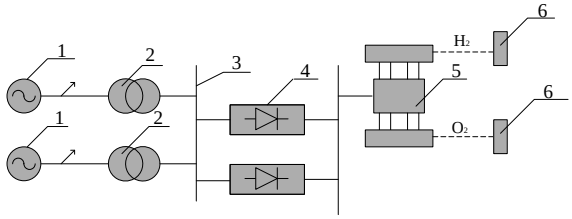
ПРОХОЖДЕНИЕ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК НА ТЭС ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

КОРОБОВА Е.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ОРЛОВ Г.Г.

Суточный график электрических нагрузок является переменным, что приводит к колебаниям значения КПД ТЭС. Одним из способов устранения недостатка и повышения эффективности ТЭС является создание комплекса, состоящего из ТЭС и гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС). Но минусом комплекса является подтопление земель водохранилищем ГАЭС.

Другим способом повышения экономичности ТЭС и ВЭС при сниженной электрической нагрузке в системе и избытке ветровой энергии на ВЭС является получение водорода за счет электролиза воды (рис.).

Полученный водород может быть использован в топливных элементах. Топливные элементы – это электрохимические устройства, которые могут иметь очень высокий коэффициент преобразования химической энергии в электрическую, достигающий 80 %.



Принципиальная схема получения водорода на ТЭС и ВЭС:
1 – генераторы ТЭС или ВЭС; 2 – трансформаторы; 3 – шины электростанции; 4 – выпрямительный блок; 5 – электролизерная установка; 6 – ресиверы для водорода и кислорода

Как и гальванический элемент, топливный элемент состоит из анода и катода. Между электродами находится электролит. На аноде идет реакция окисления водорода, а на катоде восстановление кислорода. В топливном элементе происходит суммирование этих реакций с превращением химической энергии в электрическую. Эффективность системы электролизер-топливный элемент можно оценить отношением мощности, затрачиваемой на электролизер $N_{эл\text{-}р}$, к мощности, которую можно снять с батареи топливных элементов $N_{т.эл.}$. Величина эффективности будет зависеть от КПД топливного элемента и лежит в пределах от 0,367 до 0,46.

Достоинством топливных элементов является то, что они легки, имеют небольшие размеры, производят мало шума, имеют небольшой нагрев и более эффективны с точки зрения потребления топлива по сравнению с традиционными установками получения электрической энергии.

УДК 621.311.22

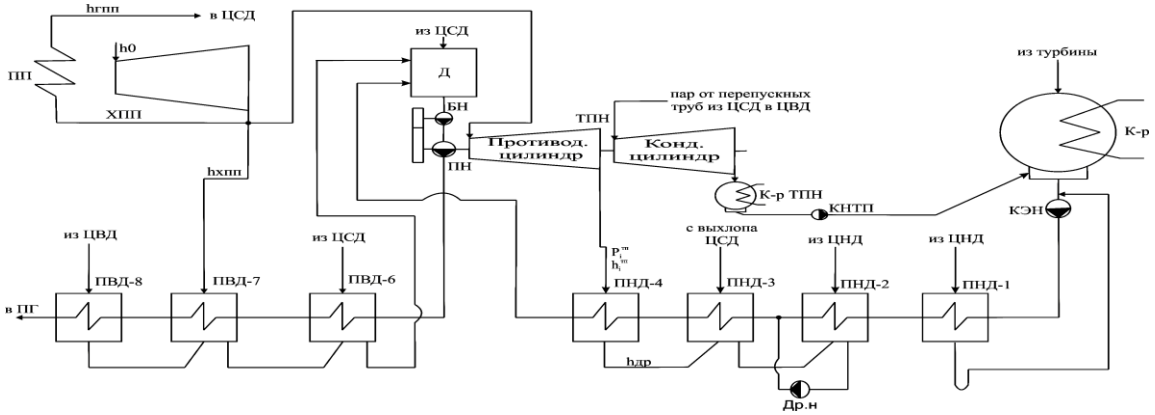
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРИВОДНЫХ ТУРБИН, ВКЛЮЧЕННЫХ В ХОЛОДНУЮ ЛИНИЮ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА

МАРКОВ А.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ОРЛОВ Г.Г.

В настоящее время в тепловых схемах крупных блоков ТЭС привод питательного насоса осуществляется конденсационной турбиной. С целью повысить КПД цикла и снизить удельный расход электроэнергии на выработку 1 кВт·ч электроэнергии может быть применен другой привод ПН, например, вспомогательной приводной турбиной, включенной в холодную линию промежуточного перегрева пара. Использование отборов пара в системе регенерации из вспомогательных турбин с противодавлением, включенных в холодную линию промежуточного перегрева пара, по сравнению с отборами пара из главной турбины такого же давления, позволяет уменьшить необратимость теплообмена в подогревателях, что способствует повышению КПД цикла и одновременно позволяет конструктивно проще выполнить главную турбину.

Однако такие приводные турбины имеют предельное противодавление, когда давление пара на выходе из них в системе регенерации не дает преимуществ по сравнению с использованием пара такого же давления из главной турбины. Предельное противодавление накладывает

ограничение на тепловой перепад вспомогательной турбины, что приводит к ограничению требуемой мощности на привод питательного насоса. Чтобы устранить этот недостаток и получить высокий КПД блока можно выполнить приводную турбину, состоящую из двух цилиндров (рис.).



Вспомогательная приводная турбины включена в «холодную» линию промежуточного перегрева и имеет два цилиндра с разными источниками пара

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ТЭС»

МАРКОВ А.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ОРЛОВ Г.Г.

С целью повышения качества технологической и конструктивной проработки оборудования при одновременном сокращении сроков проектирования был разработан программный комплекс «Расчет тепловых схем ТЭС на ЭВМ». При разработке комплекса были использованы упрощенные уравнения ВТИ, которые позволяют с достаточной для практики точностью рассчитать все термодинамические свойства воды и водяного пара в области температур до 600 °С, давлений до 26 МПа и энтропии выше 6,28 кДж/(кг·К). Примечательным является то, что в отличие от аналоговых программ весь процесс расчета ведется в диалоговом режиме.

Данный программный комплекс состоит из 8 отдельных модулей (подпрограмм) позволяющих как отдельно, так и целостно производить расчет участков тепловой схемы поэтапно, ориентируясь на результаты, полученные на предыдущем этапе расчета. Результатом расчета этапов

являются параметры пара, конденсата и питательной воды, а также расходы пара на ПВД, ПНД и вспомогательные элементы блока: насосы, воздуходувки и т.п. Результаты выводятся на экран дисплея, где представлен рассчитываемый участок тепловой схемы, что позволяет наглядно видеть рассчитываемый в данный момент параметр. Результаты могут сохраняться на диске как информация в виде таблиц параметров пара, воды и расходов рабочего вещества, а также выдаваться на печать или передаваться по электронной почте посредством встроенного приложения. В связи с тем, что в тепловых схемах паротурбинных ТЭС могут применяться как барабанные, так и прямоточные котлы, система позволяет определить термодинамические параметры и расходы рабочего вещества с учетом типа котла, наличия или отсутствия промежуточного перегрева пара, а также назначения электростанции (КЭС, ТЭЦ).

Программа рассчитана на применение в учебном процессе при выполнении курсового и дипломного проектирования, а также для проведения научно-исследовательских работ на этапе оптимизации.

УДК 621.311.22/23

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЦКС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ БЛОКОВ

МАЖИТОВ Э.С., СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов
Науч. рук. асс. РОСТУНЦОВА И.А.

Использование низкосортного топлива с повышенной зольностью, с высоким содержанием серы и влажностью предъявляет высокие требования к надежности работы котельных установок ТЭС, а также к обеспечению жестких экологических требований по выбросам в атмосферу оксидов серы и азота. Комплексным решением указанных выше проблем является разработка и внедрение экологически чистых технологий сжигания твердого топлива в топках котлов со стационарным и циркулирующим кипящим слоем, что позволит сжигать топливо практически любого качества, с обеспечением пониженного выхода загрязняющих веществ. Новизна идеи заключается в рассмотрении возможности модернизации парового котла на пылеугольном блоке сверхкритических параметров с турбиной К-800-240 со следующей схемой, реализующей ЦКС-технологию: уголь из бункера и известняк направляется на воздухораспределительную решетку топки, куда для горения подается горячий воздух. Из верхней части топки смесь продуктов

сгорания и частиц топлива направляется в циклон, где происходит отделение частиц несгоревшего топлива от продуктов сгорания. Несгоревшие горячие частицы смешиваются с частицами свежего топлива, и эта смесь поступает в горящий кипящий слой топки. На выходе из конвективной шахты продукты сгорания поступают в электрофильтры для удаления остатков летучей золы.

Для котла блока К-800-2 произведен конструкторский расчет топки при серийном исполнении и при внедрении кипящего слоя. Получено, что площадь топки сокращается на 1056 $м^2$, что составляет 20 % от размеров серийной топки. Тепловой расчет топок показал, что тепловое напряжение объема зоны горения превышает теплонапряжение обычной топочной камеры с факельным сжиганием, что позволяет сократить размеры топочной камеры, а значит снизить металлоемкость котла и снизить капвложения. Проведена также оценка эколого-экономической эффективности внедрения ЦКС технологией на блоке К-800-240. Годовой экономический эффект составит 21,9 млн руб./год; чистый дисконтированный доход получен 13,99 млн руб. (расчетный период 10 лет) и срок окупаемости проекта равен 3,4 года.

УДК 621.187.12

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА ВАКУУМНО-КАВИТАЦИОННЫХ ДЕЭРАТОРОВ

СКРИПИН Е.А., СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. ст. преп. ШАМШУРИНА Г.И.

Деаэраторы перегретой воды имеют ряд серьезных преимуществ перед деаэраторами-подогревателями, которым присущи сложность конструкции недостаточно высокая надежность глубокой деаэрации в переменных режимах. В деаэраторах перегретой воды наиболее уязвимыми являются устройства распыливания воды. На кафедре ТЭС Самарского государственного технического университета разработан деаэратор перегретой воды, в котором высокая интенсивность процесса десорбции и большая глубина деаэрации (до 10 $мкг/дм^3$) достигаются за счет применения специального кавитационно-разгонного устройства, где образуется двухфазный пароводяной поток, разгоняемый до сверхзвуковой скорости. На центральной отопительной котельной (ЦОК) Самарской ГРЭС была создана экспериментальная установка,

включенная в технологическую схему деаэратора ст. № 2, а затем и опытно-промышленная установка на баке-аккумуляторе деаэратора ст. № 4. Данные экспериментов и анализ результатов промышленной эксплуатации вакуумно-кавитационных деаэрато ров в течение нескольких лет показали надежность и эффективность их работы. Результаты исследований могут служить основой для расчетов характеристик вауумно-кавитационных деаэраторов.

Разработана методика расчета теплового режима вакуумно-кавитационного деаэратора и поперечных размеров кавитационно-разгонного устройства (КРУ).

Основные характеристики теплового режима деаэратора:

– перегрев деаэрируемой воды – $\Delta t_{\text{пер}}$;

– температура воды перед деаэратором – $t_{\text{в}}$;

– давление деаэрируемой воды перед деаэратором – p_1;

– давление в деаэраторе – p;

– производительность деаэратора, равная расходу воды через все кавитационно-разгонные устройства – $D_{\text{в}}$;

Рассчитаны характеристики тепловых режимов деаэраторов заданного параметрического ряда:

$D_{\text{в}}$ = 20 т/ч; 35 т/ч; 100 т/ч; 175 т/ч при давлении в деаэраторе p = 0,0147 МПа; 0,0294 МПа; 0,049 МПа.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧНОСТИ ВВОДА ПАРА В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ПГУ КЭС

ТАГАЕВ С.В., СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов
Науч. рук. асс. РОСТУНЦОВА И.А.

Одним из направлений эффективного развития и технического перевооружения российской теплоэнергетики является широкое применение высокоэкономичных парогазовых и газотурбинных установок, позволяющих использовать теплоту топлива с максимальной эффективностью.

Для повышения эффективности работы ПГУ применяется ввод пара в камеру сгорания. Основными элементами схемы с впрыском пара (ВП) являются энергетическая ГТУ и котел-утилизатор, в котором из химически очищенной питательной воды генерируется перегретый пар, вводимый затем в камеру сгорания ГТУ. Поддержание степени сжатия

ε за компрессором при впрыске пара на безопасном, с точки зрения помпажа, уровне возможно с использованием различных технических решений: 1) увеличение проходного сечения проточной части ГТУ для компенсации роста рабочего тела; 2) Уменьшение объема поступающего воздуха при помощи направляющих аппаратов компрессора. Это позволит поддерживать постоянным расход газов в ГТ при увеличении доли впрыскиваемого пара $d_{\text{п}}$.

Исходные данные для расчета экономичности схемы ПГУ КЭС приняты по результатм расчета тепловой схемы. При впрыске пара в камеру сгорания ГТУ в количестве 5 % получен к.п.д. установки 49,6 %, прирост электрической мощности блока составил 16,7 %. Но при этом наблюдалось некоторое снижение экономичности блока, вызваное увеличением расхода топлива и дополнительными потерями влаги. Решение этой проблемы достигается установкой за котлом-утилизатором конденсационного теплоизолятора (КТ) поверхностного типа. В этом случае повышение коэффициента использования топлива установки на 1 % осуществляется за счет снижения температуры уходящих газов на 2–4 °С. В КТ наряду с охлаждением продуктов сгорания происходит снижение содержания оксидов азота в уходящих газах.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СБРОСНОЙ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ТЭЦ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТОК

ШКУРИН Д.А., СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов
Науч. рук. асс. РОСТУНЦОВА И.А.

Современные электростанции преобразуют в полезную электрическую энергию 30–40 % теплоты топлива, а остальное 60–70 % рассеиваются в окружающей среде. Поэтому использование в сбросной воде имеющихся тепловых ресурсов позволит обеспечить экономию топлива за счет их утилизации. Кроме экономии органического топлива улучшается состояние окружающей среды в результате снижения теплового загрязнения и уменьшения выбросов вредных веществ от ТЭС. Одним из наиболее эффективным способом утилизации низкопотенциальной и сбросной воды является применение гидротеплиц – теплиц, использующих в качестве тепловой энергии сбросную низкопотенциальную теплоту конденсаторов для теплоснабжения теплично-овощного комплекса (ТОК).

Оценка эффективности использования сбросной теплоты ТЭС проведена на основе модернизации блока Саратовской ТЭЦ-5. Основные параметры блока Т-110/120-130 следующие: давление в конденсаторе в стандартном варианте $P_к$, кПа; расход пара в конденсатор $D_к$, кг/с; температура циркуляционной воды на входе а конденсатор: $\tau_{1В}$ = +15 °С – расчетная; $\tau_{2В}$ = +35 °С – максимально-возможная по правилам эксплуатации. При этом использование низкопотенциальной теплоты для теплоснабжения ТОК потребует увеличения температуры охлаждающей воды конденсаторов, что приведет к некоторому ухудшению вакуума и недовыработке электроэнергии.

Критерием оптимизационных расчетов принимается интегральный экономический эффект:

$$Э_{ТОК}^{ИНТ} = \sum_{t=0}^{T}[R_t - З_t]\cdot \alpha_t - K_t \cdot \alpha_t \text{, млн руб.,}$$

где t – номер шага расчета (t = 0,1,…, T); T – горизонт расчета (принять T = 10 лет); R_t – результаты на t-м шаге расчета (выручка от реализации продукции ТОК и стоимость выработанной теплоты – если собственник ТОК станция), млн руб.; $З_t$ – затраты на t-м шаге расчета млн руб/год; α_t – коэффициент дисконтирования. Оптимальным получен вариант с $Э_{ТОК}^{ИНТ} = 57$ млн руб (при горизонте расчета 10 лет).

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН ДЛЯ ПГУ

БУБНОВ А.Н., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БУДАНОВ В.А.

В паротурбинной установке используется пар нескольких давлений, генерируемый в КУ ПГУ, мощность подключенного к паровой турбине электрогенератора составляет до 50 % мощности ГТУ. Для паровых турбин ПГУ по сравнению с обычными паросиловыми установками характерны уменьшение теплопадения в проточной части в силу более низких параметров пара и увеличение расхода пара по ходу его движения в турбине. Работа таких паровых турбин зависит от изменения режима.

Использование дроссельного распределения в ЦВД паровых турбин является общепринятым решением для паровых турбин, работающих в составе ПГУ.

Регулирование мощных турбин осуществляется способом скользящего давления в переменных режимах. В ЦВД принята петлевая схема течения пара.

Паровые турбины ПГУ с КУ имеют повышенный объемный расход пара через последнюю ступень.

Эрозия лопаточного аппарата последней, наиболее нагруженной ступени паровых турбин в тепловой схеме ПГУ приводит к снижению ее КПД и вызывает поверхностное разрушение лопаток.

В паровых турбинах ПГУ с КУ отсутствуют нерегулируемые регенеративные отборы пара.

При расчете паровой турбины сложно выбирать параметры перед стопорными клапанами турбины, от которых зависит конструкция, тепловая экономичность и мощность турбины на соответствующих режимах работы энергоблока, т.е. ее привлекательность.

Для мощных паровых турбин, работающих в составе блоков ПГУ, необходима установка внутреннего корпуса. Применение внутреннего корпуса позволяет решить задачи обеспечения плотности и прочности корпуса, при этом сохранив маневренные характеристики ЦВД в целом.

Для обеспечения плотности конструкции внутренний корпус выполнен сборным. Основная особенность конструкции состоит в том, что предусмотрена затяжка горизонтального разъема внутреннего цилиндра и не только его наружной, но и внутренней части.

В паровых турбинах для ПГУ необходимо выполнить требования по ограничению температуры основного конденсата, поступающего после турбоустановки в ГПК

УДК 621.311

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

ГАЛЯМИН А.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. асп. КРАСНОВ А.А.

Эффективность производства электроэнергии газотурбинными энергетическими установками зависит, прежде всего, от степени повышения давления воздуха в компрессоре и температуры газа перед ГТ.

Темп роста жаропрочности материалов проточной части ГТ после 60-х гг. значительно уступает росту начальной температуры газа. Основным средством, позволяющим гарантировать надежность работы ГТУ в этих условиях, является создание высокоэффективных систем охлаждения, прежде всего лопаточного аппарата проточной части ГТ. В подавляющем числе таких систем используется часть циклового воздуха компрессора ГТУ.

Была рассмотрена система воздушного охлаждения, в которой применяется цикловой воздух компрессора, отбираемый из различных отсеков его проточной части.

Расчет системы охлаждения можно условно разделись на следующие этапы:

– гидравлический расчет. При помощи программного комплекса трехмерного моделирования Unigrafics NX были построены плоские сечения рабочей лопатки 1 ступени (переферийное, среднее, корневое) и разработана гидравлическая схема системы охлаждения. С использованием методики расчета систем охлаждения турбин, применяемой на НПО «Сатурн» был выполнен гидравлический расчет рабочей лопатки 1 ступени ТВД;

– тепловой расчет. Для выполнения теплового расчета рабочей лопатки 1 ступени ТВД в программном комплексе ANSYS 9.0 разработана конечно-элементная модель плоских сечений рабочей лопатки 1 ступени ТВД. Плоские сечения выполнены для трех радиусов рабочей лопатки по высоте проточной части: 2 сечения на переферийном радиусе и по одному на среднем и корневом. Тепловой расчет рабочей лопатки выполнен в совместной постановке с гидравлической моделью охлаждения (тепло-гидравлическая модель). Создание тепло-гидравлической модели для проведения совместного гидравлического и теплового расчетов заключается в привязке каналов системы охлаждения рабочей лопатки ТВД к элементам твердотельной модели плоских сечений, выполненных в программе ANSYS;

– расчет температурных полей основных деталей турбины и оценка эффективности.

Результаты расчета системы охлаждения позволяют улучшить параметры работы ГТУ.

УДК 621.311

О ВЫБОРЕ МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕЧЕНИЙ В ТУРБИННЫХ РЕШЕТКАХ

КИРПИЧЕНОК П.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

При математическом моделировании основные свойства реального объекта описываются с помощью математических уравнений. Основополагающими моделями в газодинамике являются модель сплошной среды и модели идеальной или вязкой жидкости. Эти модели описываются дифференциальными уравнениями в частных производных (уравнение неразрывности и уравнение Навье-Стокса) с добавлением термодинамической модели (совершенного газа или более сложных моделей).

Теоретические модели газовой динамики, с математической точки зрения, весьма сложны, однако бурное развитие электронно-вычислительной техники за последние два-три десятилетия открыло путь к реализации этих моделей с помощью специально разработанных численных методов. Основное достоинство численных методов состоит в том, что они позволяют решать полную неупрощенную систему нелинейных газодинамических уравнений с высокой, наперед заданной степенью точности.

В настоящее время считается, что трехмерные нестационарные уравнения Навье-Стокса наиболее полно описывают турбулентные течения реальных жидкостей и газов. Общим подходом к моделированию течения вязкого газа при решении нестационарных задач газовой динамики является использование в качестве уравнений модели системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS), которые замыкаются с помощью той или иной модели турбулентности.

Однако, существующие модели для аэродинамических расчетов трехмерных вязких турбулентных течений хотя и позволяют обнаруживать такие явления, как местные отрывы течения и вихревые зоны, нестационарные эффекты и процессы в скачках уплотнения или волнах разрежения, но не обеспечивают требуемую точность оценок при определении аэродинамических характеристик.

В этой связи следует отметить, что при использовании численных методов большую роль необходимо отводить верификации на тестовых расчетах при схожих условиях. В данной работе дается как раз такое тестовое сравнение. Были рассмотрены особенности существующих моделей турбулентности (sa, k-e, rng k-e, kw, sst, sst ЛТП-ламинарно-турбулентный переход, RSM, DES, LES), проведены расчеты течения в плоской турбинной решетке газовой турбины и произведены сравнения по основным характеристикам потока рабочей среды с результатами физического эксперимента.

УДК 621.311

МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ УТЕЧЕК ПАРА ЧЕРЕЗ РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ КОНЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН. ОБЗОР СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ УПЛОТНЕНИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН

КОРОВИН М.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЯБЛОКОВ Л.Д.

В паровых турбинах кроме основного потока пара, протекающего через сопла и рабочие лопатки, возникает также ряд утечек пара. Этот пар не принимает участия в выработке мощности, увеличивает общий расход пара и, таким образом, снижает КПД турбины.

Для уменьшения утечек пара из проточной части паровой турбины используют эффективные и компактные лабиринтовые уплотнения (ступенчатые), однако по эксплуатационным условиям часто приходится применять уплотнения, выполненные на гладком валу, чтобы избежать повреждения гребней уплотнения при осевых перемещениях ротора турбины.

В настоящее работе рассмотрены вопросы расчета расходов пара через концевые уплотнения различных типов. Также уже проведена работа по обобщению конструкций концевых уплотнений наиболее распространенных на территории России турбин, а также их принципиальных схем, систем регулирования и работы системы уплотнений.

Кроме того, описано применение и внедрение сотовых уплотнений в качестве надбандажных и концевых вместо радиальных.

УДК 621.311

ТУРБИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ

КРЕМЛЕВ А.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЯБЛОКОВ Л.Д.

Энергетика России находится в тяжелом положении. Рост цен на топливо привел к резкому увеличению себестоимости тепловой и электрической энергии. Электрогенерирующее оборудование на ГРЭС, ГЭС и АЭС, в ряде случаев, изношено не только морально, но и физически, и требует замены. В то же время, срок окупаемости техперевооружения ТЭС традиционными установками составляет не менее 6 лет, а ввода новой мощности 7–8 лет. Кроме того, единовременные капитальные вложения при этом очень велики. Ликвидация «РАО ЕЭС» России привела к образованию территориальных генерирующих компаний, которые, в ряде случаев, не имеют резервных генерирующих мощностей и как следствие, мы имеем системные аварии с отключением тепло- и электроснабжения у большого числа потребителей.

Анализ современных тенденций в энергетике указывает на переход от централизованной к распределенной мини-микро-генерации, максимально приближенной к окончательному потребителю. Очень привлекательной с экономической и экологической точки зрения выглядит схема когенерации, т.е. одновременной выработки тепла, электроэнергии (а иногда еще и холода). В России дополнительными аргументами в пользу внедрения технологии когенерации на существующих котельных служит то обстоятельство, что в условиях спада производства большинство паровых отопительных и пароводогрейных промышленных и промышленно отопительных котельных не используют полностью установленные мощности. Номинальные параметры свежего пара на этих котельных Ро = 1,4; 2,4; 4 МПа. В этих условиях логично превращение существующих котельных в ТЭЦ малой мощности.

В докладе дан сравнительный подробный обзор турбин малой мощности для модернизации котельных, кроме того рассмотрены возможные схемы их включения в тепловые схемы ТЭС и АЭС.

Необходимо отметить, что объем рынка для внедрения турбин малой мощности на промышленные предприятия России оценивается в 16 миллиардов долларов США, ТЭС – 2,8 миллиарда долларов США, АЭС – 400 миллионов долларов США.

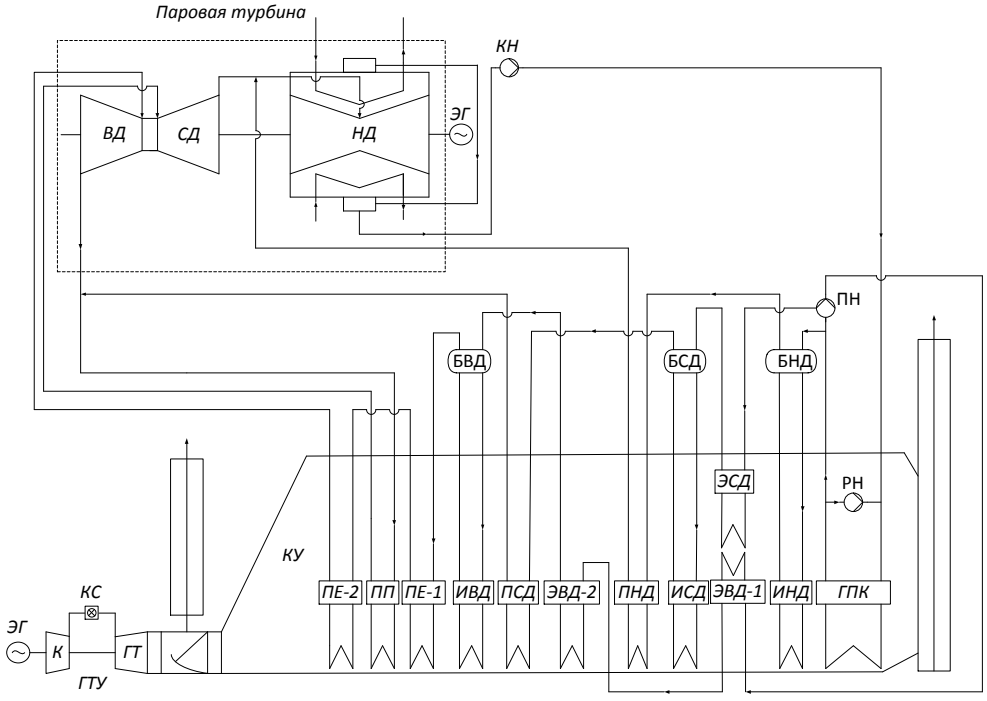
УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ТРЕХКОНТУРНОЙ ПГУ

КОСЯК И.В., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БУДАНОВ В.А.

Газотурбинные установки (ГТУ) по нормам ISO проектируются на условия атмосферного воздуха: $p_{атм}$ = 101,3 кПа и $t_{нв}$ = +15 °С. Однако температура наружного воздуха в течение годового цикла эксплуатации изменяется в широких пределах. Следовательно, эксплуатация газотурбинного двигателя (ГТД) осуществляется преимущественно в режимах ниже расчетных.

Было произведено численное исследование технико-экономических показателей трехконтурной ПГУ (рис.) в зависимости от параметров воздуха на входе в комплексное воздухоочистительное устройство компрессора.



Расчетная тепловая схема трехконтурной ПГУ

Исследования показали, что в климатических условиях РФ крайне актуальны разработка и внедрение мероприятий по управлению качеством воздуха на входе в турбокомпрессор ГТУ с целью обеспечения

надежности, экономичности и маневренности ПГУ в регулировочном диапазоне режимов работы.

УДК 621.311.22

РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ГИБРИДНОЙ МИНИ-ТЭЦ С ДОЖИГАНИЕМ АНОДНЫХ ГАЗОВ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА ПЕРЕД ГАЗОВОЙ ТУРБИНОЙ

ТУМАНОВ А.Е., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БУДАНОВ В.А.

Для увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении, а также для повышения общей экономичности мини-ТЭЦ с газотурбинной установокой возможно использование на мини-ТЭЦ гибридных первичных двигателей с высоким электрическим КПД. В данном случае камера сгорания ГТУ заменяется топливным элементом с твердоокисным электролитом.

Для расчетного исследования тепловой схемы была разработана ее статическая модель.

Методика расчета гибридной установки аналогична расчету ГТУ, за исключением уравнений для расчета камеры сгорания. В данном случае она заменяется топливным элементом и камерой дожигания анодных газов.

При расчете топливного элемента и камеры дожигания определялись электрическая мощность топливного элемента; состав, значения температуры и теплоемкостей газов на выходе из топливного элемента и после их дожигания.

УДК 621.311

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

ХАЗОВ П.С., ВОДЕНИКТОВ А.Д. ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

Одновременное повышение обозначенных в названии тезиса характеристик работы энергетического оборудования представляет исключительно сложную задачу. Очень часто приходится наблюдать,

как предлагаемые решения по повышению одной из характеристик ведут к существенному снижению других.

Так, например, традиционным способом повышения мощности работы газотурбинных установок (ГТУ) является повышение температур рабочей среды перед газовой турбиной $T_{\text{г}}^{/}$. За последние два десятка лет значение указанной температуры возросло с 1100 до 1500 и даже 1600 ºС.

Однако подобное решение ведет к неимоверному снижению показателей надежности и, в первую очередь, из-за снижения надежности узлов первых ступеней газовых турбин. Вопрос об экономичности работы газовых турбин с высокими температурами весьма спорен.

В этой связи наиболее перспективной, с точки зрения повышения внутреннего относительного к.п.д. турбины, является работа, связанная со снижением безвозвратных потерь кинетической энергии потока рабочих тел, покидающих последние ступени этих турбин.

В газовых турбинах величина указанных потерь достигает 7–8 % от полезной мощности газотурбинной установки (ГТУ). Так, например, в ГТУ V94.3A фирмы «Siemens» при расходе газа через последнюю ступень турбины, равном G = 634 кг/с, и осевой скорости C_{2z} = 250 м/с (M_z = 0,3) эквивалентная мощность уходящего потока достигает 18 МВт (9 % от полезной мощности ГТУ).

В настоящее время все турбостроительные фирмы мира указанные потери снижают за счет использования в выхлопных патрубках диффузоров с умеренными углами раскрытия 7º–10º и степенями расширения 2–2,5. В результате потери с выходной скоростью удается снизить едва на 30–35 %.

Предлагаемые пути повышения вибрационной надежности диффузоров внутреннее оребрение, перфорированные экраны позволяют применять в системе выхлопа газовых турбин широкоугольные кольцевые диффузоры с увеличенными углом раскрытия до 15º и степенью расширения до 4, а значит уменьшить потери с выходной скоростью до 50 % и поднять мощность и экономичность ГТУ на 3–4 %.

Работа носит фудаментально-прикладной характер и выполнена экспериментально-расчетным путем.

УДК 543.3

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДАХ НА ТЭС

ГАЙНУТДИНОВ Ф.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ГАЙНУТДИНОВА Д.Ф.

Химический контроль на тепловых электростанциях должен обеспечить своевременное выявление нарушения режима работы воподготовительного, теплоэнергетического оборудования, определения качества воды, конденсата. С помощью непрерывного химического мониторинга на ТЭС существенно снижается повреждаемость и увеличивается ресурс работы основного оборудования на атомных и тепловых электрических станциях, благодаря правильному ведению водно-химического режима и оперативному устранению его нарушений. Химический мониторинг на ТЭС экономически эффективен, так как большая часть повреждений оборудования происходит при недостаточном объеме автоматизированного контроля ВХР. Согласно правилам технической эксплуатации, в разных точках конденсатно-питательного тракта энергоблока контролируются показатели: а) удельная электропроводность, pH, аммиак, натрий, жесткость, щелочность; б) железо, медь, кислород и др. При этом первая группа (а) характеризует быстротекущие нарушения воподготовительного, теплоэнергетического оборудования и только первые два показателя измеряются автоматическими промышленными приборами с высокой разрешающей способностью. Другие показатели либо не отличаются высокой точностью или надежностью измерения в области предельно разбавленных растворов, какими являются конденсат и питательная вода энергоблоков, либо определяются методами ручного химического анализа.

Цель исследования – в оценке возможностей индикаторных систем в различных условиях для контроля содержания ионов железа в воде кинетическим методом. Рассмотрена каталитическая активная система семкарбазид–бромат–метиловый оранжевый (МО). Реакция изучена при $\lambda = 505$ нм (оптическая плотность растворов имеет максимальную величину). Кинетические зависимости фиксировали при этой рабочей волне в кюветах 1 см. Оптическая плотность растворов, содержащих семикарбазид, бромат калия, МО и хлороводородную кислоту, линейно убывает во времени, что позволяет использовать данную индикаторную систему для определения концентрации катализатора метод

фиксированного времени или метод тангенсов. Ионы железа (III) катализируют изучаемую систему. Изучена возможность применения индикаторной системы для определения ионов железа (III) подобраны оптимальные условия проведения определения.

СЕКЦИЯ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.577

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗИРОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

АБДУЛЛИН Р.К., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АЛТУНИН К.В.

Тепловые насосы позволяют переносить тепло от низкопотенциального источника тепла посредством испарения и конденсации, при этом могут использовать теплоту практически всех окружающих сред: воды, воздуха, грунта. Тепловые насосы давно доказали свою эффективность, передавая потребителю в 3–5 раз больше энергии, чем затрачивают сами. Кроме того, тепловые насосы являются экологически чистыми. Теплонасосные установки малой мощности (до 100 кВт) уже получили широкое распространение в высокоразвитых странах благодаря своей компактности, надежности, экологичности. Они работают при низких температурах наружного воздуха зимой и способны осуществлять кондиционирование помещений в теплый период года. Также необходимо оценить перспективы применения тепловых насосов большой мощности (до 30 МВт и более). Преимущества по сравнению с тепловыми насосами малой мощности заключаются в следующем:

– меньшая занимаемая площадь по сравнению с большим количеством маломощных тепловых насосов;

– более низкие удельные капиталовложения на 1 кВт тепловой мощности;

Климатические условия в Санкт-Петербурге и Калининграде имеют несущественное отличие от скандинавских стран. В связи с этим географические области применения тепловых насосов в России могут быть существенно расширены.

В качестве источников энергии для тепловых насосов можно использовать различные среды: воду из природных водоемов, грунт и грунтовые воды, сточные воды, обратную сетевую воду систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и т.д. Достоинство тепловых насосов заключается также в том, что они могут быть встроены и в существующие системы теплоснабжения. Крупные установки могут «перекачивать» теплоту от источника с температурой 0 – +15 ºС до 70–90 ºС. Одноступенчатые тепловые насосы хорошо работают при нагреве рабочей среды до 60 ºС, что ограничивается степенью повышения давления в ступени компрессора не более 7–12. Для обеспечения более высоких температур нагрева используются двухступенчатые или каскадные схемы теплонасосных установок.

УДК 621.165.53

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОТБОРА ТУРБИН

АВЗАЛОВ Р.К., КТЭЦ-3, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Для корпусов паровых турбин характерны следующие повреждения:

1) разрушения с потерей герметичности;
2) нарушение плотности фланцевых разъемов;
3) образование трещин термической усталости;
4) коробления.

Пропаривание как внешних, так и внутренних корпусов турбин всегда приводит к снижению экономичности, так как часть пара исключается из работы в проточной части. Имеются и другие отрицательные последствия пропаривания разъемов.

Исключение пропаривания фланцевых соединений является одним из путей снижения внутристанционных потерь пара и конденсата.

Комплексная реконструкция турбинного оборудования должна быть направлена не только на повышение надежности эксплуатации и продления паркового ресурса с заменой некоторых элементов оборудования, но и исключения либо снижения утечек пара через фланцевые соединения.

Для устранения пропаривания фланцевых соединений трубопроводов производственного отбора (П-отбора) турбины ПТ-60-130 автором было предложено внедрить мембранные уплотнения.

Для их внедрения был разработан комплекс подготовительных мероприятий:

1) замена воротниковых фланцев трубопроводов производственного отбора новыми;

2) обеспечение восстановления зеркала фланцевых разъемов на корпусе ЦВД (4 шт.) путем наплавки с последующей механической обработкой;

3) выполнение мембран из листа (сталь 20К) толщиной 6–10 мм.

Для обеспечения надежной эксплуатации фланцевых соединений с мембранными уплотнениями необходимо:

– обеспечить установку трубопроводов относительно турбины в проектное положение;

– провести работы по настройке опорно-подвесной системы.

Комплекс мероприятий также включал в себя сбор исходных данных, их анализ; расчеты трубопроводов П-отбора совместно с узлом сопряжения с турбиной с целью определения условий, обеспечивающих надежную эксплуатацию и отсутствие пропаривания узла сопряжения трубопроводов П-отбора с турбиной.

УДК 536.24

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТОРА ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

АНДРЕЕВ А.В., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГУСЕНКОВА Н.П.

Целью работы является разработка трехмерной геометрической модели рекуператора, постановка задачи теплообмена и исследование влияния конструктивных параметров на энергетическую эффективность устройства в вычислительном комплексе ANSYS.

На заводах черной металлургии, машиностроения и других отраслей промышленности наибольшее распространение получили так называемые «петлевые» рекуператоры из гладких стальных труб. Такие рекуператоры устанавливаются за печами в боровах.

Подбор требуемого диаметра труб в целях снижения аэродинамического сопротивления и исследование поля температур и скоростей теплоносителей на 3D-модели в целях оптимизации теплового и газодинамического режима работы рекуператора является актуальной задачей.

В результате первоначального расчета единичного петлевого элемента были получены температурные поля, поля скоростей на входе и на выходе из него. Полученная информация позволяет определить характер теплообмена теплоносителей внутри единичного петлевого элемента.

Чтобы оценить влияние геометрии труб и их расположение друг относительно друга на интенсивность процесса теплообмена, выполнено построение блока рекуператора, состоящего из пятнадцати элементов.

Геометрическое моделирование петлевого рекуператора, расположенного в дымоотводящем канале, выполнялось в пакете 3D моделирования SolidWorks. Построенную модель для расчета интегрировали в вычислительный комплекс ANSYS. Исходные данные для решателя ANSYSSolver: теплофизические свойства воздуха и продуктов горения, начальные температуры и расход теплоносителей.

Данную модель можно использовать для исследования режимов работы рекуператора при внесении конструктивных изменений, позволяющих улучшить тепловые показатели рекуператора в целях достижения более эффективной работы устройства.

УДК 697.434

МИНИ-ТЭЦ НА БАЗЕ КОТЕЛЬНЫХ г. БИРСКА

АХМЕТОВ Ч.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. ФАХРЕЕВ Н.Н.

На современном этапе развития страны отмечается увеличение спроса на энергоносители, это в основном связано с вводом нового жилья в инфраструктуру населенных пунктов и увеличением производственных мощностей. Теплоснабжение в большинстве своем осуществляется от небольших районных котельных, которые даже при полном обновлении котельного оборудования характеризуется менее эффективным использованием первичного топлива по сравнению с когенерационными источниками.

Перевод действующих котельных в режим работы мини-ТЭЦ характеризуется сравнительно дешевой получаемой энергией (когенерационная установка вырабатывает электроэнергию (э/э) и тепловую энергию в соотношении 1:1,5).

Объектом исследования выбрана районная котельная г. Бирска Республики Башкортостан с установленными котлами КВГМ-20-150 в количестве 2 штук, обеспечивающих отопительную нагрузку, равную 28,5 Гкал/час.

Тепловой график котельной характеризуется большой неравномерностью. Это приводит к затруднениям при выборе режима работы когенерационной надстройки. Известно, что чем большее число часов в году электроэнергия вырабатывается на базе теплового потребления, тем выше эффективность работы когенерационных установок (КоГУ). В котельной отсутствует нагрузка ГВС. В связи с этим мощность установки целесообразно выбирать исходя из условий покрытия собственных нужд в э/э, что обеспечивает ее круглогодичную работу и следовательно, наиболее эффективное использование.

УДК 665.75

АНАЛИЗ СХЕМЫ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКОЙ ТЭЦ

БАБУРИН А.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛОПУХОВ В.В.

Мазут на станции применяется как резервное топливо. Мазутное хозяйство имеет две очереди. Вторая очередь включает в себя один стальной резервуар емкостью 20 000 м^3 в земляном обваловывании. Схема подготовки и хранения мазута – циркуляционная раздельная двухступенчатая представлена на рисунке. Доставка мазута осуществляется железнодорожными цистернами.

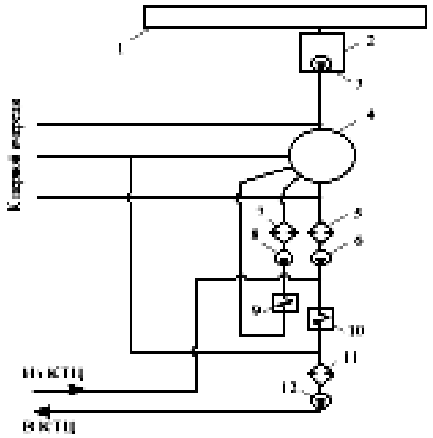


Схема второй очереди мазутного хозяйства Набережночелнинской ТЭЦ

Для слива мазута предназначена приемно-сливная эстакада 1 длиной 179 м, оборудованное паровыми стояками для разогрева открытым острым паром. Приемно-сливная эстакада соединена каналом с подземным приемным резервуаром 2, емкостью 750 м^3.

На дне лотка и канала проложены паровые трубы, предназначенные для разогрева мазута. В приемном резервуаре установлены два погружных насоса 3 типа 20НА-22 × 3, производительностью 600 м^3/ч, перекачивающие мазут по напорному мазутопроводу в основной резервуар мазута 4, емкостью 20 000 м^3.

Мазут из основного резервуара подается к котлам через фильтры тонкой очистки 5 мазутными насосами I подъема 6 типа 10 НД-6 × 1 в подогреватели мазута 10 марки ПМ-10-120, производительностью 120 т/ч. После подогревателей мазут, через фильтры 11, насосами II подъема 12 марки 8 НД-10 × 5 подается к котлам.

Ветка циркуляции включает в себя фильтры тонкой очистки 7, насосы 8 марки 10 НД-6 × 1 и подогреватели 9 марки ПМ-10-120. В качестве греющего теплоносителя в мазутном хозяйстве используется острый пар давлением 1,0 МПа.

Использование резервуаров такой большой емкости приводит к большим затратам теплоты и электроэнергии на вывод их из режима «холодного хранения» и другие технологические операции. Вопросы оптимизации режимов циркуляционного подогрева стоят довольно остро т.к. это позволило бы значительно сократить затраты теплоты и электроэнергии.

УДК 621.1

УСТАНОВКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА: ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ

БАЗУКОВА Э.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Установки аэродинамического нагрева как надежное, простое и экономичное средство нагрева, тепловой обработки и получения тепла могут использоваться во всех случаях, когда есть потребность в процессах с подводом тепла (до температур порядка 550 °С).

Принцип аэродинамического нагрева заключается в реализации теплового эффекта аэродинамических потерь, образующихся при работе

ротора центробежного вентилятора в замкнутом циркуляционном контуре – в проточной части колеса и в вентиляционном тракте, т.е. в рабочей камере.

Основным источником тепловой энергии являются аэродинамические потери в самом колесе, связанные с изменением характера течения – структуры и скоростей потока в межлопаточных каналах и в особенности на выходе колеса. В роторных нагревателях теплопроизводительность составляет до 90–95 % потребляемой мощности. И вся остальная подводимая энергия, за вычетом неизбежных и незначительных потерь в подшипниковых опорах вала, расходуется полезно. Ротор в этом случае служит одновременно нагнетателем и генератором тепла.

Установки роторного нагрева используются в процессах термообработки легких и цветных металлов и сплавов, тепловой обработки полимерных материалов, для сушки лакокрасочных покрытий и т.п.

Исходя из опыта промышленной эксплуатации установок роторного нагрева, можно выделить следующие их преимущества: простота в изготовлении, безопасность в работе (недопущение пожара, взрыва, поражения электрическим током), компактность.

Однако следует указать, что возможности технологии роторного нагрева далеко не исчерпаны. Учитывая вышеперечисленные достоинства, установки роторного нагрева могут применяться для отопления отдельно стоящих зданий при отсутствии централизованного или местного теплоснабжения, на строительных и монтажных площадках, в мастерских, временных строениях и т.д.

УДК 536.24

ЦИКЛОННО-ВИХРЕВАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГТУ

БАРИНОВ С.Н., РГАТУ, г. Рыбинск
Научн. рук. канд. техн. наук, доц. ВЕРЕТЕННИКОВ С.В.

Системы охлаждения со встроенными вихревыми энергоразделителями имели бы ряд преимуществ по сравнению с классическими системами, в первую очередь по показателям эффективности. Однако их применение в воздушных системах охлаждения, позволяющих использовать ограниченный диапазон перепадов давления, затруднительно вследствие того, что для оптимальной работы вихревого энергоразделителя требуется вполне определенное значение перепада давлений.

В комбинированных установках могут срабатываться большие перепады давления по сравнению с воздушным охлаждением, величина которых будет определяться только ступенью отбора пара из турбины и точкой возврата в магистраль питательной воды. Эта особенность открывает новое направление использования вихревых энергоразделителей в системах закрытого парового охлаждения лопаток турбин. В представленной работе предлагается конструкция лопатки с циклонно-вихревой системой охлаждения (рис.). Данная система охлаждения содержит два вихревых энергоразделителя, ориентированные вдоль высоты лопатки. Охлаждение наиболее теплонапряженных участков лопатки (передняя кромка) осуществляется водяным паром (замкнутый цикл), задняя кромка охлаждается воздухом, который выбрасывается в газовый тракт.

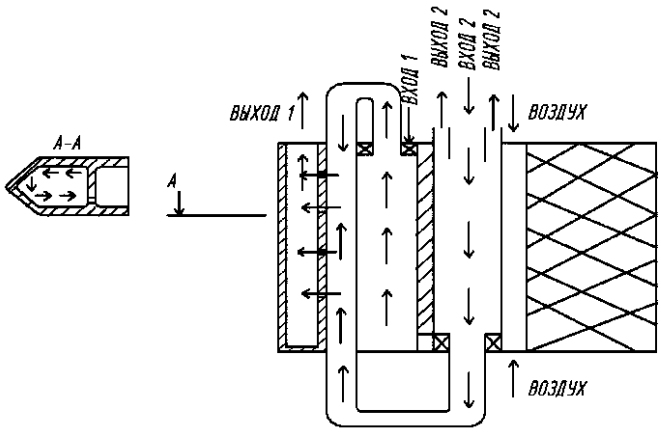


Схема лопатки со встроенными вихревыми энергоразделителями

УДК 697.3

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ С ПЛАСТИНЧАТЫМИ ТЕПЛООБМЕННИКАМИ

БЕНЕВОЛЕНСКИЙ К.Н., ХАКИМОВА Р.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВАЛИЕВ Р.Н.

Современные тепловые пункты позволяют минимизировать потери и осуществлять оперативное регулирование при изменении теплопотребления и режима работы тепловой сети, в автоматическом режиме документировать качество и количество потребленной тепловой энергии, выставлять счета за фактическое потребление тепловой энергии, выявлять непроизводительные потери в тепловых сетях.

Современные тепловые пункты проектируются по блочному признаку и имеют в своем составе пластинчатые теплообменники, насосы, систему автоматического регулирования теплопотребления, теплосчетчики, термометры сопротивления, расходомеры, автоматизированную систему сбора, обработки, хранения и выдачи данных, клапаны запорно-регулирующие, регуляторы давления, фильтры.

В данной работе были рассмотрены существующие и возможные схемные решения тепловых пунктов для одного из жилых микрорайонов города Казани. По результатам расчета было проведено сравнение и выявлены наиболее экономически эффективные варианты.

УДК 378

ПРИМЕНЕНИЕ LABVIEW MICROPROCESSOR SDK В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ И КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

БОРМОТОВ С.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Реализация алгоритмов диагностики и оценки процессов коррозии и разрушения в металических материалах и конструкциях, создаваемых в программной среде разработки виртуальных приборов LabVIEW является важным шагом к созданию готовых приборов измерения. Для этих целей компания National instruments выпустила LabVIEW Microprocessor SDK, который предоставляет возможность переноса алгоритмов виртуального прибора в целевую платформу с использованием микропроцессорной электроники. Это позволяет исключить из вычислительного комплекса персональный компьютер и заменить его компактной микросхемой содержащей алгоритм обработки сигналов с датчиков различных типов.

Благодаря LabVIEW Microprocessor SDK можно использовать среду графического программирования LabVIEW для создания программного обеспечения для встраиваемых систем, включающего в себя обыкновенные логические операции, функции управления, обработки сигналов и численного анализа. В отличие от других высокоуровневых средств разработки, LabVIEW Microprocessor SDK дает возможность работать с полнофункциональным языком графического программирования, используя его для полного цикла разработки ПО для встраиваемых систем – начиная от создания алгоритма и заканчивая загрузкой его на целевую платформу.

Модуль LabVIEW Microprocessor SDK значительным образом упрощает использование уже созданного кода так же, как и различных драйверов для аналогового и цифрового ввода/вывода благодаря использованию специализированных виртуальных приборов (ВП). В основе этого программного обеспечения лежит гибкая настраиваемая архитектура, которая дает возможность разработчикам встраиваемых систем автоматизировать процесс компиляции кода для их инструментальных кросс-средств разработки, встраиваемых ОС и любых 32-битных целевых платформ. Через OCDI- интерфейс (on-chip-debugging-interface – «интерфейс для отладки непосредственно на чипе»), поддерживающий стандарты JTAG, BDI и Nexus, можно проводить отладку ПО прямо на целевой платформе в режиме реального времени.

УДК 620.9

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

БУШУЕВ А.Н., ОГТИ (ф) ОГУ, г. ОРСК
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КАРТАВЦЕВ С.В.

Разработка математической модели индивидуальной системы энергообеспечения электросталеплавильного производства на базе парогазовой схемы с дополнительным подводом тепловой энергии в процесс выплавки стали позволяет решить следующие основные задачи:

1) установление оптимального распределения между генерируемыми электрическими мощностями газотурбинной и паротурбинной частями энергетического источника;

2) определение коэффициента распределения между долями выхлопных газов за ГТУ, направляемых на подогрев металлического лома и непосредственно в котел-утилизатор.

Разработка математической модели системы устанавливает временные функции полного КПД источника, КПД котла-утилизатора и требуемых расходов топлива (природного или коксового газа) в отдельности на газотурбинный и паротурбинный цикл системы в зависимости от тепловой и электрической нагрузок, требуемой минимальной температуры рабочих газов в топке котла-утилизатора и способа стабилизации его тепловой производительности.

При разработке модели системы и выводе основных функциональных показателей принимается во внимание характер нагрева кускового лома в слое при его поперечно-продольном омывании выхлопными газами турбины и переменность химического состава рабочего тела в энергетическом источнике при термическом распаде и горении примесей в металлическом ломе и дожигании дополнительного топлива в котле.

Посредством функциональных зависимостей отображается доля влияния загрязняющих примесей в металлическом ломе на основные показатели работы рассматриваемой энергетической системы, в частности на КПД и дополнительную регулирующую подачу топлива на котел-утилизатор. Также возможен расчет максимального отклонения температуры газов в топке котла от задаваемого значения ($T = 1300 - 600\,^{\circ}\mathrm{C}$) в зависимости от способа стабилизации его тепловой работы.

УДК 620.92

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ МАЗУТОУГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ

ВАФИН А.Р., ИЦПЭ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

Актуальность применения мазутоугольных суспензий (МУС) для дизелей определяется тем, что они имеют в основном транспортное назначение, а транспорт потребляет примерно половину добываемых на Земле энергоресурсов – практически все светлые производные нефти и часть природного газа. При этом транспорт является и основным производителем загрязняющих атмосферу токсичных выбросов. Необходимо решить обе задачи: уменьшить расход нефтепродуктов и снизить выбросы токсичных продуктов сгорания (оксидов серы и азота, а также бенз(а)пирена и сажи). Для практической реализации использования МУС для двигателей внутреннего сгорания необходимо разработать достаточно экономичные процессы глубокой деминерализации угля и его сверхтонкого измельчения, обеспечить условия полноценного сжигания угольных суспензий с минимизацией износа деталей двигателя. В этой связи наиболее важным технологическим свойством топлива является динамическая вязкость, которая определяет затраты на транспортирование и распыливание топлива. Закономерности

изменения вязкости суспензионных угольных топлив, а тем более мазутоугольных, пока мало изучены. Особенно важно получить зависимости от скорости сдвига и массовой доли угля в суспензии, что и было выполнено в данной работе.

Были взяты пробы МУС с различной концентрацией твердой фазы от 1 до 20 % (масс.). На экспериментальной установке, состоящей из ротационного вискозиметра RM 100, весов аналитических HTR-220CE с дискретностью 0,0001 г, термостата ВТ-8, получены зависимости вязкости при заданной температуре 40 °С, анализ которых показывает, что с увеличением концентрации твердой фазы в мазутоугольной суспензии вязкость увеличивается, но при этом выявлены зоны значительного снижения вязкости для МУС с содержанием угля более 14 % при максимальных скоростях сдвига и наличие ярко выраженного предела текучести, растущего с увеличением содержания твердой фазы.

УДК 621.311.2

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНИ-ТЭЦ

ГАЙНЕТДИНОВ А.В., ИЛЬЯСОВА Г.Р., КАШАПОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛИВШИЦ С.А.

С начала XXI в. в нашей стране стали часто применяться когенерационные установки малой мощности на базе газопоршневых (ГП), газотурбинных (ГТ) и паротурбинных (ПТ) технологий. Их использование в целом позволяет повысить экономичность и надежность системы энергоснабжения.

Рассмотрена возможность применения ГТ и ПТ мини-ТЭЦ электрической мощностью до 1,25 МВт в качестве источника энергоснабжения санатория «Янгантау» Республики Башкортостан.

Рассчитано, что установка будет работать в холодное время года в течение 6 месяцев с утилизацией тепла на нужды теплоснабжения предприятия, и пиковые электрические нагрузки будут покрываться от общей электросети.

Произведен технико-экономический расчет по следующим показателям:

1) годовая выработка электрической и тепловой энергии ГТ мини-ТЭЦ – 4,12 ГВт·ч и 31000 ГДж соответственно;

2) себестоимость производимой энергии – 1,7 руб/кВт·ч (стоимость эл. энергии от общей сети 3 руб/кВт·ч)

3) срок окупаемости мини-ТЭЦ – 2,5–3 года.

На основе расчетов в качестве основного оборудования мини-ТЭЦ была выбрана ГТУ ЭГ-1000 производства ОАО «Мотор Сич». Следующей нашей задачей стало рассмотрение ее различных характеристик, построение и анализ графиков зависимости расхода топлива и к.п.д. от степени нагрузки установки с учетом параметров окружающей среды. Используя полученные показатели, можно осуществить более точный технико-экономический расчет, который уже окончательно определит целесообразность проведения мероприятия по строительству мини-ТЭЦ.

УДК 608.1

МЕТОД МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ С ЗАДЕРЖАНИЕМ ШЛАМА В УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРЕД ВХОДОМ В ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ

ГАЛИЕВ А.Т., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. КЕСЕЛЬ Б.А.

Теплообменные аппараты зачастую используют в качестве теплоносителя самую распространенную и доступную жидкость – воду. И поскольку проблема образования накипи в указанных аппаратах давно известна, в практике их эксплуатации существует множество способов борьбы с ее образованием. Способы борьбы с образованием накипи в теплообменных аппаратах принято подразделять на химические (фосфатирование, ионообменные фильтры и др.) и физические (магнитная обработка воды, ультразвук, электромагниты и т.д.). Главным минусом химической обработки являются огромные затраты и трудность утилизации химических отходов, что ставит в актуальность физическую обработку водной среды.

Магнитная обработка воды и водных систем до сих пор не изучена полностью, и накопленных экспериментальных данных недостаточно для выдвижения общей теории. Но все же, некоторые результаты довольно стабильны и уже успешно применяются на производстве. Обработка воды магнитным полем получила широкое применение для борьбы с накипеобразованием в конденсаторах низкого давления и малой производительности, в тепловых сетях и сетях горячего водоснабжения и различных теплообменных аппаратах, где применение других методов обработки воды экономически нецелесообразно.

Абсолютно весь накопленный шлам, направленный в шламоотвод из омагничивающей установки, должен эффективно удаляться из системы, при этом все взвешенные вещества должны задерживаться, а оставшаяся вода продолжать поступать в систему. Мембранная ультрафильтрационная установка способна с легкостью справиться с этой задачей, так как мембраны в ней могут содержать поры размером до 0,01 микрон, что позволит задержать самые мельчайшие частицы взвесей.

Различные области возможного использования магнитной обработки позволяют оценить ее как новое важное направление научно-технического прогресса, и со временем данный метод обработки воды потеснит многие виды экономически нецелесообразных методов фильтраций, а добавление в омагничивающую систему ультрафильтрационного оборудования позволит повысить эффективность установки за счет рационального использования воды, а также эффективность удаления шлама из системы.

УДК 620.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УГЛЕЙ И ВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ

ГАЛЬКЕЕВА А.А., ИЦПЭ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

Одним из наиболее рациональных и перспективных направлений использования угольной пыли и водоугольного топлива (ВУТ) является предварительная газификация с последующим сжиганием генераторного газа в газотурбинных установках.

Из литературы известно несколько вариантов расчета состава генераторного газа. Термодинамическая модель экстремальных промежуточных состояний, программа «Gasify» и программный комплекс «Astra 4» позволяют рассчитать состав генераторного газа в зависимости от температуры, давления, коэффициента избытка воздуха и состава исходного топлива. Однако они не дают возможности учесть химические реакции, протекающие в процессе, а также выход летучих веществ и влаги, что особенно важно при расчете ВУТ.

Программный пакет «Comsolmultiphysics» позволяет учитывать все эти параметры, а также дает возможность привязки химического модуля к геометрии газогенератора, что позволяет визуализировать процесс газификации и смоделировать размеры и конструкцию аппарата.

Проведен расчет состава генераторного газа, полученного при газификации угольной пыли и ВУТ на кислородном дутье в температурном диапазоне 1000–1500 К при атмосферном давлении, с использованием систем уравнений, включающих балансы по углероду, водороду, кислороду, сере и азоту, которые входят в состав исходного угля, а также гетерогенные и гомогенные реакции газификации. Анализу подверглись бурые угли Ирша-Бородинского, Подмосковного и Карагандинского месторождений и ВУТ на их основе с массовой долей угля 50 %.

Генераторный газ, полученный при газификации пыли, содержит значительное количество CO и CH_4 и обладает теплотворной способностью 11–15 МДж/кг в зависимости от температуры газификации и состава летучих компонентов; газ, полученный при газификации ВУТ, содержит большее количество H_2 и CO и обладает теплотворной способностью 8–12 МДж/кг.

УДК 550.812.14

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОИСКА И ДИАГНОСТИКИ ЗАГЛУБЛЕННЫХ В ГРУНТ ТРУБОПРОВОДОВ

ГАПОНЕНКО С.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.Е.

В поиске заглубленных трубопроводов широкое применение получил метод вихревых токов. Однако этот метод не обеспечивает высокую достоверность и избирательность определения расположения трубопроводов. Кроме того, применение данного метода невозможно для поиска неметаллических объектов.

Для решения указанных недостатков разработан способ определения расположения трубопроводов. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность применения предлагаемого технического решения.

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к обнаружению трубопроводов, находящихся в грунте. Результат достигается тем, что в искомом трубопроводе генерируют последовательно звуковые колебания на разных резонансных частотах колебаний трубопровода, а о расположении трубопровода судят по наличию максимума амплитуд колебаний трубопровода на этих частотах. Предлагаемый способ является простым в реализации. В связи с тем, что возбуждается сам трубопровод, а не локальный участок грунта над ним,

повышается избирательность обнаружения трубопроводов, а последовательное возбуждение колебаний разных резонансных частот повышает его достоверность. Кроме того, применение данного способа позволяет определять расположение трубопроводов, имеющих большую протяженность.

Предлагаемый способ позволяет упростить определение расположения трубопроводов. В связи с тем, что возбуждается резонансная частота искомого объекта, повышается избирательность контроля. Предлагаемый способ обеспечивает высокую достоверность обнаружения как неметаллических, так и металлических трубопроводов.

УДК 697.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА

ГАРИПОВ Р.Р., ЛАТЫПОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВАЛИЕВ Р.Н.

Теплопотребление жилого микрорайона зависит от множества внешних факторов. При транспортировке по тепловым сетям у теплоносителя изменяется температура, давление и расход. Энергия давления потока теплоносителя расходуется на подъем жидкости на заданную высоту, на преодоление сил трения при движении в трубах и оборудовании, на потери в результате разгерметизации элементов сети, на создание напора в сантехническом оборудовании. Теплота потока передается потребителям в теплообменном и сантехническом оборудовании и рассеивается в окружающую среду через изоляцию и теряется с утечками. Расход потока в закрытых системах теплоснабжения происходит с утечками в местах разгерметизации элементов сети и при проведении технического обслуживания элементов системы теплоснабжения.

В данной работе было проведено исследование потокораспределения в тепловых сетях одного из жилых микрорайонов города Казани. Составлена расчетная схема тепловой сети, определены расчетные тепловые нагрузки на отопление и ГВС для каждого из имеющихся потребителей. Определены расходы теплоносителя при оптимальных скоростях теплоносителя и проведено сравнение полученных результатов с существующим потокораспределением. Выявлены участки, на которых имеются резервы по пропускной способности и участки с «перегрузом».

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ГИМАДУТИНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. КЕСЕЛЬ Б.А.

Рост цен на органическое топливо существенно повышает конкурентоспособность нетрадиционных источников энергии. Одним из направлений в нетрадиционной энергетике является геотермальная энергетика. В последние десятилетия данная технология выработки энергии получила значительный импульс развития в связи с повышенным вниманием, уделяемым развитию экологически чистых и безопасных источников энергоснабжения со стороны многих передовых стран. Скорее всего, в последующие несколько десятков лет масштабы использования геотермальной энергетики возрастут. Таким образом, геотермальные ресурсы смогут увеличить свою долю в мировом энергопроизводстве, однако низкая рентабельность, связанная с высокими капитальными затратами и сложностями в эксплуатации, не позволит геотермальной энергетике в ближайшем будущем занять лидирующее положение среди нетрадиционных источников энергии.

Говорить об общих перспективах развития геотермальной энергетики можно лишь рассматривая перспективы развития в каждой конкретной стране. Каждый регион характеризуется собственными природными условиями, и это требует разных подходов к решению проблемы. Делать выбор в пользу того или иного источника альтернативной энергии будет каждое государство, учитывая огромное количество факторов. А опыт других стран хоть и полезен, но мало применим в конкретной ситуации.

На данный момент наиболее распространенными геотермальными электростанциями являются станции с использованием сепаратора. В сепараторе пароводяная смесь разделяется на паровую и жидкостную фазы. Пар отрабатывается на турбине. Горячую же воду можно использовать для нагрева и испарения низкокипящего раствора. Полученный из низкокипящего раствора пар также может быть отработан на турбине для получения дополнительной мощности. Данное усложнение схемы позволяет использовать потенциал горячей воды, при этом не влияя на основную схему.

УДК 621.8.033.004.18

КОМБИНИРОВННАЯ СХЕМА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПРЕССОРОВ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

ДЕМИН Ю.К., СЛЕПОВА И.О., МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КАРТАВЦЕВ С.В.

Для снабжения крупных воздухоразделительных установок сжатым воздухом широкое распространение получили многоступенчатые центробежные компрессоры, затраты энергии на привод которых составляют до 90 % всех энергозатрат установки. Для экономии энергии применяют ступенчатое сжатие, с охлаждением сжатого воздуха между ступенями в теплообменниках. Охлаждающим теплоносителем чаще всего является вода, нагреваемая не выше 40 °С, из-за опасности солеотложения. Недостатком таких систем является недоохлаждение сжатого воздуха до температуры окружающей среды в зимнее время и потери теплоты от сжатия в виде низкопотенциального тепла.

В работе предлагается 2-ступенчатая комбинированная схема охлаждения.

В первой ступени сжатый воздух поступает в трубчатый теплообменник, где охлаждается фреоном, который кипит, превращаясь в перегретый пар с температурой около 50 °С. Полученный пар подается во фреоновую турбину, где расширяясь, приводит в действие электрогенератор.

Во второй ступени сжатый воздух доохлаждается впрыском жидкого кислорода или азота из воздухоразделительной установки.

Таким образом, предложенная схема позволяет охладить воздух до заданной температуры в любое время года и полезно использовать теплоту сжатия. Так, учитывая термический КПД фреонового цикла 58 %, для компрессора К-1500 имеется возможность выработки около 2 МВт электроэнергии, что составляет более 20 % мощности его привода.

УДК 621.822.5:532.517

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYSCFX ДЛЯ РАСЧЕТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕЧЕНИЯ СМАЗКИ

ЕРЗИКОВ А.М., КНИТУ-КАИ, г.Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГОРЮНОВ Л.В.

На кафедре теплотехники и энергетического машиностроения КНИТУ-КАИ при участии доцентов Ильинкова А.В. и Такмовцева В.В. разработан метод расчета процессов течения смазки в каналах и камерах подшипников скольжения в программном комплексе ANSYS CFX. Подшипники скольжения широко используются в различных турбомашинах: транспортных, стационарных, специального назначения, а также в поршневых двигателях.

Разработка метода расчета течения смазки в подшипниках скольжения осуществлялась в несколько этапов с последовательной верификацией по экспериментальным данным, описанным в статье «Влияние способа подвода масла на характеристики радиальных подшипников скольжения» (журнал «Авиационная техника», № 4, 2012 КНИТУ-КАИ) и других работах на каждом этапе.

На начальном этапе моделирования была рассмотрена простейшая задача, при которой вал в подшипнике скольжения жестко закреплен соосно втулке. В этом случае проточная часть представляет собой кольцевую полость между втулкой и валом с каналом подвода смазки. При создании геометрической модели для решения задач на течение учитывается следующая особенность: проточная часть выполняется в виде твердотельной модели, а наличие стенок учитывается заданием граничного условия – «стенка» на ее соответствующих поверхностях.

Для сокращения количества расчетных ячеек кольцевой канал развертывался на плоскость, по обеим сторонам разреза устанавливалось граничное условие «симметрия», а на входе в канал для подвода смазки – граничное условие «полное давление», значение которого выбиралось из экспериментальных данных. Слив масла осуществлялся из двух противоположных торцевых стенок, на которых устанавливалось граничное условие «свободный выход», что означает отсутствие противодавления. Сравнение результатов расчетов осуществлялось по полям статических давлений, замеренных в эксперименте на втулке подшипника, и по его расходным характеристикам.

УДК 620.9:669.1

УСТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОРОЗНОСТИ МЕТАЛЛОШИХТЫ В КАНАЛЕ ПРИ ТЕПЛООБМЕНЕ

ЖАРКОВА Ю.Р., КАНЧУРИНА В.Ф., ОГТИ (ф) ОГУ, г. Орск
Науч. рук. ст. преп. БУШУЕВ А.Н.

В черной металлургии широко применяются дуговые сталеплавильные печи, в которых переплавляемый кусковой металлолом в большинстве случаев подвергается предварительному подогреву газами перед загрузкой в печь. Газопроницаемость шихты и непосредственно порозность ее засыпки в бадье и печи, определяемая объемом пустот в слое, являются важнейшими характеристиками слоя кусковых материалов.

Актуальность владения характером изменения порозности засыпки кускового лома в бадье определяется следующими моментами:

1) представление порозности посредством функции может позволить более подробно оценить аэродинамическое сопротивление слоя;

2) порозность в тепловой задачи определяет кажущуюся теплопроводность плотного слоя, коэффициенты теплопередачи и теплоотдачи;

3) рассмотрение порозности через функциональную зависимость от высоты бадьи может позволить учесть изменение температурного поля внутри металлошихты при тепловом расчете теплообмена.

Для решения поставленной задачи необходим подбор экспериментального материала и емкости, моделирующей либо цилиндрическую загрузочную корзину (бадью) дуговой печи, либо прямоугольный канал, т.е. шахту печи. Подбор материала возможен по техническим данным электроплавильного процесса конкретного металлургического завода и конструктивным размерам оборудования.

По результатам аппроксимации экспериментальных данных функциональная зависимость изменения порозности металлолома в цилиндрической корзине предприятия ОАО «Уральская сталь» имеет вид:

$$f(x) = 0{,}40927 + 5{,}7328 \cdot x - 23{,}9782 \cdot x^2 + 33{,}0787 \cdot x^3 - 14{,}4768 \cdot x^4,$$

где x – безразмерная координата (доля от высоты засыпки).

Актуальна постановка экспериментов с целью изучения закона изменения порозности засыпки лома прямоугольном канале в зависимости от угла его наклона к горизонту в силу наличия в металлургической промышленности дуговых печей с наклонными шахтами.

УДК 620.179

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ИЗМАЙЛОВА Е.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Геоинформационная система (ГИС), в частности ZULU, предназначена для разработки ГИС приложений, требующих визуализации пространственных данных в векторном и растровом виде, анализа их топологии и связи с семантическими базами данных.

С помощью ZULU можно создавать всевозможные электронные карты в местной системе координат или в различных географических проекциях, электронные модели инженерных коммуникаций, таких как теплоснабжение, пароснабжение, водоснабжение, водоотведение и газоснабжение, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, осуществлять экспорт и импорт данных.

Существенная особенность сетей теплоснабжения, как и любой составляющей инженерной инфраструктуры городов, состоит в том, что они являются территориально-распределенными объектами управления. Решать задачи контроля систем теплоснабжения без учета «географической» привязки сетей теплоснабжения к плану территории нерационально. Следовательно, электронные модели систем теплоснабжения должны иметь встроенные средства мониторинга технического состояния. На базе электронной модели можно решать задачи ведения разнообразных диспетчерских журналов: заявок, повреждений, (выполненных) работ, переключений, параметров режима и т.д.

Авторами был разработан аппаратно-программный комплекс, с использованием которого указанные возможности ГИС ZULU позволяют при незначительных ее доработках обеспечить нахождение дефектов трубопроводов в режиме реального времени, в рамках Федерального закона № 190 от 27.07.2010 «О теплоснабжении».

Размещение в колодцах датчиков акустической эмиссии и использование разработанного программного обеспечения позволяет в режиме реального времени определить координаты и характеристики дефекта и вывести эту информацию на сводный экран диспетчера.

УДК 66.045

ПРОТОЧНЫЙ КОНТАКТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

КАМАРДИН А.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. КЕСЕЛЬ Б.А.

В России достаточно много систем теплоснабжения, в которых в качестве теплоносителя используется пар как основное рабочее тело. Практика показывает, что применение пара в разветвленных системах теплоснабжения является неффективным. Таким образом, для повышения эффективности паровых систем теплоснабжения предлагается на входе в указанные системы устанавливать проточный контактный генератор горячей воды.

В данной работе приведены материалы по вопросу создания относительно компактного водогрейного устройства контактного типа. Необходимость разработки таких устройств не вызывает сомнений, поскольку в настоящее время группа малогабаритных, недорогих водогрейных устройств с достаточно высоким к.п.д. развита очень слабо, и промышленные предприятия тратят огромные средства на установку и обслуживание водогрейного оборудования. Существующие на данный момент устройства либо имеют высокую стоимость и требуют значительных капиталовложений при их обслуживании, либо имеют ряд существенных недостатков (например гидроудары). Возьмем устройства, имеющие в своей конструкции сопло Лаваля. Во-первых, сопло Лаваля является технически сложным и дорогим в изготовлении элементом. Во-вторых, течение пара в соплах Лаваля является неустойчивым и способствует интенсивному образованию гидроударов как в самом устройстве, так и в трубопроводах, по которым подается конденсат после устройства.

Результатом этой работы является первоначальная схема устройства, свободного от этих недостатков, расчет его основных технических показателей, а также сравнение характеристик с его аналогами. Работа устройства предполагает наличие в системе источника пара.

Основной задачей разработки предлагаемого устройства является формирование его принципиальной схемы с соответствующим уровнем безопасности и расчет технико-экономической эффективности устройства, что дает возможность оценить его потенциальное практическое применение.

После завершения разработки и всесторонних испытаний данное устройство позволит любому предприятию гораздо эффективнее организовывать горячее водоснабжение при наличии автономного источника пара.

УДК 62.1:006.354

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПРИ ЕЕ ПЕРЕДАЧЕ ПО ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ

КАРЕВ Д.С., ЗАО НПО «Техкранэнерго», г. Владимир
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МЕЛЬНИКОВ В.М.

Величина потерь теплоты при передаче по участку тепловой сети теплопередачей зависит от типа прокладки, материала изоляции, температур теплоносителя и наружной поверхности изоляционной конструкции, теплопроводности и температуры грунта. Плотность теплового потока через поверхность одиночного трубопровода определяется по формуле:

$$q = -\lambda \partial t / \partial r, \qquad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·ºС); r – радиус-вектор, м; t – температура, ºС.

В общем случае распределение температур в неограниченном изолированном трубопроводе при нестационарной теплопередаче описывается системой дифференциальных уравнений, каждое из которых описывает распределение температуры в конкретном слое:

– по толщине стенки трубы:

$$\frac{\partial t_1(r,\tau)}{\partial \tau} = a_1\left(\frac{\partial^2 t_1(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t_1(r,\tau)}{\partial r}\right) \ (\tau > 0, R_1 \le r \le R_2); \qquad (2)$$

– по толщине теплоизоляционного слоя:

$$\frac{\partial t_2(r,\tau)}{\partial \tau} = a_2\left(\frac{\partial^2 t_2(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t_2(r,\tau)}{\partial r}\right) \quad (\tau > 0,\ R_2 \le r \le R_3); \qquad (3)$$

– по толщине гидроизоляционного покрытия:

$$\frac{\partial t_3(r,\tau)}{\partial \tau} = a_3\left(\frac{\partial^2 t_3(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t_3(r,\tau)}{\partial r}\right) \quad (\tau > 0,\ R_3 \le r \le R_4). \qquad (4)$$

где τ – время, с; a – коэффициент температуропроводности, м^2/с; R_1 – внутренний радиус трубопровода, м; R_2 – наружный радиус трубопровода, м; R_3 – наружный радиус теплоизоляционного слоя, м; R_4 – наружный радиус гидроизоляционного покрытия, м.

Задав для уравнений (2)–(4) начальные и граничные условия, получаем распределение температур в изолированном трубопроводе. При этом необходимо рассмотреть переходные (начало и конец отопительного периода) и периодический (из-за периодических условий на границе сред) процессы.

УДК 621.352.6

ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАЗДЕЛЬНОГО ТИПА В ЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

КОВЫРОВА М.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АХМЕТОВ Э.А.

В наше время для современных ТЭС важнейшей проблемой как технического, так и экономического характера являются утилизация и удаление золошлаков. Они образуются при сжигании угля в топках энергетических котлов. Потребителями большого количества воды, как и загрязнителями открытых водоемов и подземных вод, являются системы гидравлического золошлакоудаления.

По информации Министерства природных ресурсов и экологии РФ, в 2013 г. общий сброс в поверхностные водные объекты составил 48096 млн $м^3$/год. Со сточными водами сбрасывается масса загрязняющих веществ, наиболее вредоносными являются нефтепродукты, сульфаты, хлориды, соли тяжелых металлов.

Еще одна существенная проблема, возникающая при гидравлическом способе золошлакоудаления, это большое количество золошлаковых отходов, скопившихся на золоотвалах. При гидравлическом способе удаления золошлаковый материал теряет свои ценные качества, это и ведет к возникновению проблемы. Эти ценные качества могли бы быть использованы в народном хозяйстве, в первую очередь в строительстве. В основном из-за этого использование золошлаковых отходов невелико. По причине недостаточного использования продолжается накопление золошлаковых отходов.

Путем решения задач по утилизации золы является создание установок по выдаче и отбору сухой золы как наиболее ценного сырья для дальнейшего использования в народном хозяйстве.

В качестве примера можно привести перевод гидравлической системы золошлакоудаления на пневмогидравлическую, рассматривая тепловую электрическую станцию с типовым набором оборудования: шесть котлов БКЗ-210-140, работающих на кузнецком угле марки СС.

Физические свойства (насыпная масса, сыпучесть, размер частиц и т.п.) сухих зол каменных углей близки физическим свойствам цемента. Оборудование цементной промышленности, изготовленное серийно и проверенное в условиях эксплуатации, может быть использовано для отбора и транспортировки сухой золы.

УДК 621.311.001

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО РЕКТИФИКАЦИИ

ЛАПАТЕЕВ Д.А., ДЬЯКОНОВ А.А., ЖУКОВА И.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗАХАРОВ В.М.; ст. преп. СМИРНОВ Н.Н.

Современные предприятия химической, пищевой, машиностроительной, медицинской и нефтеперерабатывающей промышленности трудно представить без ректификационных установок. Ректификация используется при производстве спиртов, кислорода, азота, продуктов нефтепереработки и других сложных химических веществ.

Процесс разделения смесей является энергоемким, и в нем заложен большой потенциал в области энергосбережения.

Для изучения процессов, происходящих в ректификационных установках, в реконструируемой лаборатории «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» кафедры «Промышленная теплоэнергетика» ИГЭУ авторами в 2013 г. был разработан и создан лабораторный стенд по ректификации.

В ходе выполнения лабораторной работы на данном стенде студенты, обучающиеся по направлению «Теплоэнергетика», смогут решить следующие задачи: определить температуры кипения жидких смесей; управлять процессом кипения-конденсации в лабораторных установках; определить концентраций компонентов в смеси; построить кривые фазового равновесия, диаграммы упругости пара; определить число тарелок в ректификационной установке; произвести анализ энергетических показателей.

В качестве источника теплоты применяется колбонагреватель LH 253. В нагревательном отсеке колбонагревателя, где находится спираль, устанавливаются колбы со смесями веществ (в заданном соотношении). Для измерения необходимых температур в пространстве, заполненном жидкостью и над жидкостью, располагаются корольки термопар, которые с помощью соединительных проводов-электродов подсоединены к измерителю-регулятору температуры. Данные с прибора поступают на ЭВМ, где обрабатываются и выводятся в виде мгновенных значений и графиков изменения температур на жидкокристаллический экран. Задание температуры осуществляется с помощью регуляторов, расположенных на лицевой панели колбонагревателя. Разработано методическое обеспечение лабораторного стенда, в том числе тематический плакат.

УДК 658.351

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВОДОВ № 2, 4, 22 г. КАЗАНЬ ОТ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ КТЭЦ-1

МАЛАХОВ А.О., ПОЛИТОВА Т.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

В связи с требованием Федерального закона по разработке схем теплоснабжения населенных пунктов необходимо провести оценку надежности систем теплоснабжения города Казань.

Целью работы является определение надежности магистральных тепловых сетей, пролегающих от КТЭЦ-1.

Задачей расчетов стало исследование и выявление участков магистральных трубопроводов с низкими показателями надежности, поиск вариантов решения проблемы для данных участков, перспектива улучшения трубопроводов и всей сети в целом по городу Казань.

Исследовались магистральные трубопроводы № 2, 4 и 22. Анализ проведен за период работы трубопроводов с 2011 по 2012 гг.

Результатом проведения анализа стало определение показателей вероятности безотказной работы. Для тепловых сетей от КТЭЦ-1 показатели составили: тепловод № 2 от источника до конечного пункта 2–58 – 36 %, тепловод № 4 от источника до пункта т/в 21, 22 – 58 %, тепловод № 22 от колодца П-1 до колодца П-2 – 79,8 %. Представленные участки не удовлетворяют требованиям безотказности, их значения падают ниже нормативного заданного показателя P = 0,86 (86 %).

Коэффициенты готовности к исправной работе системы в среднем для всех участков составили: E = 0,987 (98,7 %) при минимальном нормативном значении E = 0,97.

Частота (интенсивность) отказа рассчитывалась для каждого участка в отдельности. Все полученные значения представлены в виде сводной таблицы, отраженной в работе.

Вычисления проводились с помощью компьютерной программы, выполненной в среде MicrosoftExcel.

Результаты работы используются для разработки схемы тепло-снабжения г. Казань.

УДК 536.2.081.7

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНЫХ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ТЕПЛООБМЕНА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

МЕРЗЛЯКОВ А.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Поверхностные интенсификаторы теплообмена в виде полусферических выемок и выступов широко используются в теплообменном оборудовании. Интерес к такому типу интенсификаторов возрос после появления сообщений о повышении коэффициента теплоотдачи при одновременном снижении гидравлического сопротивления.

Проектирование интенсифицированных теплообменников с оптимальными характеристиками затрудняется в связи с проблемой обобщения результатов исследований. Анализ литературных источников показывает, что обобщить характеристики поверхностных интенсификаторов теплообмена общепринятыми уравнениями сохранения не удается ввиду сложности тепловых и гидромеханических процессов.

Определенный выход из ситуации предлагают искусственные нейронные сети (ИНС), способные к обучению. Нейросетевое моделирование позволяет обобщить результаты экспериментов сложных многопараметрических процессов, «заглядывая» за пределы диапазонов параметров, в которых были проведены опыты. В ИНС знания содержатся в состояниях множества нейронов и связей между ними. Из связанных определенным образом нейронов (узлов) строится нейронная сеть с определенным количеством входов и выходов.

Функционирование нейронной сети состоит из двух этапов: обучения сети «правильному» или адекватному реагированию на входную информацию (входной вектор) и использования обученной сети для распознавания входных векторов. Последний этап часто называют тестированием. Другими словами, сеть учится распознаванию входных векторов.

При тестировании обученной нейронной сети происходит процесс поиска ближайшего минимума целевой функции. При этом происходит восстановление искаженных разрядов входного вектора или «вспоминание» неизвестных разрядов, ассоциативно связанных с заданными (известными) разрядами.

УДК 658.26

ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

МИННЕТУЛЛИН Р.М., ДЕБЕРДИЕВ Т.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Надежность систем теплоснабжения означает их способность производить, транспортировать и распределять среди потребителей в необходимых количествах теплоноситель с соблюдением заданных параметров при нормальных условиях эксплуатации.

В последние годы наблюдается стойкая тенденция к снижению надежности теплоснабжения, что является причиной большого количества аварий, приводящих к перерасходу тепловой энергии, теплоносителя, большим капиталовложениям и затратам труда, а также негативным социальным последствиям.

Системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) являются системами, обслуживающими человека, наиболее уязвимым элементом в которых являются трубопроводы. Необходимость бесперебойной работы обусловливает важность исследования надежности теплоснабжающих систем. Отказ этих систем приводит к нарушению нормальных условий жизни и работы людей, повреждению смежных систем, сбоях в ряде технологических процессов.

В данной работе были рассмотрены основные вопросы надежности систем теплоснабжения, критерии и показатели надежности, а также был произведен расчет системы централизованного теплоснабжения города Казани с учетом требований надежности.

УДК 628

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

МУХАМЕТЗЯНОВ Ф.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Система отопления дома состоит из генератора тепла, отопительных приборов и труб. На сегодняшний день в роли генератора тепла может выступать не только котел, но и другое оборудование: солнечные коллекторы, тепловые насосы, камин и т.п. Для передачи тепла помещениям кроме радиаторов используется теплый пол, теплые стены.

Системы отопления бывают:

1) двухтрубные и однотрубные;
2) закрытые и открытые;
3) с естественной и принудительной циркуляцией.

Двухтрубная система отопления – это система, в которой радиаторы подключены параллельно, т.е. одна труба осуществляет подачу теплоносителя радиаторам, а вторая собирает отработавшую воду с радиаторов и доставляет ее в котел. При однотрубной системе отопления радиаторы подключены последовательно, т.е. обработка предыдущего радиатора соединена с подачей следующего.

Закрытая система отопления – герметичная система, в которой вода не сообщается с наружным воздухом. В открытой системе отопления вода сообщается с наружным воздухом.

Система с принудительной циркуляцией теплоносителя использует насос, который обеспечивает движение теплоносителя по трубам. В системе отопления с естественной циркуляцией вода движется по трубам за счет разности плотности нагретой и остывшей воды.

Современная система отопления – это закрытая двухтрубная система отопления с принудительной циркуляцией.

Основные элементы системы отопления: котел, насос, радиаторы, трубы. Но такая система после короткого отрезка времени разорвется от давления, в ней не учтен один момент т.к. вода при нагревании расширяется. Для того чтобы компенсировать расширение теплоносителя, в систему монтируется расширительный бак закрытого типа. Это еще один элемент системы отопления.

УДК 658.351

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-2

НАЗАРЫЧЕВ С.А., ПОЛИТОВА Т.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

В связи с требованием Федерального закона по разработке схем теплоснабжения населенных пунктов необходимо провести оценку надежности систем теплоснабжения г. Казани.

Проблема надежности тепловых сетей является актуальной, так как необходимо обеспечивать потребителя качественной продукцией, для создания комфортных условий проживания и выпуска промышленной продукции.

Целью работы является определение надежности магистральных тепловых сетей г. Казань. Источником тепла является Казанская ТЭЦ-2.

В работе исследовался тепловод № 8, который имеет сложную структуру. При расчете он был разделен на участки, после чего были определены надежность и вероятность безотказной работы каждого участка.

По результатам расчетов установлено, что показатель вероятности безотказной работы ($p = 0,86$) тепловода № 8 начиная с первого участка

ТЭЦ-2 П-10 не удовлетворяет требованиям безотказности. Это обусловлено тем, что в системе имеются участки с большим сроком эксплуатации. Они задают резкое падение вероятности безотказной работы.

Участках ТЭЦ-2 П-10 требуют срочной замены, так как срок его эксплуатации превышает 30 лет, что не удовлетворяет нормативным значениям.

Результаты данной работы стали: расчет коэффициента готовности, определение вероятности безотказной работы, интенсивности, параметры потока отказов и среднего времени восстановления.

Расчет проводится в компьютерной программе, выполненной в среде Microsoft Excel. Полученные выводы и рекомендации позволяют решить задачу повышения надежности трубопроводов исследуемого участка и помогут создать более эффективную схему режима работы тепловой сети города.

УДК 621.577

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

ПОЛЯКОВ А.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. ВОСКОБОЙНИКОВ Д.В.

Потребление городскими объектами горячего водоснабжения и отопления производится от централизованных систем теплоснабжения. В таких системах источниками тепловой энергии являются городские ТЭЦ или районные котельные. Выработка тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, как известно, осуществляется комбинированным способом, что значительно эффективней раздельного производства.

В последнее время тепловые насосы выступают как альтернатива традиционным источникам тепловой энергии. Они используют возобновляемые источники энергии: грунт, подземные воды, незамерзающие водоемы, воздух, сточные и сбросные воды от технологических процессов. Установка тепловых насосов не требует особых сложностей, в целом конструкция компактна и при работе бесшумна, сама система автоматизирована, в процессе эксплуатации не нуждается в специальном обслуживании.

Теплонасосные установки универсальны и используются при переходе к децентрализованным системам теплоснабжения. Для каждого потребителя выбирается стабильный источник низкопотенциальной энергии, рассчитывается коэффициент преобразования и окупаемость.

Для внедрения теплонасосных установок в России в необходимых размерах необходимо государственное стимулирование. Во многих странах строительство ТЭЦ осуществляется по российским проектам, т.к. они являются наиболее эффективными для энергосбережения и не оказывают негативных воздействий на окружающую среду.

Тепловые насосы можно переключать с отопительного режима в холодный период года на кондиционирование в летнее время. В системе вентиляции значительно повышается уровень пожарной безопасности. Срок службы теплонасосных установок значительно превосходит срок традиционных котлов.

В настоящее время в мире работает более 30 млн тепловых насосов различной мощности – от нескольких кВт до сотен МВт. Общая тепловая мощность всех ТНУ в РФ составляет до 70 МВт. Учитывая наиболее жесткие климатические условия, более длительный отопительный период, экономический и экологический выигрыш от применения тепловых насосов у нас будет намного выше, чем в Европе, США и Канаде.

УДК 621.352.6

ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

ПОЛЯКОВА Ю.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. ВОСКОБОЙНИКОВ Д.В.

В топливных элементах для получения электрической энергии часто используют чистый водород, а также водородосодержащее сырье, в том числе природный газ, аммиак, бензин или метанол. Обычный воздух используется в качестве кислорода для осуществления прямой электрохимической реакции в процессе получения энергии. Во многих развитых странах, в том числе и России, предпочтение отдается использованию водорода, так как водородное топливо относится к возобновляемым источникам энергии и продуктами реакции, каковыми, помимо электрической энергии, являются тепловая энергия и вода. Последние, в свою очередь, не выбрасывают газосодержащие вредные вещества в атмосферу, а также не вызывают парниковый эффект.

За последние десятилетия в мире создано множество технических моделей, работающих на водородном топливе. В их числе мини-электростанции, автомобили, самолеты, подводные лодки, источники питания для бытовых приборов общего пользования.

В двигателе внутреннего сгорания возможно применение водорода в качестве топлива. В сравнении с бензиновым аналогом, мощность двигателя можно увеличить путем внесения незначительных изменений в систему зажигания. Роторный двигатель является одним из наиболее используемых для работы на водороде, так как в нем выпускной и впускной коллекторы находятся на достаточно удаленном расстоянии друг от друга, что не приводит к воспламеняемости водорода от высокой температуры выпускного коллектора.

Перспективным направлением в производстве энергии является использование элементов, работающих на водороде и кислороде при нормальных давлении и температуре, другими словами с ионообменными мембранами. В таких элементах наряду с кислородом также можно использовать воздух.

В настоящее время ведутся исследования в поисках наиболее эффективного способа получения водорода, где топливные элементы на его основе смогут использоваться повсеместно и заменят источники, работающие на углеводородном топливе. Большие надежды возлагаются на нанотехнологии и концепцию биотопливных элементов.

УДК 621.313/316.002.12

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОАО «ТАТНЕФТЬ»

РЕДЬКИНА Е.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Сегодня в условиях стареющего парка электрооборудования повышение его эксплуатационной надежности приобретает особое значение. В связи с этим важны качественная диагностика действительного состояния и возможность дальнейшего использования оборудования.

Самым дорогостоящим оборудованием на любой подстанции являются силовые трансформаторы. В связи с этим в последнее время получили широкое распространение современные высокоэффективные способы контроля эксплуатационного состояния силовых трансформаторов, не требующие их отключения, такие как неразрушающие методы.

Внедрение приборов инфракрасной техники в энергетику одно из основных направлений развития высокоэффективной системы технической диагностики. По сравнению с традиционными методами,

тепловизионная диагностика электрооборудования обладает рядом достоинств и преимуществ.

Тепловизионный контроль обеспечивает необходимую точность и достоверность результатов, позволяет выявлять и определять местоположение дефектов на ранней стадии развития, сокращать затраты на техническое обслуживание и ремонты. Он является составной частью общей системы технического эксплуатационного контроля электрооборудования.

ОАО «Татнефть» проводит работы по тепловизионному обследованию со второй половины 2009 г. В результате контроля за трансформаторами некоторых обследуемых ЭЭЦ было отмечено отсутствие циркуляции масла в радиаторах. Например, за 2011 г. было проведено 455 обследований трансформаторов, и данный дефект был зарегистрирован в 153 случаях.

Анализ результатов тепловизионного контроля показал, что доля обнаруженных дефектов снижается. Это говорит об эффективности проведения тепловизионной диагностики трансформаторов на рассматриваемых объектах.

УДК 621.311

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ТРИГЕНЕРАЦИИ

РОГОВА А.А., МЭИ, г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. АГАБАБОВ В.С.

С развитием общества потребления перед энергетической отраслью встают новые задачи. Вопросы энергообеспечения потребителей приобретают все большую актуальность, стимулируя научные и технические изыскания, связанные с решением задачи совместного электро-, тепло- и холодоснабжения.

Технология совместной генерации электроэнергии, теплоты и холода (тригенерации) позволяет достичь снижения расхода натурального топлива на единицу выработанной продукции. При определенных условиях возможно создание условно бестопливных установок, использующих только возобновляемые и вторичные энергетические ресурсы. Авторами была разработана схема бестопливной тригенерационной установки на базе детандер-генераторного агрегата (ДГА) и теплонасосных установок (ТНУ). Электроэнергия в установке производится ДГА за счет

технологического перепада давлений транспортируемого природного газа. Теплота и холод генерируются совместно в ТНУ, рабочим веществом которой является воздух.

Целесообразность использования таких установок в энергетике может быть определена по результатам оценки их технико-экономической эффективности. При принятых условиях расчета срок окупаемости тригенерационной установки с установленной электрической мощностью 14,5 МВт, тепловой мощностью 10 кВт, холодильной мощностью 5 кВт составляет порядка 6 лет. Индекс прибыльности проекта составляет 2,1, а внутренняя норма доходности находится на уровне 30 %. Проведенные финансово-экономические расчеты позволяют судить об инвестиционной привлекательности предлагаемой тригенерационной установки. Финансово-экономические показатели тригенерационной установки находятся на достаточно высоком уровне и обусловливают рентабельность проекта. В условиях современного рынка применение тригенерационных установок открывает реальные возможности для получения прибыли и развития науки и технологий в области энергосбережения и рационального природопользования.

УДК 621.822.5:532.517

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК «ЛИМОННОГО» ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

РЯБИНИН Д.В., КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГОРЮНОВ Л.В.;
канд. техн. наук, доц. ТАКМОВЦЕВ В.В.

В современных энергетических машинах различного назначения в качестве опор роторов широко используются радиальные подшипники скольжения. Так как эффект демпфирования вибрационных нагрузок масляным слоем подшипников скольжения ограничен, то для усиления демпфирующей способности и обеспечения центровки вала усложняют конфигурацию их рабочей поверхности, т.е. используют «лимонные» подшипники скольжения (ЛПС) или многоклиновые сегментные подшипники.

На экспериментальном стенде, разработанном в КНИТУ-КАИ на кафедре «ГПТУиД», было проведено исследование ЛПС, образованного смещением верхней половины разъемного вкладыша относительно нижней. В качестве прототипа был выбран ЛПС, применяемый в качестве

опоры ротора паровой турбины Заинской ГРЭС. Замеры статического давления в масляном слое проводились на рабочей поверхности ЛПС, в его продольной камере и во внутреннем кармане (34 точки замера). При этом использовались датчики давления ДДМ-2500ДИ с аналоговым сигналом, АЦП Е-270 и переносной компьютер. Также замерялись температура и объемный расход масла, обороты вала.

В процессе проведения экспериментов варьировались значения эксцентриситета (три варианта геометрии); давление подачи; скорость и направление вращения вала. Было установлено, что основными факторами, влияющими на процессы течения смазки в ЛПС, являются сложная геометрия каналов гидравлического тракта подшипника и вращение вала. Было обнаружено, что при вращении вала в камере возникают возвратные течения с рабочей поверхности ЛПС в его камеру. С помощью образцовых вакуумметров было зафиксировано отрицательное давление на рабочей поверхности ЛПС в местах расширяющегося масляного клина. Анализ экспериментальных расходных характеристик ЛПС позволяет оптимизировать его режим смазки и увеличить срок надежной работы. Полученные экспериментальные поля давления, расходные и температурные характеристики могут быть использованы для формирования граничных условий для численного расчета подшипников данного типа.

УДК 536.3535.34

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ТОПОК С АКУСТИЧЕСКИМИ ГОРЕЛКАМИ

САДЫКОВА Д.А., ЕРМОЛАЕВА К.Н., НХТИ (ф) КНИТУ,
г. Нижнекамск
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. ВАФИН Д.Б.

Руководителем этой работы разработан дифференциальный метод теплового расчета топок. В данном докладе показывается возможность применения данного метода для теплового расчета камер радиации трубчатых печей нефтехимической промышленности с акустическими горелками, расположенными в несколько ярусов на боковых футерованных стенках.

Наличие осевой симметрии, а также симметричное расположение горелок позволяют рассматривать задачу в двухмерной постановке для одной половины печи. Ряд вертикальных реакционных труб заменяется

сплошной непрозрачной для теплового излучения лучевоспринимающей поверхностью с эффективной степенью черноты. При использовании метода дискретных ординат уравнение переноса излучения заменяется системой дифференциальных уравнений относительно интенсивности излучения I_m^k вдоль ограниченного количества выделенных направлений S_m $\{S_m;\ m = 1, N_o\}$. Эти направления задаются набором угловых координат $\{\mu_m,\ \xi_m;\ m = 1, N_o\}$, равных величине проекции единичного вектора направления S_m на оси координат $0x$ и $0y$ соответственно. Двухмерная математическая модель задачи содержит стационарные уравнения энергии, переноса энергии излучением, движения, неразрывности, k-ε модели турбулентности, модели горения. Система уравнений дополняется граничными условиями. При получении дискретных аналогов уравнений сохранения использован метод контрольных объемов в сочетании с методом конечных разностей.

Проведенные расчеты показывают, что дифференциальный метод теплового расчета топок можно использовать для определения локальных значений температур и скоростей продуктов сгорания в объеме камеры радиации трубчатых печей с акустическими горелками. Одновременно определяются поверхностные плотности лучистых, конвективных и суммарных тепловых потоков к реакционным трубам, а также температура футеровки.

УДК 621.1

ВЛИЯНИЕ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

САЙФУЛЛИН Э.Р., ШАЙМУХАМЕТОВ И.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Надежность теплоснабжения – это комплексный показатель, зависящий от каждого элемента в системе. Выход из строя хотя бы одного из элементов в последовательной цепи несет за собой большие негативные последствия, вплоть до аварийных остановов.

Существует два наиболее распространенных вида повышения надежности тепловых сетей: повышение надежности элементов и их резервирование. Резервирование элементов несет за собой много негативных последствий, таких как увеличение металлоемкости системы,

увеличение затрат на обслуживание и т.д. Повышение надежности отдельных ее элементов дает возможность избежать этих негативных последствий и повысить надежность системы.

Тема повышения надежности тепловой сети актуальна в связи с тем, что срок эксплуатации более 70 % тепловых сетей в России закончился или в скором времени закончится.

Одним из наиболее уязвимых элементов в тепловой сети является трубопроводная арматура, в силу больших сопротивлений, возникающих в них. Также этот элемент является одним из важнейших в системе, так как он отвечает за регулирование режимов подачи воды, обеспечивает аварийное отключение и т.п. Повышение надежности трубопроводной арматуры усилит надежность всей системы теплоснабжения в целом и позволит избежать негативных последствий выхода ее из строя.

УДК 697.7

РАСЧЕТ СИСТЕМ ГАЗОВОГО ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

САЛЯХОВА Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗИГАНШИН Ш.Г.

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам энергосбережения и экономии энергоресурсов. В связи с этим актуальным стало использование систем, позволяющих снизить затраты на отопление помещений. Особенно важен вопрос правильного выбора системы отопления для промышленных предприятий, для которых применение традиционных систем отопления требует весьма сложного технического решения или вообще невозможен. К числу энергоэффективных систем отопления относятся системы лучистого отопления, в которых в качестве отопительных приборов используют водяные, электрические или газовые инфракрасные обогреватели. Для промышленных цехов с большими строительными объемами наиболее перспективным является применение газовых инфракрасных излучателей. Это связано с тем, что в настоящее время газ является сравнительно дешевым и экологически чистым топливом. К любому объекту легче и дешевле подвести газопровод и непосредственно на месте решить проблемы теплоснабжения без прокладки протяженных металлоемких магистралей, дорогих и недостаточно эффективных из-за тепловых потерь.

Важной особенностью систем лучистого отопления является возможность создания требуемых параметров микроклимата (температуры воздуха в помещении и радиационной температуры в отдельных рабочих зонах. Для эффективной работы системы отопления, т.е. для создания требуемых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны при минимальных затратах энергии, необходимо решить следующие задачи:

– рассчитать количество и мощность излучателей, необходимых для отопления помещения;

– определить тип излучателей в зависимости от особенностей объекта и назначения системы отопления (основная или дополнительная);

– выбрать места установки излучателей в помещении.

Задачи, представленные выше, экспериментально решить весьма трудоемко и проблематично. Поэтому исследование эффективности применения систем лучистого отопления предпочтительнее проводить расчетными методами.

УДК 66.045.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

СНИГИРЁВА Ю.В., МОРЯШОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МУТРИСКОВ А.Я.

Задачей экспериментальных исследований ставилось выявление характера воздействия низкочастотной пульсации и физических свойств теплоносителя на процесс теплообмена при использовании в качестве теплоносителей воды и водных растворов NaCl с весовыми долями NaCl 0,1 и 0,2. В экспериментах расход теплоносителя G составлял $0{,}0236\cdot10^{-3}$ м^3/с; $0{,}05142\cdot10^{-3}$ м^3/с; $0{,}07713\cdot10^{-3}$ м^3/с; $0{,}09255\cdot10^{-3}$ м^3/с, частота пульсации – 0,72, 1,07, 2,13, 2,87, 3,53 Гц. Исследования проводились в погружном теплообменнике, представляющей собой теплоизолированную емкость, в которую вмонтирована медная трубка длиной 1 м, внутренним диаметром 0,009 м, толщиной стенки 0,001 м.

В исследуемом диапазоне концентрации раствора NaCl вязкость его практически не меняется ($0{,}85\cdot10^{-6}$ – $0{,}93\cdot10^{-6}$ м^2/с), но существенно меняется теплоемкость (3771–4190 Дж/(кг·К)). Поэтому можно делать вывод, что эффект от пульсации тем выше, чем меньше теплоемкость теплоносителя.

Полученные экспериментальные данные показывают, что для системы вода–вода влияние пульсации на коэффициент теплопередачи не существенно. Для системы вода – водный раствор NaCl 10 % вес. коэффициент теплопередачи возрастает в 2,5 раза, для системы вода – водный раствора NaCl 20 % вес. (наложение пульсации осуществляется на поток водного раствора NaCl), возрастает примерно в 4–5 раз по сравнению с режимом без пульсации при расходе пульсирующего потока теплоносителя равным $0{,}09255 \cdot 10^{-3}$ $м^3/с$ и интенсивности пульсации равной 12000 и 5000 мм/мин соответственно.

УДК 697.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРИ ЕЕ ПОДСИСТЕМ

ЛАТЫПОВА А.Р., ХАКИМОВА Р.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВАЛИЕВ Р.Н.

Направление повышения эффективности систем теплоснабжения является одним из перспективных направлений в научных исследованиях в энергетической отрасли экономики. Довольно сильное влияние на экономичность работы систем теплоснабжения оказывает организация правильного распределения и преобразования энергетических потоков внутри ее подсистем. Это связано с минимизацией затрат на производство и транспортировку теплоносителя от источника до потребителя.

По данному направлению исследований в этой работе выполнены:

– разработка методик расчета схем ТЭЦ и тепловых сетей;

– оптимизация схемных решений с применением разработанных методик расчета;

– создание программ позволяющих исследовать различные режимы работы ТЭЦ и тепловых сетей;

– определение технико-экономических показателей выбранных вариантов;

– определение способов повышения эффективности производства тепловой энергии на ТЭЦ и повышения эффективности транспортировки теплоносителя в тепловых сетях, путем проведения структурных изменений и внедрения современных технологий.

Оптимизация структуры и режимов работы системы теплоснабжения являются конкретным инструментом решения задачи общегосударственного значения – энергосбережения.

УДК 665.612.2

ОПТИМИЗАЦИЯ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В КОТЛЕ

ХАММАТОВА Р.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАНЬКОВ Ю.В.

Один из способов утилизации попутного газа – использование его в качестве топлива в котле для выработки тепловой энергии. Оптимизация сжигания нефтяного газа позволяет значительно увеличить экономичность процесса и снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Выделяют следующие методы оптимизации:

– технологические: ступенчатое сжигание газа, рециркуляция дымовых газов и др.;

– конструктивные: усовершенствование элементов котла, топки и горелок;

– автоматическое регулирование работы котла;

– очистка продуктов сгорания;

– утилизация теплоты уходящих газов.

Присутствие в попутном газе примесей приводит к непостоянству его калорийности и изменению оптимального соотношения расходов газа и воздуха. Поэтому главной задачей оптимизации является обеспечение эффективного сжигания попутного газа независимо от его калорийности. Наиболее перспективным решением данной задачи является автоматизация процесса сжигания в котле.

Температура получаемого пара напрямую зависит от изменения калорийности газа. Так при снижении калорийности газа от первоначального значения снижается и температура пара. В этом случае необходимо при постоянном расходе воздуха повысить расход газа, пока температура пара не достигнет требуемого значения. При увеличении калорийности попутного газа температура пара возрастает, а значит необходимо уменьшить расход топлива.

Кроме того, автоматизация процесса сжигания газа в котле обеспечивает поддержание устойчивого разрежения в топке. При отклонении разрежения от оптимального значения наблюдаются выбивание пламени из топки и присосы воздуха.

УДК 536.4

ГЛУБОКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

ЧИБИРАК Ю.Э., ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург
Науч. рук. канд. техн. наук ШЕМЯКИН В.Н.

В настоящее время КПД современных газовых водогрейных котлов по низшей теплоте сгорания топлива составляет 91–94 %. Между тем при сгорании 1 м^3 природного газа образуется 2 м^3 водяных паров, на долю которых приходится 11–13 % теплоты. Температура уходящих газов за котлом составляет 150–180 °С, и дальнейшее ее понижение в теплообменниках «сухой» теплопередачи признано экономически нецелесообразным. В этих условиях единственным значимым резервом увеличения экономичности является использование теплоты конденсации паров. Так, при влагосодержании уходящих газов X = 0,11…0,12 кг/кг теплота, приходящаяся на 1 кг газов, составляет: 190–220 кДж – физическая (определяемая их температурой), 310–325 кДж – влажностная. Использование теплоты водяных паров возможно при их конденсации, которая может происходить в том случае, когда поверхность труб имеет температуру ниже точки росы. Для продуктов сгорания природного газа она составляет 55–57 °С, для древесных отходов – 69–73 °С.

В последнее время получили развитие конденсационные теплообменники и котлы. Одной из основных трудностей реализации идеи конденсационных котлов является необходимость наличия в системе низкотемпературного источника нагрева. Поэтому наиболее широкое применение конденсационные котлы мощностью до 100 кВт нашли при производстве газовых настенных и напольных котлов для индивидуального теплоснабжения с температурой обратной воды 40 °С.

Для оптимального использования теплоты конденсации водяных паров дымовых газов и возможности включения конденсационных котлов в существующие тепловые сети ОАО «НПО» ЦКТИ предлагает искусственно повышать «точку росы» водяных паров впрыском части конденсата в котельный тракт, например частично в топку (горелку) для одновременного снижения выбросов оксида азота.

В настоящее время в ОАО «НПО ЦКТИ» ведутся работы по созданию демонстрационной установки с конденсационным жаротрубным котлом теплопроизводительностью 1,5 Гкал/ч на природном газе.

Использование теплоты уходящих газов газифицированных котлов в КУ может повысить к.п.д. котлов при предельно глубоком охлаждении газов на 9–10 % и значительно сократить расходы на топливо. Учитывая то, что цены на природный газ в России также растут, метод глубокого охлаждения имеет хорошие перспективы.

УДК 536.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЩЕЛЕВОГО РАДИАЦИОННОГО РЕКУПЕРАТОРА В ПАКЕТЕ ANSYS

ШАГАЛОВА М.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГУСЕНКОВА Н.П.

В настоящее время в науке и технике все чаще встречается проблема энергосбережения и энергоэффективности. Для ее решения перед нами стоят определенные задачи. Одна из них – выбор оптимальной и эффективной конструкции аппаратов, используемых в различных теплотехнологических установках. К этим установокам относят и рекуператоры.

В данной работе рассматривается решение задачи эффективного конструирования щелевого радиационного рекуператора и исследование с помощью компьютерного моделирования в пакете ANSYS режимов и условий работы теплообменного аппарата.

Первым этапом работы является создание геометрической модели теплообменного аппарата в САПР SolidWorks. Такой способ моделирования является достаточно быстрым и менее затратным, нежели создание материальной модели теплообменного аппарата. Учитывая, что в аппаратах нового поколения используются рабочие среды при таких температурах, когда конструкционные материалы работают в экстремальных условиях, а проведение высокотемпературных экспериментальных исследований становится дорогостоящим и трудоемким, разработка надежных методов расчета подобных устройств является актуальной задачей.

Следующим шагом было построение расчетной сетки с помощью специального модуля, встроенного в пакет ANSYS. Эта функция дает нам возможность варьирования параметров сетки. Задаются начальные и граничные условия, свойства материалов корпуса и изоляции. После задания выполняется расчет и визуализация результатов.

Далее будет выполнено сравнение полученных результатов с инженерными расчетами, в которых мы выяснили, что выбранный нами рекуператор подогревает воздух до t = 300 ºС.

Рассматриваемый нами способ построения модели позволяет приблизиться к реальным процессам и наиболее точно подобрать рекуператор к той или иной теплотехнологической установке.

УДК 697.3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

ШАЙМУХАМЕТОВ И.Р., САЙФУЛЛИН Э.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Согласно Федеральному закону Российской Федерации № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесения изменений в отдельные законодательные акты РФ» главной целью является организационно-правовое и экономическое обоснование повышения энергетической эффективности жилищного хозяйства. Другими словами, документ на государственном уровне обязал власти всех субъектов РФ – от муниципалитетов до республик – всерьез заняться приведением неэффективной и устаревшей коммунальной системы в соответствие с современными требованиями.

В числе мероприятий, направленных на реализацию Программы, предусмотрен целый ряд мер по модернизации коммунальной инфраструктуры. Одной из мер является повышение гибкости регулирования сети теплоснабжения. Во многих городах отопление в основном работает по зависимой схеме. Она не предусматривает промежуточных теплообменников и тепловых пунктов, т.е. нагретый теплоноситель попадает сразу в дома конечных потребителей. Несмотря на простоту такой подход не позволяет эффективно регулировать температуру системы, что приводит к серьезным потерям тепла.

В качестве другого варианта модернизации можно принять схему подключения домов с применением автоматизированных индивидуальных теплопунктов (АИТП) с погодозависимым регулированием. Они позволяют не только оптимизировать теплоподачу, но и организовать эффективный учет ресурсов.

УДК 658.26

РАЗРАБОТКА ГАЗОМАЗУТНОЙ ГОРЕЛКИ ДЛЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ШАРИЕВА А.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АЛТУНИН К.В.

В настоящее время в энергетике многих стран мира основными источниками первичной энергии для тепловых электростанций (ТЭС) являются ископаемые виды органического топлива – уголь, природный газ и нефть. В нашей стране одними из основных видов топлив для ТЭС являются природный газ и мазут. Однако при применении мазута возможны нежелательные тепловые процессы, к примеру закоксовывание и выход из строя фильтров, топливных каналов, распылителей горелок и форсунок. Все это, в конечном итоге, приводит к ухудшению процесса сгорания топлива, к необходимости ремонта или замены вышедших из строя горелочных устройств, к снижению тепловой мощности. Также большой интерес представляет регенерация тепла с целью подогрева топлива перед сжиганием и снижения его потребления.

Проведены экспериментальные исследования с модернизированной газовой горелкой с интенсификатором теплоотдачи. Эксперименты показали, что данная конструкция горелки позволяет снизить количество потребляемого газа на 3–9 % за счет эффективной регенерации тепла и интенсификации теплообмена в канале подачи газообразного горючего.

Проведен патентный поиск по изобретениям – горелочным устройствам. В результате анализа научно-технической литературы, патентного поиска, проведенных экспериментальных исследований разработана новая конструктивная схема газомазутной горелки с регенерацией тепла, со сниженным потреблением газообразного топлива и с увеличенным ресурсом за счет применения специальных клапанов.

Применение разработанной газомазутной горелки позволит избежать преждевременного ремонта и замены горелочных устройств, увеличить тепловую мощность, избежать выхода из строя горелок по причине закоксовывания, поддерживать оптимальное соотношение окислителя, газообразного топлива и мазута, а также оптимизировать процесс сгорания топлива в топках котлов на ТЭС.

УДК 620.179.1

О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ГАРМОНИК СПЕКТРА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

ЗАГРЕТДИНОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Чувствительность и достоверность ударно-акустических дефектоскопов во многом зависит от выбора информативных гармоник спектров виброакустических сигналов. Ввиду трудностей теоретического анализа основным способом исследования характеристик спектра является эксперимент.

Пользуясь аналитическими методами, дефект в виде расслоения или нарушения соединения между слоями изделия принято рассматривать как закрепленную по контуру пластину. Однако в общем случае условия закрепления по контуру отделенного дефектом слоя нельзя свести ни к одному из типовых случаев (зажатая, опертая и свободно закрепленная на краях пластина), поэтому аналитическое решение задачи о собственных колебаниях отделенного дефектом слоя затруднительно. Лишь в случаях неглубоко расположенных крупных дефектов последние могут рассматриваться как зажатые по контуру пластины.

С развитием современных вычислительных систем широкое применение для расчета собственных колебаний конструкций нашел метод конечных элементов. В ряде задач для оценки собственных частот конструкций применяется метод модального анализа, реализованный в программе конечноэлементного моделирования ANSYS. Применение модального анализа не дает качественной оценки различия собственных колебаний дефектных и бездефектных участков изделия. Расчетные частоты колебаний соответствуют всей конструкции изделия. В первом приближении частоты, соответствующие дефектным участкам, можно выявить при просмотре анимации форм колебаний расчетной модели. Такая оценка дает лишь общее представление об относительных перемещениях конструкции.

Более точно определить параметры упругих колебаний представляется возможным прибегая к анализу переходных динамических процессов. Данный подход позволяет выявить различия перемещения узлов конечноэлементной сетки, принадлежащих разным участкам конструкции.

УДК 665.75

АНАЛИЗ СХЕМЫ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА НИЖНЕКАМСКОЙ ТЭЦ

ГАЛИУЛЛИН А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛОПУХОВ В.В.

Мазут на станции применяется как резервное топливо. Мазутное хозяйство имеет две очереди. Схема подготовки и хранения мазута – циркуляционная совмещенная двухступенчатая – представлена на рис. Доставка мазута осуществляется по трубопроводу от НПЗ. Также возможен подвоз по ж/д в цистернах. Для слива мазута предназначена приемно-сливная эстакада 1 длиной 320 м. Разогрев мазута происходит путем подачи свежего пара в цистерны из общестанционного коллектора. Слив мазута происходит самотеком в 2 приемных резервуара объемом по 600 м^3 каждый.

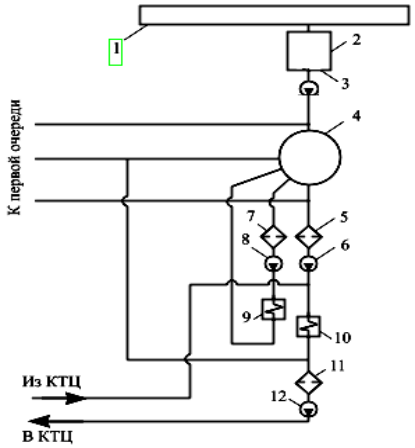


Схема второй очереди мазутного хозяйства Нижнекамской ТЭЦ

В каждом приемном резервуаре установлены по два погружных насоса 3 типа 20НА–22×3 и 12 НА–22×6, перекачивающие в основные резервуары мазута 4, 8 резервуаров общей емкостью 80 000 м^3.

Мазут из основного резервуара подается к котлам через фильтры тонкой очистки 5 мазутными насосами I подъема 6 типа 10НД–6×1 в подогреватели мазута 10 марки ПМ–10–120, производительностью 120 т/ч. После подогревателей мазут, через фильтры 11, насосами II подъема 12 марки 8 НД–10 × 5 подается к котлам.

Ветка циркуляции включает в себя фильтры тонкой очистки 7, насосы 8 марки 10НД-6 × 1 и подогреватели 9 марки ПМ–10–120. В качестве греющего теплоносителя в мазутном хозяйстве используется острый пар давлением 1,0 МПа.

Использование резервуаров такой большой емкости приводит к большим затратам теплоты и электроэнергии на вывод их из режима «холодного хранения» и другие технологические операции. Вопросы оптимизации режимов циркуляционного подогрева стоят довольно остро так как это позволило бы значительно сократить затраты теплоты и электроэнергии.

УДК 662.994

ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ОГНЕТЕХНИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

КОЛМАКОВ М.И., МЭИ, г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, асс. ГОРЕЛОВ М.В.

По расчетам специалистов, благодаря внедрению энергосберегающих мероприятий за последние 20 лет мировому сообществу удалось снизить энергоемкость мирового ВВП в 2 раза. Экономика современной России, в отличие от многих стран, располагает огромными запасами природных энергетических ресурсов и, одновременно, остается одной из самых энергоемких в мире.

На большинстве производственных предприятий образуются высоко- и низкотемпературные тепловые отходы, которые могут быть использованы в качестве вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Обеспечение только полноты сгорания топлива в огнетехнических агрегатах является не доминирующим мероприятием, в конечном счете, оно должно сочетаться с максимальной утилизацией теплоты. Зачастую огнетехнические агрегаты, особенно печи, внедряются без утилизационных установок, в результате потери теплоты с уходящими газами составляют более 60 %.

В настоящее время наибольшее распространение получила утилизация тепла отходящих производственных газов, которые почти для всех огнетехнических процессов имеют высокий температурный потенциал и в большинстве производств могут использоваться непрерывно.

Тепло дымовых газов является основной составляющей энергетического баланса. Его используют преимущественно для технологических, а в некоторых случаях – и для энергетических целей (в котлах-утилизаторах). Однако широкое использование высокотемпературных тепловых ВЭР связано с разработкой методов утилизации, в том числе тепла раскаленных шлаков, продуктов и т.д., новых способов утилизации тепла отходящих газов.

Метод глубокой утилизации теплоты дымовых газов позволяет увеличить к.п.д. топливопотребляющей установки на 2–3 %, что соответствует снижению расхода топлива на 4–5 кг у.т. на 1 Гкал выработанного тепла.

УДК 665.7.032.56

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ КОКСА

ЗАПАРНЮК М.Н., МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НЕШПОРЕНКО Е.Г.

Производство чугуна непрерывно растет. По данным аналитиков, выплавка чугуна в 2013 г. составит около 1200 млн т. Для выплавки чугуна в доменном производстве требуется кокс – полупродукт, использующийся для восстановления железной руды. Генерация кокса проводится при температуре 1200 °С в бескислородной среде коксовой печи. В соответствии с технологией производства, его необходимо охладить. В настоящее время широко распространено охлаждение «мокрым» способом – в тушильный вагон с горячим коксом подается вода с расходом 4–5 $м^3$/т кокса.

Анализ существующей схемы охлаждения показал, что схема является неэффективной – физическое тепло кокса полностью теряется, в атмосферу выделяются вредные вещества.

Существуют методика охлаждения кокса, при которой часть физической теплоты можно использовать вторично, как в установках сухого тушения кокса (УСТК). При выдачи технологического продукта, имеющего однородный фракционный состав и высокую температуру, физическую теплоту можно передать, например, процессу обжига сидеритовой руды.

В настоящее время обжиг сидеритовой руды ведут в шахтных печах с применением природного газа (ПГ). Поскольку температура горения ПГ превышает 2000 °С, а для обжига не требуется столь высокая температура,

сжигание газа ведут с большим избыточным количеством воздуха. Это приводит к неэффективному использованию природного газа.

В случае использования схемы обжига сидеритовой руды в УСТК с регенерацией теплоты уходящих газов, предварительно подогревая руду перед ее засыпкой в форкамеру, при охлаждении 1 т кокса можно обжечь 0,523 т руды.

Таким образом, введение обожженных сидеритовых руд в металлургический комплекс позволит расширить их долю с 10 % (около 0,180 т/т чугуна) до 30 % (0,523 т) и снизит общую энергоемкость аглококсодоменного комплекса.

УДК 621.771:621.78.08.06

ТЕПЛОТА ГОТОВОГО ПРОКАТА – ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

ЗАХАРОВ Р.В., МАТВЕЕВ С.В., МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. КАРТАВЦЕВ С.В.

Мировая выплавка стали увеличивается с каждым годом и к 2013 г. составила около 1,55 млрд тонн. Почти 90 % выплавляемой стали идет на производство стального проката. На каждом этапе теплотехнологии присутствуют значительные тепловые потери. Известно, что готовый лист после чистовой клети охлаждается водой с 900 до 590 °С. Около 200 МДж/т теплоты уносится водой на уровне, не превышающем 100 °С, и теряется в окружающую среду.

В данной работе рассмотрены возможности использования теплоты готового проката для энергетических нужд самой теплотехнологии.

Для решения поставленной задачи были рассмотрены два варианта использования теплоты горячего проката: по принципу технологической регенерации и выработки электрической энергии в ПТУ.

Возможным решением для достижения поставленной задачи является замена воды как теплоносителя на иной с более подходящими физическими свойствами и организация процесса охлаждения заготовки в области более высоких температур. Так, для паротурбинного цикла рабочая температура теплоносителя не превышает 550 °С, а для технологической регенерации возможно использовать все тепло при полном сохранении температуры.

Указанные мероприятия могут позволить с каждой тонны охлаждаемого проката получить с учетом к.п.д. паротурбинного цикла 40 % порядка 20 кВт·ч электроэнергии, которую можно использовать

для привода электродвигателей прокатных клетей. А принцип технологический регенерации в термодинамически идеальных условиях позволит теплотой охлажденного проката нагреть 0,35 т металла от температуры окружающей среды до среднемассовой температуры горячего посада слитков в печь 800 °С. При этом экономия условного топлива составит порядка 7 кг/т металла.

Таким образом, использование тепловых потерь по указанным направлениям частично решает вопрос повышения эффективности использования энергоисточников в теплотехнологии прокатного производства.

СЕКЦИЯ 3. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

УДК 539.376

АНАЛИЗ НДС ДИСКА ТУРБИНЫ В УСЛОВИЯХ ПЛАСТИЧЕСКОГО И РЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

КАТУГИНА В.О., СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. РАДЧЕНКО В.П.

На базе энергетической концепции произведен расчет методом конечных элементов (МКЭ) напряженно-деформированного состояния (НДС) диска газотурбинного двигателя с дефлектором и экраном обода с двумя видами концентраторов в виде круговой выточки между диском и дефлектором, а также выточкой в теле диска. При наличии достаточного числа работ, посвященных ползучести диска, не имеется данных для асимметричного случая по НДС в области пластичности, ползучести и виброползучести. В качестве конечного элемента используется треугольный симплекс-элемент, который при вращении образует треугольный тор.

Упругое решение показало, что наиболее нагруженными частями диска с дефлектором являются зоны между креплением дефлектора и диска, вдоль концентратора в виде прямоугольной выточки, а также в месте крепления экрана обода диска.

В поле центробежных сил не происходит существенного перераспределения напряжений в условиях виброползучести, по сравнению

со статической ползучестью, но отмечено ускорение процесса деформирования. При этом «опасные» зоны в диске при ползучести и виброползучести те же, что и при упругом решении задачи. Поэтому «слабые» места в диске в первом приближении при использовании силовых критериев разрушения можно определять по результатам упругого решения.

Полученные автором результаты анализа могут служить основанием для поиска оптимальной геометрии диска турбины при известных условиях эксплуатации (температура, скорость вращения, материал и т.д.).

УДК 621.646

ПРИМЕНЕНИЕ ПК ANSYS К РАСЧЕТУ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ТРУБОПРОВОД НА УЧАСТКЕ ГИБА

КЛИМИН А.П., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. САИТОВ И.Х.

Основная задача расчета трубопроводов на прочность формулируется как задача определения напряженно-деформированного состояния, обусловленного нагрузками и воздействиями, действующими в различные периоды и оценки уровня этого состояния исходя из предельных.

С целью обеспечения конструктивной надежности трубопровода требуется оценка всех силовых и деформационных факторов, воздействующих на трубопровод. В первую очередь это относится к определению рабочих параметров транспортируемого продукта: рабочего давления, температуры и воздействия их на материал трубы. Во вторую очередь – это влияние температуры подземного трубопровода на окружающую среду, т.е. на изменение структурных и механических свойств грунта. Надежность трубопроводного транспорта обеспечивается за счет прогнозирования изменения гидрогеологических условий в процессе эксплуатации трубопровода, выбора физических и математических моделей, отражающих работу трубопровода. Современные методы расчета с применением ЭВМ позволяют более полно учесть многочисленные нелинейные факторы и с большей достоверностью определить фактическое напряженное состояние трубопровода. Применение оптимизационных методов расчета позволяет при заданной надежности получить более экономичное решение, а методами вариантного проектирования выбрать рациональное конструктивное решение.

УДК 621.646

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ANSYS К АНАЛИЗУ И ВОЗМОЖНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПН-100-16-4-I

АБРАМОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. КЛЕЙДМАН О.В.

Развитие техники ставит новые задачи в области исследования работоспособности машин и их элементов. Повышение их надежности и долговечности, являясь важнейшим фактором, определяющим рост конкурентоспособности изделий, связано с достоверным определением «опасных» мест конструкции.

Расчет на прочность может выполняться по предельным напряжениям или по предельным нагрузкам. При расчетах по предельным напряжениям считается, что пределом несущей способности конструкции является достижение максимальным напряжением в любом ее месте предела текучести. Метод конечных элементов позволяет значительно уменьшить затраты при разработке новых изделий, так как позволяет существенно сократить объемы или даже полностью отказаться от дорогостоящих стендовых испытаний. Кроме того, с помощью метода конечных элементов можно в сравнительно короткие сроки оценить характеристики разных вариантов конструкций и выбрать наилучшую.

Целью работы является расчет напряженно-деформированного состояния и возможности безопасной эксплуатации подогревателя низкого давления ПН-100-16-4-I.

УДК 620.171.3

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СВАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯСРЕДСТВАМИ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

КУКЕЕВА А.Т., ОГУ, г. Оренбург
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПОЯРКОВА Е.В.

На предприятиях энергетической промышленности для ведения технологических процессов применяется различное оборудование, относящееся к объектам повышенной опасности. Среди этого

многообразия особое место занимают теплообменные аппараты, которые применяются для рационального использования энергии. В качестве объектов технического диагностирования исследовались участки труб, применяемых для изготовления трубных пучков теплообменного оборудования. Эти трубы изготовлены из хромоникелевой коррозионностойкой стали аустенитного класса 12Х18Н10Т.

Техническое диагностирование фрагментов трубных пучков на основе дюрометрического метода контроля позволило выявить локальные области с различной твердостью, которые являются очагами локализации внутренних напряжений. В процессе эксплуатации эти очаги являются наименее надежными зонами сварных элементов тепло-обменного оборудования.

Термическая обработка труб привела к снижению механических характеристик материала трубного пучка и более равномерному распределению свойств по всей его поверхности.

При диагностировании трубных элементов теплообменного оборудования из стали 12Х18Н10Т, эксплуатируемых в термосиловых условиях в течение длительного времени, выявлено увеличение ее микротвердости вследствие наличия большого количества карбидов, расположенных по границам зерен в виде карбидной сетки. Длительная эксплуатация при высоких температурах приводит к изменению микротвердости их границ по сравнению с центром зерна. Процессы накопления микронапряжений в околошовной зоне сварного соединения трубного пучка при эксплуатации приводят к хрупким разрушениям в этой области.

УДК 620.186.6

ДИАГНОСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПАРОПРОВОДОВ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС)

ЮХЛОВ В.Ю., ОГУ, г. Оренбург
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПОЯРКОВА Е.В.

Отечественная теплоэнергетика, как известно, характеризуется высокими параметрами пара и большой мощностью энергоустановок. Наряду со строительством новых блоков продолжает эксплуатироваться значительное количество энергоустановок, уже отработавших расчетный срок службы. Поэтому возникает весьма важная проблема продолжения эксплуатации действующего оборудования, отработавшего свой ресурс.

Данная НИР представляет собой оценку фактического состояния теплоэнергетического оборудования Ириклинской ГРЭС средствами неразрушающего контроля в пределах требуемой безопасной эксплуатации и прогноз возможности дальнейшей эксплуатации паропроводов из хромомолибденовых сталей после нормативных сроков службы. В качестве наименее надежных элементов были выбраны гибы паропроводов острого пара из сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.

Визуальный и измерительный контроль показал, что исследуемые гибы дефектов браковочного уровня не имеют; овальность, определяемая согласно РД 10-577-03, составляет от 2,5 до 3,7 %, что соответствует допустимому значению. Дефектов сварного шва в виде трещин, несплавлений, шлаковых включений не выявлено.

Одним из критериев оценки надежности паропроводов энергетических блоков в процессе эксплуатации являлась скорость ползучести, определяемая по остаточной деформации металла паропроводов. Выявлено, что за период эксплуатации паропроводов до 270 тысяч часов остаточная деформация основной массы труб находится в пределах 0,3–0,4 %, за исключением отдельных гибов, на которых деформация достигает 0,5–0,6 %.

Анализ кинетики скоростей ползучести в процессе длительной эксплуатации позволил получить расчетные величины остаточного ресурса металла гибов паропроводов из сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.

СЕКЦИЯ 4. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННЫХ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ ГАЗОВ

АХМЕТХАНОВ Д.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

В настоящее время широко используется диагностика шунтирующих реакторов по содержанию растворенных в трансформаторном масле газов, к которым относится пропилен, метан, этилен, этан, ацетилена, углерода, кислород, азот.

К одним из наиболее информативных методов диагностики относится газовая хроматография. В настоящее время во многих отраслях науки и техники выявляется настоятельная необходимость в создании и развитии быстродействующих аналитических систем, способных обеспечить получение информации об анализируемом объекте в течение нескольких минут или даже секунд.

Одним из путей решения данной задачи является использование поликапиллярных колонок, имеющих множество одинаковых каналов малого сечения. Поликапиллярная колонка представляет собой монолитный стержень, обычно из стекла, пронизанный множеством почти одинаковых капилляров, на внутреннюю поверхность которых нанесена пленка неподвижной фазы. Такие колонки отличаются большой скоростью разделения при довольно высокой эффективности.

Поликапиллярные хроматографические колонки позволяют получить высокую селективность и эффективность за счет использования множественных капилляров и могут обеспечить повышенную чувствительность хроматографической системы при высокой скорости и эффективности анализа.

УДК 621.65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ГРУНТА В КАЧЕСТВЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

БАХИТОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАЛЬЗАМОВ Д.С.

В настоящее время большое внимание уделяется альтернативным источникам энергии, к которым можно отнести тепловые насосы, позволяющие получать тепловую энергию за счет использования низкопотенциальной теплоты. Источниками низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов могут служить воздух, вода, земля и т.п.

Наиболее приемлемым вариантом, лишенным недостатков других модификаций тепловых насосов, являются геотермальные тепловые насосы, использующие теплоту подземных вод и грунта. Грунт поверхностных слоев земли, в связи с его практически повсеместной доступностью и достаточно высоким температурным потенциалом, является наиболее перспективным источником тепловой энергии низкого потенциала для теплонасосных установок. Падающая на земную

поверхность солнечная радиация и сезонные изменения ее интенсивности оказывают влияние на температурный режим слоев грунта, залегающих на глубинах 10–20 метров. Температурный режим слоев грунта, расположенных ниже глубин проникновения тепла солнечной радиации, формируется только под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр земли, и практически не зависит от сезонных, а тем более суточных изменений параметров наружного климата. С увеличением глубины температура грунта возрастает в соответствии с геотермическим градиентом (примерно 3 °С на каждые 100 м).

Выделяют два вида систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли: открытые и замкнутые системы. Первые используют грунтовые воды, подводимые непосредственно к тепловым насосам, вторые – грунтовый массив.

Целью работы является проведение сравнительного анализа систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли.

УДК 658.28

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

ГАЛИНА Э.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИЛЬИН В.К.

Во многих многоквартирных домах Казани не соблюдаются нормы соответствующие комфортным условиям существования человека. Для поддержания микроклимата жилых помещений необходимо: при строительстве нового дома учесть все факторы, влияющие на температуру внутри помещения, влажность, и т.д., а в старых домах провести мероприятия по достижению оптимальных показателей микроклимата.

Параметры, характеризующие микроклимат помещений: температура воздуха; скорость движения воздуха; относительная влажность воздуха; результирующая температура помещения; локальная асимметрия результирующей температуры.

Проведено обследование жилого дома в Ново-Савиновском районе по адресу Амирхана, д. 8 а, входящего в пилотный проект «Энерго-эффективный квартал» (2010 год). Результатами реализации проекта являются проведенные мероприятия, среди которых модернизация систем

отопления зданий, а также работы по утеплению фасадов и подъездов домов. Мною был проведен сравнительный анализ состояния микроклимата жилых помещений до проведения мероприятий и после. В ходе обследования в 2010 г. было выявлено несоответствие с нормами: температура в некоторых квартирах превышала нормы (более 22 °С), также были квартиры с очень низкими показателями температуры в помещении (менее 18 °С). В 2013 г. температура воздуха в помещениях в диапазоне от 19–22 °С, что соответствует ГОСТу 30494-96 («Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»).

УДК 621.314

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПУТЕМ НАЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ГИМАДИЕВ А.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

На предприятиях энергетической отрасли промышленности эксплуатируется большое количество силового маслонаполненного электрооборудования, его аварии могут привести к крупным пожарам, дорогостоящим ремонтным работам и экономическим потерям в результате недопоставки электроэнергии потребителям. Поэтому диагностика электроизоляционных свойств масел и раннего выявления отклонений от нормального технического состояния является достаточно актуальной задачей.

Как правило, при длительной эксплуатации масло в трансформаторе изменяет свои физико-химические и эксплуатационные свойства и показатели качества его достигают предельных значений по нормам, регламентирующим срок службы трансформаторного масла.

В настоящее время в эксплуатацию помимо традиционных испытаний все вводят такие современные методы, как высокоэффективную жидкостную и газовая хроматографию, определение фракционного состава механических примесей и характера загрязнений при помощи автоматических счетчиков частиц и устройств мембранной фильтрации, инфракрасную спектроскопию, определение электрической проводимости трансформаторных масел и др.

Цель работы состоит в совершенствовании метода определения антиокислительной присадки в трансформаторном масле с помощью тонкослойной хромотографии при наложении электрических и магнитных полей с использованием различных по полярности растворителей. В процессе исследования будут найдены новые научные закономерности, связывающие величины хромотографического удерживания ионола, растворенного в трансформаторном масле, с напряженностью электрических и магнитных полей, а также с физико-химическими характеристиками используемых растворителей.

УДК 621.314

ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

ЕРМАКОВА Е.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РЫЖКОВ Д.В.

Цель работы – усовершенствование классических трансформаторы (Тр) с целью повышения их коэффициента полезного действия.

Магнитный поток в электромагнитных целях имеет однонаправленный пульсирующий характер, что позволяет несколько иначе трактовать динамические свойства трансформаторов. Трансформатор рассматривается с позиции систем автоматического управления (САУ), имеющего обратную связь по токам в первичной и во вторичной обмотках. Основным недостатком существующих Тр, работающих на переменную нагрузку, является то, что при разных значениях токов нагрузки, магнитный поток из однонаправленного пульсирующего переходит в режим частично знакопеременного, т.е. в режим перемагничивания магнитопровода. Это приводит к значительным потерям, т.е. к дополнительному нагреву.

По примеру классических САУ установлено, что на обратную связь Тр можно оказывать влияние, например путем введения корректирующих устройств с соответствующими передаточными функциями, и изменять динамические свойства Тр в нужном направлении.

Обратная связь в Тр является положительной, что для классических САУ в большинстве случаев является неприемлемым.

На опытном образце Тр будет показано, что за счет введения в Тр соответствующего корректирующего устройства ток холостого хода уменьшается в два раза. При подключении нагрузки и соответствующего корректирующего контура достигается эффект повышения коэффициента полезного действия Тр.

УДК 628.9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЮМИНИСЦЕНТНЫХ ЛАМП

ЗАЙНУЛЛИНА Г.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

Двадцать третьего ноября 2009 г. был принят закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Одним из его направлений стало энергосбережение. Что же такое энергосбережение? Энергосбережение – реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Наиболее привычный для нас способ освещения своих домов – это использование ламп накаливания. Они широко распространены и очень дешевы. Вот только часто перегорают, особенно при скачках напряжения в сети. На смену ламп накаливания пришли люминесцентные лампы. Именно они являются основным средством экономии в квартирах.

В ходе своей работы ставлю целью:

– рассчитать потребление электроэнергии до и после замены ламп накаливания энергосберегающими лампами;

– найти и проанализировать информацию о различных производителях ламп накаливания и люминесцентных ламп;

– вычислить энергоэффективность исследуемых ламп.

Таким образом, на основании сравнения характеристик различных бытовых ламп можно сделать вывод о целесообразности использования люминесцентных ламп.

УДК 621.65

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСИИ

ЗАЙЦЕВ Р.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. АХМЕРОВ А.В.

Для многих городов и промышленных предприятий весьма острой является проблема обработки и разделения твердой дисперсии.

Значительная часть проблем эксплуатации очистных сооружений связана с неудовлетворительной механической очисткой сточных вод. Анализ показывает, что большинство эксплуатируемых в настоящее время решеток не отвечают современным требованиям, как по качеству очистки сточной жидкости, так и по эксплуатационным характеристикам. Кроме того решетки как правило, изношены и нуждаются в срочной замене.

Одной из наиболее сложных задач при реконструкции является выбор типа новой решетки. Одним из решений данной проблемы является уменьшение прозора между прутьями. Тем самым будет увеличиваться эффективность технологии очистки и разделения твердой дисперсии.

Также встает вопрос о предварительном отстаивании механических примесей. При выборе типа отстойников приходится учитывать большое количество данных: количество сточных вод; количество выпадающего осадка и его особенности; местные условия; технико-экономические показатели и т.д.

Следующим фактором является регенерация механической решетки: использование капроновой автоматизированной решетки, или пневматических форсунок.

Важную роль играет разработка математической модели установки и определение параметров взаимосвязи между собой моделируемых процессов отстаивания, фильтрации и удаления твердой дисперсии, которые должны дать оптимальную компоновку аппарата.

УДК 628.3

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ТЭЦ

ЗИНАТУЛЛИНА Л.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц., АХМЕРОВ А.В.

Целью работы является разработка модели сорбционного фильтра с наложением пульсации, для обеспечения более эффективной очистки стоков, что позволит уменьшить количество потребляемой воды и затраты на очистку аппаратуры. В частности в работе поставлена проблема повышения эффективности сорбционного фильтра в очистных сооружениях мазутного цеха, предложения по усовершенствованию технологического участка и созданию новой модели аппарата.

Совершенствование технологических процессов очистки водных стоков связано с использованием новых эффективных способов введения физико-химических процессов с соответствующим аппаратурным оформлением, а также с противоточным, непрерывное, пульсационное технологическое транспортирование, твердых дисперсий в виде плотного слоя и возможность использования новых видов адсорберов.

Проведенные опыты показали, что при размерах лабораторной установки в слое не формируется устойчивый профиль скоростей.

Изучение периодической фильтрации требует как феноменологического, так и физического моделирования процессов переноса в сорбционном фильтре с последующим определением коэффициента переноса в зависимости от структуры твердой дисперсии и частотно-амплитудных характеристик импульса.

Изучается возможность использования энергии сточных вод на самом предприятии для выработки электрической энергии.

Внедрение пульсационного режима для сорбционного фильтра позволит повысить продолжительность работы аппарата до 70 %, также ожидается повышение степени очистки.

УДК 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ВЕРХНЕЙ, СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ЧАСТИ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ (СТЕКЛОВАТА – СТЕКЛОТКАНЬ) ТЕПЛОТРАССЫ

ИГОНИНА М.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

При исследовании эффекта энергосбережения от тонкой резиновой пленки на поверхности классической теплоизоляции стекловата – стеклоткань, нами был обнаружен эффект неравномерного распределения плотности тепловых потоков в верхней, средней и нижней части теплоизоляции трубы. Данный эффект требовал своего объяснения. Можно предположить неравномерность плотности тепловых потоков от самой трубы и от процессов конвекции в материале теплоизоляции – стекловате. Для этого на участке теплотрассы корпуса «А» КГЭУ, состоящей из минеральной ваты и стеклопластика, провели ряд экспериментов.

Было интересно, имеется ли перепад температур на самой трубе теплотрассы. Эксперименты проводились с использованием пирометра и измерителя плотности тепловых потоков(q) ИТП—МГ 4.03/Х(У) «ПОТОК».

На поверхности металлической трубы системы отопления замерили температуру, °С и плотность тепловых потоков, Вт/м^2 в трех точках: в верхней, в средней и нижней части трубы. Следовательно, в пределах погрешности прибора ±5 % температура, лучистая теплота и плотность тепловых потоков трубы в трех точках (в верхней, средней и нижней части трубы) – одинаковая (средняя температура трубы, замеренная в трех точках, равна 78,0±0,2 °С). Значит эффект неравномерного распределения плотности тепловых потоков в верхней, средней и нижней части теплоизоляции трубы следовало объяснять процессами, протекающими в самой теплоизоляции – стекловате и стеклопластика.

При измерении пирометром температуры поверхности теплоизоляции теплотрассы корпуса «А» КГЭУ с тонким резиновым покрытием СКЭПТ и без него можно заметить разницу температур в верхней и нижней части теплотрассы. Данный градиент возникает за счет инфильтрации холодного воздуха в нижней части трубы и эксфильтрации теплого воздуха в верхней части трубы.

УДК 621.565.954

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ИНТЕНСИФИКАТОРАМИ

ИЛЬДИРЯКОВА Н.Б., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РЫЖКОВ Д.В.

Пластинчатые теплообменники наиболее распространены в теплоэнергетике. Поверхностные интенсификаторы (шероховатость, выступы, и т.д.), которые в них используются, при заметном увеличении коэффициента теплоотдачи ведут (за редкими исключениями) к заметному росту коэффициенту сопротивления (т.е. росту перепада давления и как следствие, росту мощности на прокачку). Повышение тепловой эффективности теплообмена на 30–40 % ведет к росту сопротивления на 40–60 %. В то же время такой способ интенсификации, как нанесение поверхностных сферических углублений (лунок), выделяется заметным ростом коэффициента теплоотдачи, опережающим увеличение коэффициента сопротивления.

Вихревые способы интенсификации теплообмена, к которым относятся сферические лунки, является одним из самых перспективных, поскольку при его реализации возможен опережающий рост относительного коэффициента теплоотдачи по сравнению с ростом относительного коэффициента сопротивления.

Цель моей работы: повышение эффективности пластинчатого теплообменника, на основе исследования организмов интенсифицированного переноса, а также разработка методики расчета и проведение экспериментов данного теплообменника с поверхностными интенсификаторами.

УДК 621.311.14

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ РЕФОРМ

КАЗАНЦЕВА Н.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. полит. наук, доц. КОЛОМЫЦ Д.М.

В наше время доминирующих вопросов являются вопрос энергетической безопасности, которая является комплексным понятием, относящимся к нескольким тесно связанным между собой уровням. Впоследствии на конкретных примерах будет показана неоспоримая зависимость экономической и техногенной энергобезопасности.

Описаны основные цели реформы РАО ЕЭС, а также последствия ее проведения, отрицательно повлиявшие на электроэнергетику нашей страны. Системные ошибки реформирования при переходе на рыночные отношения проявились в росте аварийности и в падении генерирующих мощностей, что позволяет говорить о возможной нехватке электроэнергии в будущем. Все более ясно начинает проглядываться угроза, нависшая над энергобезопасностью России, так как энергетическая безопасность – понятие комплексное, и при сбое в одном из уровней рушится вся система. Главное суметь осознать это и своевременно начать действовать.

При детальном рассмотрении проблемы становится очевидным, что только рыночные отношения недостаточно эффективный регулятор энергетической отрасли, и для преодоления сложившейся ситуации необходимо разрабатывать различные приемы, методы, управленческие решения, направленные на восстановление контроля над энергетической отраслью. Предлагаются различные инновационные идеи, отработанные и проверенные технологии повышения эффективности энергетики.

УДК 628.3

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДООЧИСТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПУЛЬСАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАХОМОВ Р.В., КГЭУ, г. Казань,
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АХМЕРОВ А.В.

Целью данной работы является разработка энергосберегающей технологии, анализ существующих способов и возможная модернизация методов очистки сточных вод от нефтепродуктов. Одной из актуальных проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством, является защита окружающей природы и, в частности водного бассейна, от загрязнения производственными отходами.

Перед сбросом в водоемы сточные воды следует подвергать очистке, в противном случае поверхностные водоемы и подземные источники воды окажутся загрязненными и использование их для водоснабжения и хозяйственных целей будет невозможно.

В настоящее время существует целый ряд устройств, позволяющих решить практически любые проблемы с водой. С некоторой долей условности, их можно назвать фильтрами. Самые распространенные механические, химические, адсорбционные и мембранные методы очистки.

С применением пульсационного метода в сочетании с уже имеющимися традиционными технологиями водоочистки ожидаются некоторые преимущества. Пульсационные аппараты, в которых для обеспечения однородных гидродинамических условий и интенсификации тепло- и массообмена взаимодействующим фазам сообщается возвратно-поступательное (колебательное) движение, создаваемое генератором импульсов-золотниковым, центробежным и клапанным.

Пульсационный метод позволяет повысить энергоэффективность очистки воды от нефтепродуктов (отстойник, сорбционные фильтры, коалисцирующие фильтры) и соответственно качество исходного продукта. В работе будет использоваться *U*-образный пульсатор коаксиального типа.

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СОЛОМЫ И КАУЧУКА

МАРТЬЯНОВ Н.А., СУНГАТУЛЛИН Р.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Проблема энергосбережения стала одной из самых актуальных для нашей страны. Поэтому разработка новых эффективных и недорогих энергосберегающих материалов является актуальной задачей. Известно, что на полях после уборки урожая остается значительное количество соломы, которая может стать основой создания ряда теплоизолирующих материалов.

Целью данной работы является определение сопротивления теплопередаче *R*, исследование эффекта энергосбережения композиционнных материалов на основе соломы.

Композиционные материалы представляют собой искусственные многокомпонентные составы, в нашем случае на основе соломы и связующего вещества – каучука.

Нами исследованы теплоизоляционные характеристики пластин типа солома-каучук разной толщины 10, 20, 30 мм, при использовании прибора ИТП МГ4 03 X(Y) «Поток», с 3-мя датчиками плотности тепловых потоков и 2-мя датчиками температуры. Воздушный термостат имел объем 1 л. В качестве источника теплоты использовалась лампа накаливания 40 Вт. Данные плотности тепловых потоков записывались в память прибора каждые 20 мин в течение 24 часов. По формуле $R_{ср} = \Delta T/q_{ср}$ определяли сопротивление теплопередаче. Среднеарифметические значения сопротивления теплопередаче ($R_{ср}$) пластин разной толщины составило

$$R_{10\ мм}=0{,}0647\ м^2\cdot°C/Вт,\ R_{20\ мм}=0{,}29\ м^2\cdot°C/Вт,\ R_{30\ мм}=0{,}398\ м^2\cdot°C/Вт.$$

Исходя из проведенных исследований можно сделать вывод об определенной перспективе нового материала на основе соломы и каучука в качестве теплоизолирующего покрытия.

УДК 665

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

МУЛЛАГАЛИЕВА Г.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. НОВОДВОРСКИЙ В.Л.

Сегодня для нефтеснабжающей системы актуальной задачей является снижение эксплуатационных расходов. Одной из основных статей эксплуатационных расходов при транспортировке нефти и нефтепродуктов являются затраты на электроэнергию. По опубликованным данным, доля затрат на электроэнергию в себестоимости магистрального транспорта нефти составляет 20–35 % и в свете устойчивой тенденции роста цен на электроэнергию, будет продолжать расти

Как и все жидкости, нефть почти не сжимаема, и поэтому расход энергии на ее перекачку определяется только необходимостью преодоления сил трения в трубопроводе.

Известно, что одним из факторов, влияющих на энергозатраты при перекачке, является вязкость нефти. Снижение вязкости перекачиваемой нефти уменьшает гидравлическое сопротивление трубопроводной сети, что уменьшает энергозатраты на перекачку. Для увеличения эффективности процесса транспортировки вязкие и высоковязкие нефти подвергают предварительной обработке. Для снижения вязкости нефти, как правило, используются различные депрессорные присадки, добавляемые в поток перекачиваемой нефти.

Целью работы является снижение энергетических затрат в процессе перекачки нефти. Для достижения поставленной цели необходимо получить математическую модель, связывающую энергопотребление с количеством депрессорных присадок, вводимых в поток нефти. На основе математической зависимости предполагается оптимизировать процесс ввода депрессорных присадок, обеспечивая при этом минимальное энергопотребление при перекачке нефти.

УДК 628.3

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭЦ ОТ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

ОВЧИННИКОВ К.А., МОРЯШОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГУРЬЯНОВ А.И.

К основным загрязнениям мазутного отделения можно отнести различные виды углеводородов, составляющие основу технических масел и топлива – турбинное масло, трансформаторное масло, мазут. Поступающие в сточные воды нефтепродукты образуют различные формы загрязнений.

Нефть и нефтепродукты, попадая в водные источники, наносят им существенный вред. Очистка воды от этих загрязнений сопряжена со значительными техническими трудностями и затратами. К категории углеродосодержащих стоков относятся сбросные воды мазутных хозяйств ТЭЦ. Очистка сточных вод ТЭЦ-3 от углеводородных примесей осуществляется в настоящее время последовательно в 4 этапа: отстаивание в приемных резервуарах, флотация, механическая очистка в антрацитовых фильтрах, сорбция на угольных фильтрах. Существующая технология очистки сточных вод ТЭЦ-3 морально устарела и требует модернизации.

Для интенсификации технологических процессов широко используются пульсационные аппараты. Интенсификация процесса в них происходит за счет внешнего подвода энергии путем наложения на контактирующие фазы низкочастотных механических колебаний (0,3–1,5 Гц). Проведен обзор существующих систем создания пульсации (ССП). Эти способы проверены на практике, обладают простотой конструкции и надежностью. В работе для повышения эффективности стадии механической очистки предложена конструкция пульсационной установки.

УДК 66.045.1

ПУЛЬСАЦИОННЫЙ СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

САБИРОВА Ф.Ф., САБИРОВ Р.А., МОРЯШОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МУТРИСКОВ А.Я.

Нетрадиционные методы интенсификации технологических процессов с использованием мощных физических воздействий (кавитация, гидравлический удар) изучались преимущественно в связи с необходимостью предотвращения их разрушительного действия. Исследованию

этих явлений посвящено большое количество научных публикаций. Пульсационный метод интенсификации тепломассобменных процессов предполагает полезное использование упомянутых выше физических эффектов. Экспериментальные данные эффективности пульсационного движения для интенсификации теплообмена противоречивы. Мартинелли (1943) получил небольшое увеличение (всего 10 %) коэффициента теплопередачи в теплообменнике на системе «вода-пар» при числах Re 26600-77300 и частоте пульсации 100 кол/мин 13–265 колебаний в минуту (кол/мин). Вест и Тейлор (1952) получили увеличение коэффициента теплопередачи в теплообменнике на системе вода-пар на 60–70 % при числах Re 30000–85000 и частоте пульсации 100 кол/мин. Результатом исследований Лемлиха (1961) на теплообменнике типа труба в трубе на системе «пар-вода» стало увеличение коэффициента теплопередачи на 50–80 % при числах Re в диапазоне 0–200000. Пульсация водного потока в этих исследованиях составляли 0–210 кол/мин. Байрд (1966) получил увеличение коэффициента теплоотдачи на 30 % в коаксиальном теплообменнике при конденсацией пара в межтрубном пространстве при Re водного пока 4300–16260 и частоте пульсации 48–102 кол/мин. Гейнер (1979) установил, что пульсация теплоносителя приводит не только к росту турбулентности, но и к увеличению продольного перемешивания, при этом происходит уменьшение толщины пленки жидкости на поверхности теплообмена. Лемлих в 1965 г. доказал наличие кавитации в пульсирующем потоке. Механизм или комбинация механизмов, интенсификации теплообмена посредством пульсаций в настоящее время недостаточно изучены. Известно, что наблюдаемое увеличение коэффициента теплоотдачи зависит от числа Re, частоты пульсации, положения пульсатора относительно теплообменника, статического давления в теплообменнике, и амплитуды колебаний, но вклад каждого механизма в увеличение коэффициента теплоотдачи не определен.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА СТЕНДА КСУ-1 ПО ИЗУЧЕНИЮ ИК-ОТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

СЕДЛОВА П.П., УСМАНОВ Ф.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Изучение ИК-отражающей способности материалов позволяет более полно судить об их теплоизоляционных свойствах. В связи с этим нами была поставлена задача разработать стенд по изучению ИК-отражающей способности материалов.

Стенд КСУ-1 состоит из металлического каркаса кубической формы с размерами 390×390×390 мм, – покрашеного в черный цвет. На задней стенке стенда – листе гипсокартона, разделенного пополам перегородкой с размерами 120×370×10 мм, расположены источник ИК-излучения и датчик радиометра «Аргус-03». Источником ИК-излучения данного стенда служит лампа накаливания мощностью 95 Вт. Датчик радиометра и лампа накаливания расположены по центрам разделенных областей. Перегородка задней стенки защищает датчик радиометра «Аргус-03» от прямого воздействия тепловых лучей лампы накаливания. Исследуемые покрытия располагаются напротив задней стенки. Нами были проведены тестовые исследования ИК-отражающих свойств белой бумаги, черной бумаги и алюминиевой фольги.

Методика проведения экспериментов: включается радиометр «Аргус-03», в течение 15 минут его датчик приобретает температуру окружающей среды и измеряет фоновое излучение. Затем включается лампа накаливания и устанавливается исследуемое покрытие. Показания радиометра (Вт/м^2) в условиях проводимых экспериментов составили: алюминиевая фольга 41,4; белая бумага 39,3; черная бумага 31,8.

Разработанный стенд КСУ-1 позволяет проводить сравнение ИК-отражающих способностей материалов и разрабатывать новые покрытия с повышенными характеристиками ИК-отражения и эффектом энергосбережения.

УДК 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-ОТРАЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ КСУ-1

СЕДЛОВА П.П., УСМАНОВ Ф.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Для рекомендации покрытий в качестве энергосберегающих необходима экспресс-оценка их ИК-отражающей способности. В связи с этим становится интересным провеения сравнения ряда покрытий на ИК-отражающую способность.

Для этой цели использовался разработанный нами стенд КСУ-1, состоящий из металлического каркаса, гипсокартонной задней стенки с закрепленными на ней датчиком радиометра «Аргус-03» и лампой накаливания. Радиометр «Аргус-03» включен в Госреестр СИ 15560-07.

Лампа накаливания мощностью 95 Вт служит источником ИК-излучения. В качестве основы для нанесения покрытий были использованы листы гипсокартона. Исследовались тонкопленочные резиновые покрытия (ТРП) без наполнителя и с наполнителями – алюминиевой пудрой, титановыми белилами и окислителем MnO_2, а также жидкокерамическое покрытие (ЖКП) «Теплосил» и фольгированный пенополиэтилен толщиной 10 мм. После серии экспериментов полученные данные ИК-отражательной способности покрытий составили (Вт/м^2): алюминиевая фольга 41,5; фольгированный пенополиэтилен – 40,6; ЖКП «Теплосил» – 34,0; ТРП с титановыми белилами – 33,8; ТРП с алюминиевой пудрой и титановыми белилами – 32,8; ТРП с алюминиевой пудрой – 32,1; ТРП без наполнителя – 31,8; пенополиэтилен – 31,6; гипсокартон – 31,2; ТРП с диоксидом марганца – 29,5; черная бумага, покрашенная эмалью «Лакра» – 28,4.

На разработанном стенде КСУ-1 проведена экспресс-оценка ИК-отражающей способности ряда покрытий. Лучшие результаты были показаны при использовании алюминиевой фольги, ЖКП «Теплосил» и ТРП с титановыми белилами.

УДК 621.1

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ МЕТОДОМ ПРОТИВОТОЧНЫХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В КОРИДОРНОМ ПУЧКЕ ТРУБ

ХАЙБУЛЛИНА А.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИЛЬИН В.К.

В работе экспериментальным методом рассмотрено влияние противоточных низкочастотных несимметричных пульсаций потока теплоносителя на изменение внешнего коэффициента теплоотдачи в коридорном пучке труб.

Изучение внешнего коэффициента теплоотдачи в условиях противоточных низкочастотных несимметричных пульсаций теплоносителя экспериментальным методом выявило, что амплитуда (A) и частота (*f*) в той или иной степени влияют на внешний коэффициент теплоотдачи в пучке труб теплопередающего устройства, кроме того, при одной и той же амплитуде и частоте число Нуссельта (Nu) может увеличиться или уменьшиться в зависимости от чисел Рейнольдса (Re).

Средний прирост числа Нуссельта в проведенном эксперименте для всего исследованного диапазона составил около 24 %. Максимальное значение прироста (51 %) наблюдалось при амплитуде A = 1,9d мм, частоте f = 0,5 Гц и числе Re = 300, минимальное значение (4 %) наблюдалось при амплитуде A = 0,5d мм, частоте f = 0,125 Гц и числе Re = 100.

Исходя из результатов эксперимента, можно сделать вывод о необходимости продолжения изучения пульсирующих течений с более высокими амплитудами и числами Рейнольдса.

Также следует добавить, что интерес представляет влияние естественной конвекции в пульсирующих течениях при числах Рейнольдса, близких к 100.

УДК 536.243

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЛНИСТОМ КАНАЛЕ ПРИ НАЛОЖЕНИИ НА ПОТОК ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПРОТИВОТОЧНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

ХАЙРУЛЛИНА Г.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАЛЬЗАМОВ Д.С.

Интенсификация теплообмена – один из путей снижения массо-габаритных размеров новых теплообменников и увеличения тепловой мощности существующих. Одним из способов повышения коэффициента теплоотдачи является создание пульсаций потока.

В данной работе математическим способом рассматривается возможность интенсификации теплообмена в волнистом канале путем наложения на поток несимметричных противоточных пульсаций теплоносителя. Моделирование проводилось в программе Ansys Fluent с асимметричной постановкой задачи. Модель представляла собой волнистый канал шириной 4 мм, длиной 90 мм, шагом ребер 18 мм, высотой ребер 4 мм. Число Рейнольдса варьировалось в диапазоне Re= [1; 50], а частота пульсаций f = [0,125;0,5] Гц. Следует отметить, что геометрические параметры исследуемого канала выбраны с целью имитации канала пластинчатого теплообменника. В результате проведения данной работы выявилось повышение интенсификации теплообмена. Эти результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными в работе.

УДК 658.28

ЭКОНОМИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ УСТАНОВКЕ ТЕПЛОВОГО СЧЕТЧИКА

ХАРИТОНОВА Д.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИЛЬИН В.К.

По произведенным расчетам выявлена экономическая выгода установки теплосчетчика (Постановление № 2777 от 7 июня 2008 г. Исполнительного комитета муниципального образования г. Казани «Об установлении нормативов потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение»). Так по нормативам, потребление тепловой энергии, необходимой для отопления двухкомнатной квартиры в Приволжском районе г. Казани, имеющей площадь 50,10 м^2, составляет 0, 7726 Гкал за месяц; оплата за отопление составит 981 руб. 93 коп. (постановление РТ по тарифам № 5-56/э от 26.12.2011 ОАО «Таттеплосбыт»). При установке теплосчетчика в данной квартире показатели соответственно равны 0,667 Гкал и 847 руб. 11 коп.

По данному расчету видно, что установка прибора учета тепловой энергии позволяет сэкономить денежные средства россиян примерно на 13,73 %.

В квартирах рекомендуется устанавливать теплосчетчики моделей «MULTIDATA S1», «КАРАТ-КОМПАКТ», «M-Cal Compact», которые имеют следующие характеристики: $t_{тн}$ < 90 ^{o}C; номинальный расход – 0,6/1,5/2,5; точность измерения – класс 2. Выбор модели основывается на сумме, которую вы готовы потратить на покупку и установление теплосчетчика. Так установка более дорогого теплосчетчика (стоимость теплосчетчика «M-Cal Compact» – 12 000 руб.) окупается за 7,4 года, а установка модели подешевле (стоимость теплосчетчиков моделей «MULTIDATA S1», «КАРАТ-КОМПАКТ» – 7 000 рублей) – за 4,3 года.

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛИКАРБОНАТА И НЕОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА

ХАДИЕВА Г.К., НЕКРАСОВ В.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Целью данной работы является исследование эффекта энергосбережения листов поликарбоната и стеклопакетов различных конструкций, по значению плотности тепловых потоков и определению сопротивления теплопередач (по стандартной методике ГОСТ 7076–78).

Созданная нами экспериментальная установка состоит из прибора измерения плотности тепловых потоков ИТП МГ4 03 Х(Y) «Поток», с тремя датчиками тепловых потоков и двумя датчиками температуры, внесенного в реестр средств измерения РФ, воздушного термостата и исследуемых стеклопакетов – листов из неорганического и органического стекла. Ниже представлены данные по сопротивлению теплопередаче R, $м^2$ С/Вт, размеров 10×17 см: 2-камерный энергосберегающий стеклопакет = 0,18; 2-камерный мультифункциональный стеклопакет = 0,19; 1-камерный энергосберегающий стеклопакет = 0,17; 1-камерный мультифункциональный стеклопакет = 0,16; 1-камерный стеклопакет с обычным стеклом = 0.10; 2-х камерный стеклопакет с обычным стеклом = 0,15; лист поликарбоната толщиной 5 мм = 0,09; лист поликарбоната толщиной 10 мм = 0,10; полиячеистый поликарбонат толщиной 16 мм (профиль: 3 слоя, 6 ячеек) = 0,20.

В результате проведенных экспериментов установлено, что полиячеистый (6 ячеек) поликарбонат по значениям сопротивления теплопередаче (энергосберегающим свойствам) аналогичен 2-камерному стеклопакету (тройное остекление), при этом в 12 раз легче и в 3 раза дешевле.

Дополнительно провели исследование влияния продольно-поперечного расположения сот на сопротивление теплопередаче поликарбоната и выявили, что в условиях проведенных экспериментов ориентация сот показал незначительное влияние в пределах ошибки эксперимента 1–2 %.

УДК 543.544.9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ШАРАФИЕВ Д.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

В процессе работы трансформатора продолжительность воздействия тепла, влаги и кислорода приводит к старению трансформаторного масла и электроизоляционной бумаги. В результате деструкции электроизоляционной бумаги в трансформаторном масле мигрируют продукты разложения, к которым относятся фурановые соединения. Контроль за содержание фурановых соединений является наиболее важной составляющей диагностики состояния маслонаполненного электрооборудования, результаты которой позволяют объективно оценить техническое состояние силовых трансформаторов и увеличить время их эксплуатации. В настоящее время анализ фурановых соединений проводится с использованием хромато-масс-спектрометра, это сложный метод. Требуется дорогостоящее оборудование и высокая квалификация обслуживающего персонала, что в производственных условиях невозможно реализовать. Поэтому достаточно актуальной является задача анализа фурановых соединений с исследованием более простых диагностических методов. К этим методам относится тонкослойная хроматография.

Целью работы является совершенствование известного метода анализа фурановых соединений в соответствии с рабочим документом РД 34.51.304-94, с целью сокращения времени проведения и многостадийности анализа, уменьшения погрешности определения концентрации фурановых соединений в трансформаторном масле.

Планируется проведение эксперимента с наложением электромагнитных и магнитных полей на тонкослойную пластину и с использованием радиальной хроматографии для определения фурановых соединений.

Разработанные методы, приборы и устройства для диагностики параметров и характеристик силовых трансформаторов существенно увеличат точность измеряемых величин. Они значительно сократят трудовые и материальные затраты, сведут к минимуму вероятность аварийных ситуаций.

УДК 621.65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОЯСА

ТИМЕРШИН Б.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАЛЬЗАМОВ Д.С.

Опыт практического применения ТН в развитых странах с мягким климатом, где для отопления широко используются тепло окружающего воздуха и грунта, мало применим для России. Здесь для работы ТН можно использовать практически неограниченные ресурсы природного и техногенного низкопотенциального тепла водных источников, в частности поверхностных источников с температурой до 5 °С. Однако, при этом коэффициент преобразования ТНУ по причине больших перепадов температур в испарителе и конденсаторе снижается до предельных 2,5, определяющих грань конкурентоспособности с лучшими традиционными теплоисточниками. С развитием малоэтажного строительства актуальными становятся задачи по разработке, созданию и апробации эффективных импортозамещающих парокомпрессионных ТН (ПКТН) теплопроизводи-тельностью до 100 кВт и конкурентоспособных схем ТНУ на их основе, адаптированных к умеренным природно-климатическим условиям.

УДК 620.9(430)

ЭНЕРГЕТИКА В ГЕРМАНИИ: ПРОРЫВ В НОВУЮ ЭПОХУ

САДЫКОВ И.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. НИКОНОРОВА Л.М.

«Энергетический поворот» («Energiewende») – очень популярное и актуальное слово в современной Германии. Этим термином обозначается политика свертывания атомной энергетики и широкомасштабного перехода на возобновляемую энергетику. Ее цель: к 2050 г. обеспечивать потребности страны в энергии на 80 процентов из возобновляемых источников.

Начало энергетическому повороту было положено в 2000 г., когда коалиционное правительство социал-демократов и «зеленых» приняло закон о возобновляемой энергии (EEG). Этот закон гарантирует всем предприятиям и физическим лицам, решившим производить и продавать экологически чистое электричество, фиксированные на 20 лет цены.

Подобный материальный стимул привел в Германии к буму возобновляемой энергетики: повсюду появились ветровые генераторы и биогазовые установки, а солнечные батареи покрыли крыши многих зданий, фермерских хозяйств и частных домов. Немцы хотят чистой энергии и многие из них хотят сами производить ее. Закон о возобновляемой энергии гарантирует всем производителям электричества от возобновляемых источников приоритет подключения к энергосети и получение разумной прибыли.

Энергетический поворот – это больше чем просто крупный экономический проект, он демонстрирует, как в одной из ведущих индустриальных стран могут сочетаться друг с другом конкурентоспособность, рост, бережное отношение к ресурсам, технологические инновации и устойчивость в развитии.

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

УДК 621.646.7

ЭКСТРАКЦИОННАЯ ОЧИСТКА ЖИДКОСТЕЙ В ПРОТОЧНЫХ СМЕСИТЕЛЯХ

ДУДАРОВСКАЯ О.Г., АМИРХАНОВА Г.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ЛАПТЕВ А.Г.

Среди существующих методов очистки, жидкостная экстракция имеет ряд преимуществ перед другими процессами очистки, а именно: высокую кинетику процесса; возможность применения при больших исходных концентрациях извлекаемого компонента; низкую рабочую температуру (процесс, как правило, проводится при комнатной температуре); большую скорость массообмена между двумя контактирующими фазами; возможность регенерации затрачиваемых реагентов; возможность полной механизации и автоматизации процесса.

Процесс экстракции в системе жидкость-жидкость проводят в непрерывнодействующих колоннах или горизонтальных смесителях-отстойниках с механическим перемешиванием.

Для повышения эффективности процесса, предлагается использовать вместо традиционных смесителей, статические смесители.

В докладе рассматриваются: смеситель с неупорядоченной (хаотичной) насадкой и развитие математической модели, полученной авторами для турбулентного режима.

Одной из характеристик модели является равномерная подача экстрагента в исходный раствор на входе в насадочный слой. Современные насадки, которые по форме значительно отличаются от шарообразных, способствуют развитию интенсивной турбулентности в ядре потока.

Среда, поступающая на вход смесителя, неоднократно рассекается неупорядоченными насадочными элементами, и далее перемешиваются друг с другом. Так как элементы насадок распределены хаотично, то эти потоки способствуют эффективному перемешиванию сред и высокой интенсивностью турбулентности.

Кинетика массопередачи в такой системе моделируется на основе анализа переноса вещества, осуществляемого через поверхность раздела фаз капли.

УДК 628.161.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕТЛИТЕЛЕЙ ТЭС

ПРОКОФЬЕВ П.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ЛАПТЕВ А.Г.

В докладе рассматривается модернизация осветлителей в системе водоподготовки на мини-ТЭЦ.

Известно, что устойчивая работа осветлителя ТЭС обеспечивается при наличии регулируемого непрерывного принудительного удаления избыточного осадка из взвешенного слоя в осадкоуплотнитель. Для эффективной работы используются ярусные осветлители. Такие осветлители имеют несколько характерных зон: слой взвешенного осадка; успокоительная решетка; тонкослойные модули (элементы); желоб сбора осветленной воды; водосборный карман; гидравлическая система удаления и сброса осадка.

Известна также схема «суперпульсатора» с тонкослойными модулями. Работа такого аппарата заключается в пульсирующей подаче осветленной воды под слой взвешенного осадка, что препятствует оседанию его на дно и образованию завалов. Отличительной особенностью аппарата является размещение в слое взвешенного осадка под углом 60º тонкослойных модулей с отражателями на нижней стороне каждой полки, что способствует формированию медленного вихревого движения воды. Полки с отражателями, расположенные перпендикулярно илосборнику, дают возможность поддерживать вдвое большую концентрацию осадка.

Таким образом, тонкослойные модули находят применение не только в отстойниках на предприятиях нефтегазохимического комплекса, но и на ТЭС.

В данной работе рассматриваются технические решения по модернизации осветлителей на мини-ТЭЦ Казанского Казенного Порохового завода. Оборудование осветлителей с тонкослойными элементами (модулями) позволит повысить очистку воды от дисперсной фазы на 40–50 % отн. Тонкослойные элементы имеют профили для сбора и транспортирования дисперсной фазы за счет силы тяжести. Элементы изготавливаются из нержавеющих металлических листов и собираются в модули. Угол наклона элементов 60º.

Аналогичные тонкослойные отстойники внедрены на предприятиях нефтехимии и нефтегазопереработки и дают положительный результат.

УДК 66.021.3/4

АНАЛОГИЯ ПЕРЕНОСА ИМПУЛЬСА, МАССЫ И ТЕПЛА В ГРАДИРНЯХ

НАЗАРОВ А.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛАПТЕВА Е.А.

Для определения коэффициентов тепло- и массоотдачи в градирнях выполнено обобщение классической аналогии. Для этого используются свойства консервативности законов трения к различным возмущениям, и находится «эффективная скорость», значение которой позволяет скорректировать гидродинамическую аналогию для различных условий обтекания поверхности.

Не ослабевает интерес исследователей к явлениям переноса импульса, массы и энергии, как с точки зрения развития различных теорий, так и для прикладных расчетов гидравлических и тепло-массообменных характеристик промышленных аппаратов.

Несмотря на широкое развитие численных методов и пакетов прикладных программ, при расчетах и проектировании промышленных аппаратов чаще всего применяются приближенные методы. Приближенное математическое описание процессов переноса при расчете тепло- и массообменных аппаратов в первую очередь связано с теорией подобия, а также моделями Прандтля и Кармана, гидродинамической аналогией Рейнольдса и Чилтона-Кольборна и моделью диффузионного пограничного слоя Ландау-Левича. Кроме этого важное значение имеют консервативные свойства пограничного слоя – т.е. весьма слабые зависимости некоторых характеристик осредненного течения по отношению к внешним возмущениям, на которые одними из первых обратили внимание С.С. Кутателадзе и А.И. Леонтьев.

Теоретическая основа рассматриваемого авторами подхода заключается в использовании известных свойств консервативности законов трения к возмущающим воздействиям (например, продольному градиенту давления), т.е. структура математического описания элементарных актов переноса инвариантна к различным возмущениям и масштабу аппарата. Влияние возмущений не изменяет форму математического описания пограничного слоя, а учитывается параметрически. Определение корректирующих параметров выполняется путем баланса импульса.

Результаты расчетов коэффициентов тепло- и массоотдачи в градирнях согласуется с опытными данными.

УДК 66.045

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛООБМЕННИКА ПОСЛЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ

РУНОВ Д.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ЛАПТЕВ А.Г.

В докладе рассматривается исследование процесса охлаждения газового потока в теплообменном аппарате при воздействии на поток охлаждающей воды электомагнитным полем. Разработана структурная схема малой физической модели для потока воды, который подается в трубный пучок теплообменного аппарата Х-3 № 1 для отбора тепловой энергии от газового потока.

Отобранная вода подается в трубное пространство кожухотрубчатого теплообменного аппарата, площадь теплообмена которого составляет 40 $м^2$, а в межтрубное пространство теплообменного аппарата – высокотемпературный газовый поток. Прибор электромагнитной обработки воды ПЭОВ-2 с двумя генераторами электромагнитных волн был смонтирован на подающей трубе, по которой вода подается в теплообменный аппарат. Внешний диаметр стальной трубы – 100 мм. Данная структурная схема обеспечивает прохождение всей подаваемой воды в теплообменный аппарат через электромагнитное поле, создаваемое ПЭОВ-2.

Прибор электомагнитной обработки воды во взрывозащищенном исполнении ПЭОВ-6, произведенный ОАО «КНИТИ ВТ» (г. Казань), был смонтирован на общем трубопроводе, по которому оборотная вода подается на группу теплообменных аппаратов установки осушки и очистки газа цеха № 2 (далее УООГ). Внешний диаметр стальной трубы – 325 мм. Параллельно расположен общий обратный трубопровод для отвода тепловой энергии от охлаждаемого газа.

Метод расчета определения электромагнитного поля на толщину образования накипи $\delta_н$, которая образуется в результате пересыщения воды по солям жесткости, основан на определении площади осевших частиц на экспериментальной стеклянной пластине, помещенной в объем воды. Измерение площадей осевших частиц производится в режимах без и с воздействием электромагнитного поля на воду. После чего рассчитывается кратность снижения площади частиц на экспериментальной стеклянной пластине при электромагнитном воздействии на воду.

С учетом полученных данных по определению площадей осевших частиц можно утверждать, что примениение электромагнитной обработки воды позволит увеличить отбор тепла от газового потока. Гораздо менее интенсивное образование накипи (меньше в 15 раз с учетом погрешности в 10 %) на теплопередающей поверхности в режиме эксплуатации теплообменников с электромагнитной обработкой воды, чем без нее позволит интенсивнее производить отбор тепловой энергии от охлаждаемого газа оборотной воды.

УДК 665.642

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОЛОННЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПИРОГАЗА

САИТБАТАЛОВ М.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, асс. БАШАРОВ М.М.

В докладе рассматривается теплотехнологическая схема охлаждения пирогаза перед компремированием в процессе производства этилена. Рассматриваемый участок является частью установки газоразделения Э-200 завода «Этилен» ОАО «Казаньоргсинтез». В технологической линии после печей пиролиза этана-сырья полученный пирогаз проходит несколько стадий охлаждения и затем поступает к компрессорам. Перед узлом компремирования происходит охлаждение пирогаза с 200 до 40–50 °С поэтапно: с помощью впрыска циркуляционной воды непосредственно перед колонной и в самой закалочной колонне К-201. Закалочная колонна диаметром 3,2 метра состоит из двух секций с различными контактными устройствами.

Пирогаз поступает на охлаждение с массовым расходом G = 55–68 т/ч, что соответствует около 200 тыс. т этилена в год, и давлением 1,83 кгс/см^2. Перед колонной осуществляется предварительный впрыск воды для снижения температуры пирогаза до t = 45–50 °С, в основном за счет интенсивного испарения воды. После этого пирогаз поступает в закалочную колонну, где происходит его дальнейшее охлаждение водой до t = 50–60 °С (требуемая температура охлаждения 40–45 °С). Вода подается в колонну в двух вводах с различным расходом. Расход воды, подаваемой в верхнюю часть колонны, составляет 130–200 т/ч, а в нижнюю часть – 500–600 т/ч. Начальная температура охлаждающей воды верха колонны 35–45 °С. Начальная температура воды, идущей в нижнюю секцию колонны, 65–76 °С. После прохождения через колонну загрязненная вода поступает в отстойник Е-203, где происходит удаление сажи, смолы и тяжелых углеводородов.

Разработка и внедрены технические решения по модернизации колонны К-201 путем замены устаревших тарелок на насадки «Инжехим». В верхней части – нерегулярная насадка, а в нижний регулярная. В результате температура охлаждения пирогаза понизилась на несколько градусов и охлаждалась нагрузка на узел компримирования.

УДК 628.39

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ НЕФТЕШЛАМОВ К ПЕРЕРАБОТКЕ

ГАРАЕВА М.Я., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ЛАПТЕДУЛЬЧЕ Н.К.

Добыча, транспортировка и хранение нефти, а также производство из нее нефтепродуктов связаны с образованием нефтесодержащих отходов (нефтешламов). Разработано значительное количество технологий переработки нефтешламов, однако использование их для шламов, содержащих тяжелые фракции углеводородов (асфальтены и смолы) и большое количество минеральных компонентов, неэкономично. Одна из основных проблем переработки нефтешламов такого типа – очистка его от минеральных примесей.

Исследовался приобваловочный нефтешлам с территории ОАО «Казнефтепродукт» (Казанская нефтебаза). Он представляет собой плотно-вязкий агломерат не текучей консистенции, со слабым запахом нефтепродуктов. Содержание примесей определяли гравиметрическим методом; оно составило от 87 до 90 % в зависимости от места отбора проб.

Попытки выделить минеральные примеси центрифугированием при различных температурах или путем обработки водными растворами ПАВ не дали положительных результатов. Затем была исследована кинетика скорости экстракции нефтепродуктов из нефтешлама бензолом. Количество бензола составило 10 мл на 1 г образца. Процесс осуществлялся при нормальных условиях. Во избежание естественного уноса растворителя процесс осуществлялся в закрытой системе.

Были проанализированы три разных образца нефтешлама. Анализ полученых кинетических кривых позволяет сделать следующие выводы. Наиболее активно процесс извлечения нефтепродуктов протекает в течение первых 10 минут. На этом этапе извлекается 68–70 % продуктов. Затем процесс монотонно замедляется и на 35–40 минуте прекращается.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что методы центрифугирования для нефтешламов с высоким содержанием минеральных примесей непригодны; применение же обработки их органическими растворителями (на примере бензола) весьма эффективно.

УДК 620.193:625

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОДОЭМУЛЬСИОННОЙ СМЕСИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

БИКМУРАТОВА М.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ЛАПТЕДУЛЬЧЕ Н.К.

Предотвращения образования и разрушения стойких водонефтяных эмульсий, а так же борьба с коррозией нефтепромыслового оборудования является одной из важных проблем на сегодняшний день, особенно остро проявляется в Республике Татарстан, поскольку в настоящее время большинство скважин находится на поздних стадиях выработки. Особенностью их разработки является высокая обводненность добываемой нефти (70–85 %) и агрессивность технологических растворов для повышения пластового давления. Вторая особенность – это состав добываемой таким образом нефти. Она содержит большое количество асфальтосмолистых парафиновых веществ, способных образовывать на поверхности металла защитную пленку, препятствующую коррозии.

Ранее нами было найдено, что в условиях испытаний требуемым защитным эффектом обладают ингибиторные композиции, содержащие неионогенные поверхностно- активные вещества (НПАВ). Представлялось целесообразным определить, пригодны ли такие ингибиторные композиции для защиты металла в условиях эксплуатации малодебитных скважин, поскольку известно, что нефтяные эмульсии подобного типа достаточно эффективно разрушаются добавкой неионогенных деэмульгаторов.

Целью данного исследования явилось изучение влияния защитной пленки из тяжелых нефтяных фракции на скорость коррозии металла в присутствии НПАВ.

В результате эксперимента найдено, что средняя скорость коррозии в неингибированной среде составляет 0,414 г/м^{2}ч. При добавлении неионогенного деэмульгатора-ингибитора (Реапон- ИК-2) с концентрацией 5 мг/л средняя скорость коррозии 0,242 г/м^2 ч, а степень защитного действия 60 %. Но используя парафин в качестве защитной пленки на металле и НПАВ (Реапон-ИК-2) при той же концентрации, средняя скорость значительно уменьшается и составляет 0,103 г/м^2 ч и защитное действие 96 %, что позволяет обеспечивать требуемый стандартом 90 % эффект защиты металла.

УДК 662.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМА ХВО В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К ТВЕРДОМУ ТОПЛИВУ НА ТЭС

ХАМЗИНА Д.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. НИКОЛАЕВА Л.А.

Сейчас во всем мире для современной энергетики стоит проблема утилизации твердых отходов, что способствует созданию технологий, обеспечивающих максимальную утилизацию твердых отходов на ТЭС. ТЭС сталкиваются с проблемой утилизации твердых отходов, таких как шлам ХВО. Традиционно шламы ВПУ сбрасываются в шламонакопители, усугубляя экологическую ситуацию на прилегающих к электростанциям территориях.

Существует способ модернизации схемы очистки сточных вод – замена активированного угля и антрацита шламом ХВО на последней ступени очистки. Это позволит снизить затраты на очистку сточных вод ТЭС от нефтепродуктов, так как шлам ХВО образуется в цикле самой станции, при этом не потребуется дополнительных затрат на его приобретение.

В настоящей работе предложена технология использования шлама ХВО после использования его для очистки сточных вод от нефтепродуктов на ТЭС в качестве добавки к твердому топливу. В лаборатории кафедры «Технология воды и топлива» была измерена зольность, которая составила 41,5 %. Низшая теплота сгорания ($Q_Р^Н$) замазученного шлама, определенная экспериментальным путем в лаборатории топлива и масла Казанской ТЭЦ-1, составила 5480,4 кКал/кг (22962,9 кДж/кг) при расчетной влажности 3,5 %. Можно сделать вывод, что теплота сгорания образца замазученного шлама приближается к теплоте сгорания каменных углей ($Q_Р^Н$<5700 кКал/кг). Таким образом, отработавший шлам может быть использован в качестве добавки к топливу при сжигании на тепловых электрических станциях, эксплуатируемых на твердом топливе при наличии соответствующей системы золошлакоудаления.

УДК 620.92

ПОЛУЧЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ МИНИ-ТЭС

БАШКОВ С.Ю., ЕВСТАФЬЕВ Д.В., МИНГАРАЕВ А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. КОТЛЯР М.Н.

По статистическим данным, в России общее количество органических отходов сельского хозяйства ежегодно составляет 773 млн т, из них можно получить 66 млрд куб. м биогаза или около 110 млрд кВт·ч электроэнергии.

Биогаз получают путем анаэробного (без кислорода) брожения биомассы. В качестве биомассы могут выступать свалочные отходы, отходы животноводства (навоз) и сельского хозяйства, отходы скотобоен, некоторые культуры, например рапс.

Биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и сложной инфраструктуры.

Длительность ферментации для навоза крупного рогатого скота должна быть 20 суток, для свиного – 30 суток. При смешивании разных компонентов можно получить большее количество газа. Перерабатывая навоз КРС и птичий помет, получают газ с содержанием метана до 70 %, что повышает его эффективность как топлива. В зависимости от вида органического сырья состава биогаза может меняться, но в общем случае в его состав входит метан (CH_4), углекислый газ (CO_2), небольшое количество сероводорода (H_2S), аммиака (NH_3) и водорода (H_2). Для протекания процесса получения биогаза важными являются следующие технологические параметры: температура, pH среды, качество сырья, ингибиторы, концентрация твердых частиц, питательная среда, загрузка рабочего пространства, технологическое время цикла брожения, интенсивность перемешивания.

Условия получения биогазов и наличие в их составе вредных и балластных примесей диктуют необходимость предварительной обработки биогаза перед использованием в тепловых установках.

УДК 620.196

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИКИ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

КАШУТИНА Д.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. ДРЕМИЧЕВА Е.С.

Сточные воды птицефабрик отличаются сложным составом, неравномерностью поступления по расходу и концентрациям загрязняющих веществ, что делает процесс их очистки достаточно трудоемким и затратным, а износ оборудования быстрым.

Концентрации основных загрязняющих веществ в сточных водах достигает по $БПК_{полн}$ до 2500 мг/дм^3, по взвешенным веществам до 2800 мг/дм^3, по ХПК до 4700 мг/дм^3, по жирам до 1000 мг/дм^3, это пагубно влияет на работу очистных сооружений.

Коррозия оборудования птицефабрики является одной из важных причин, определяющих надежность очистки сточных вод птицефабрики и попадания в природный водоем чистой и обеззараженной воды.

Обычно в комплекс мероприятий коррозионного мониторинга очистных сооружений входят:

– физико-химический анализ транспортируемых жидкостей;

– измерение скорости коррозии стали на потенциально коррозионно-опасных участках;

– визуальный контроль, за состоянием сооружения и трубопроводов и металлографический анализ дефектов участков;

– коррозионная агрессивность сточной воды.

Для данной работы мной проделаны эксперименты по определению состава сточных вод птицефабрики, которые влияют на появление на поверхности металлических покрытий коррозионных процессов. А также определена скорость коррозии пластинок, находящихся в контакте со сточными водами. Материал пластинок Ст.3.

На основе экспериментальных данных сделаны выводы, которые в дальнейшем лягут в основу разработки технологической схемы и выбора коагулянтов.

УДК 628.336.31

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИК

ЗАКИРОВ И.Х., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. ДРЕМИЧЕВА Е.С.

Сточные воды птицефабрик имеют специфический состав загрязнений. Независимо от системы содержания птиц в цехах (клеточное или напольное), они содержат большое количество остатков комбикормов, перьев, пуха, травяной подстилки, секреторных выделений птиц, крови, частиц тушек забитой птицы в убойных цехах.

Осадки сточных вод птицефабрик являются опасными в санитарном и эпидемическом отношениях. Они относятся к трудно фильтруемым суспензиям и плохо отдают воду, которая в осадках находится в трех состояниях:

– свободном (60–65 %),

– коллоидно-связанном (22–30 %)

– капиллярно-связанном (гигроскопическом) (4–10 %).

Значительная часть свободной воды может удаляться из осадков при гравитационном уплотнении, сушке в естественных условиях, фильтрации, центрифугировании, отжиме.

Коллоидно-связанная вода находится в осадке в основном в виде гидратной оболочки твердых частиц. Разрушение гидратной оболочки возможно лишь с помощью коагуляции или кратковременной термической обработки.

Полное удаление всей коллоидно-связанной воды достигается сушкой при повышенных температурах.

Гигроскопическая вода не удаляется даже при термической сушке.

Для разрушения коллоидной структуры осадка птицефабрик и увеличения их водоотдачи при обезвоживании проводят кондиционирование. В качестве метода кондиционирования наибольшее распространение получила реагентная обработка. Для реагентной обработки применяют коагулянты и флокулянты минерального и органического происхождения.

Из минеральных коагулянтов применяют соли железа, алюминия [$FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $A1(SO_4)_3$] и известь.

В работе приведены результаты экспериментальных исследований по интенсификации процесса обезвоживания осадков сточных вод птицефабрик при помощи коагулянтов. Данные результаты исследований

позволят в дальнейшем разработать технологическую схему эффективной утилизации такого типа осадков, которые в дальнейшем могут быть широко использованы в качестве удобрения, добавки к твердому топливу и сырьем для получения биогаза.

УДК 628.162-5

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

ХАБИБУЛЛИНА Р.В., АХМЕТВАЛИЕВА Г.Р., ИБРАГИМОВА Л.Э.,
КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, проф. ЗВЕРЕВА Э.Р.

Особенностью современной нефтеперерабатывающей промышленности является тенденция к углублению переработки нефти, что объясняется ограниченностью ее запасов, а также ужесточением экологических требований к нефтепродуктам.

Вязкость мазута является важным эксплуатационным фактором, определяющим его способность транспортировки, слива, перекачки и сжигания. С повышением температуры вязкость мазута уменьшается, поэтому все операции с мазутом производят с подогревом.

Необходимость решения взаимосвязанных задач экономии энергоресурсов, улучшения технико-экономических показателей котельных агрегатов требует изыскания эффективных способов воздействия на процесс подготовки и горения топлива. Повышение качества жидкого топлива и интенсивности его сжигания связано с добавлением в топливо специальных веществ, улучшающих его эксплуатационные свойства – многофункциональных присадок.

Введение присадки существенно изменяет процесс кристаллизации в топочном мазуте. Снижение прочности и увеличение пластичности мазута с присадкой объясняется образованием комплексов из молекул присадки и парафина, создающих пространственное препятствие формированию контактов кристаллического геля и уменьшающих их упорядоченность. В этом случае образуются смешанные кристаллы присадка-парафин, что мешает объединению частиц в пространственную сетку и снижает вязкость.

Вязкость чистого мазута и смеси мазута с присадками (карбонатный шлам и дипроксамин с концентрацией 0,05 масс. %) была определена с помощью портативного вискозиметра Rheomat RM 100. Результаты

экспериментальных исследований показали, что при 80 ºС наблюдается снижение значений вязкости смеси мазута с присадкой Дипроксамин-157 относительно вязкости чистого мазута на 61,5 % (процент выражен в относительной величине).

УДК 621.187

МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

БУДАЕВА А.Ю., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛАРИН А.Б.;
канд. техн. наук, доц. ЕРЕМИНА Н.А.

В связи с вводом большого количества новых энергетических мощностей на базе ПГУ и реконструкции стареющих ВПУ необходимо создавать высокотехнологичные автоматизированные установки очистки природной воды. При ужесточении норм и требований к качеству водного теплоносителя на ТЭС и АЭС, а также увеличении экологичности и экономичности установок ВПУ применение мембранных методов очистки является наиболее перспективным инженерным решением.

Применение установок обратного осмоса и ультрафильтрации позволяет сократить расходы реагентов на подготовку питательной и добавочной воды котельных установок, а также сократить или свести практически к нулю объем сточных вод. Таким образом, применение установок УФ и ОО позволяет заменить традиционные схемы термического и химического обессоливания, а также предварительную очистку. Это, в свою очередь, позволяет снизить затраты на обслуживание установки, что приведет к естественному снижению себестоимости обессоленной, добавочной и питательной воды.

Для изучения технологии мембранной очистки воды на кафедре ХХТЭ ИГЭУ смонтирован и введен в эксплуатацию стенд «Установка обратного осмоса», а также создается мультимедийный гипертекстовый учебник (АОС – автоматизированная обучающая система) «Мембранные технологии обработки воды на ТЭС и АЭС». Данная программа позволяет изучить схемы и конструкции УОО и УУФ как студентам, так и обслуживающему персоналу ТЭС и АЭС.

Таким образом, решается задача комплексного освоения новой технологии водоподготовки для энергоблоков ТЭС и АЭС.

УДК 621.187

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СХЕМ ВПУ НА БАЗЕ МЕМБРАННЫХ МЕТОДОВ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

ГОМЫРОВА А.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. БУШУЕВ Е.Н.

Решить задачу сокращения эксплуатационных расходов на водоподготовку, повышение экологичности и улучшения качества воды можно путем внедрения новых технологий. Развитие методов водоподготовки в теплоэнергетике связано прежде всего с мембранными технологиями.

В настоящее время выделяют три основные схемы обессоливания воды на ТЭС на базе мембранных технологий:

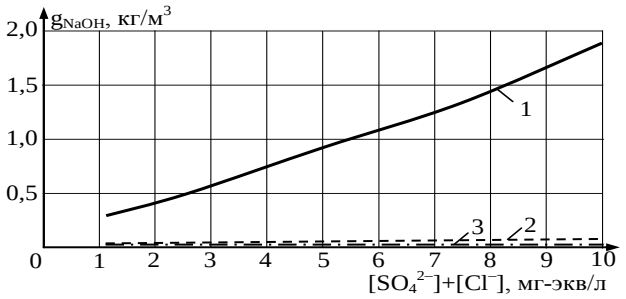
– на основе установки обратного осмоса (УОО) с традиционной предочисткой (осветлители и механические фильтры) и ионообменной дочисткой;

– комбинированная схема на основе УОО и установки ультрафильтрации (УУФ) с применением ионообменной доочистки;

– комплексная установка на основе УУФ, УОО и доочистки электродеионизацией.

Был проведен расчет и анализ схем обессоливания воды на базе мембранных методов в широком диапазоне минерализации исходной воды ($[SO_4^{2-}]+[Cl^-]$) = 0–10 мг-экв/л.

Проведенный расчетный анализ схем обессоливания на базе мембранных методов показал явные технологические (рис.) и экологические преимущества по сравнению с другими схемами получения обессоленной воды на ТЭС.



Удельный расход едкого натра (в пересчете на 100 % вещество) в зависимости от метода обессоливания и минерализации исходной воды: 1 – химобессоливание на базе противоточных фильтров, работающих по технологии UPCORE; 2 – комбинированная схема; 3 – комплексная схема

УДК 621.187

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОСЛЕ КОАГУЛЯЦИИ С ИЗВЕСТКОВАНИЕМ

ПЕТЕЛОВА А.А., ЛЕБЕДЕВА А.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. БУШУЕВ Е.Н.

Процесс коагуляции природной воды с известкованием проводится в осветлителе и предназначен для снижения содержания в ней коллоидных примесей и уменьшения общей щелочности. Для расчета показателей качества осветленной воды существует несколько математических моделей.

Согласно первой модели, которая применяется в основном при проектных расчетах, задается значение показателя pH в осветленной воде на уровне 10,1–10,2, после чего согласно химическим уравнениям реакций описывающих процессы укрупнено, находятся все остальные показатели для этой воды. Однако эта модель не позволяет проводить расчеты при других значения pH осветленной воды.

Модель, введенная профессором МЭИ В.Ф. Очковым, основана на описании равновесных условий образования осадков карбоната кальция и гидроксида магний. Рассмотренная модель позволяет определить равновесные концентрации ионов в осветленной воде. Ухудшение реальных результатов по щелочности, по концентрациям катионов жесткости в процессе известкования по сравнению с равновесными их значениями связывается с влиянием кинетических факторов: достаточно медленной кристаллизации образующейся твердой фазы $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$ при приближении системы к состоянию равновесия и «тормозящая» роль органических примесей (защитных коллоидов) исходной воды. Представленную модель удобно использовать в учебных целях для исследования изменения показателей качества воды осветленной воды при различных значениях показателя pH и дозе вводимой извести.

Наиболее адекватные результаты в широком диапазоне варьируемых параметров по расчету качества воды после коагуляции с известкованием показывает модель, разработанная в Казанском государственном университете под руководством профессоров А.А. Чичирова и Н.Д. Чичировой Эта модель основывается на том, что образующийся в осветлителе осадок имеет сложный состав. Все значимые химические реакции (таких авторами модели выделено 51), происходящие при данной реагентной обработке, представляются в виде компонентной стехиометрической матрицы.

УДК 621.187

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНОВКИ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ОБРАТНОГО ОСМОСА

САГДИЕВА Р.Э., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. БУШУЕВ Е.Н.

Большинство вновь вводимых энергоблоков на ТЭС комплектуются установками обработки воды, содержащими аппараты мембранной технологии и прежде всего установками обратного осмоса (УОО). Основные преимущества таких установок заключаются в сокращении расхода реагентов на восстановление мембраны, в уменьшении габаритов оборудования, снижении площадей складских помещений. Основным недостатком таких установок является необходимость глубокой очистки поступающей (питательной) воды от грубодисперсных и коллоидных примесей, включая железо-органические, широко распространенные в природных водах центра и севера России.

В УОО элементы собираются последовательно (по питательной воде) в модули и большое значение для обеспечения заданной производительности установки и качества деминерализованной вод имеет характер соединения модулей в одну или несколько ступеней по концентрату или пермеату, количество элементов в одном модуле, минерализация поступающей на УОО воды.

Были проведены расчетные исследования УОО с помощью программы «ROSA» (разработчик DOW Chemical). Исследования по обессоливанию воды на двухступенчатой УОО показали, что подключение второй ступени по пермеату не изменяет качества очистки воды на первой ступени, при снижении показателей второй ступени. Так, коэффициент очистки воды по общему солесодержанию снизился от 10 (первая ступень УОО) до 1–2 на второй ступени, что определяется невысоким солесодержанием пермеата первой ступени, поступающего на вход второй ступени УОО. Возвращение концентрата второй ступени на вход УОО повышает технологические показатели УОО и обеспечивает качество фильтрата, приемлемое для энергетических котлов средних параметров.

Подключение второй ступени УОО по концентрату первой ступени показало возможность дальнейшего глубокого концентрирования водного раствора – коэффициент концентрирования после второй ступени – составил 7–9, что также повышает технологические показатели УОО.

УДК 621.187

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА БАЗЕ ШТАТНЫХ ПРИБОРОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ХИМКОНТРОЛЯ

СОРОКИНА А.Я., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛАРИН А.Б.

В настоящее время все большее внимание уделяется качеству водного теплоносителя на ТЭС и АЭС. В связи с повышением требований к качеству водного теплоносителя и ужесточению норм необходимо совершенствовать СХТМ на базе существующих приборов АХК. Расширение диагностических возможностей этих приборов обеспечивается применением математических моделей и алгоритмов расчета качества воды и пара с применением ЭВМ. Появление на рынке высокотехнологичных приборов дает возможность измерения и расчета нескольких показателей качества при уменьшении количества устанавливаемых приборов. Это обусловлено наличием нескольких каналов ввода и вывода информации на одном приборе.

Сотрудниками кафедры ХХТЭ ИГЭУ совместно с «НПП Техноприбор» (г. Москва) разрабатывается автоматический анализатор примесей водного теплоносителя на базе многоканального прибора «Лидер». Применение этого устройства для контроля качества воды и пара позволяет по двум измеренным показателям (χ, $\chi_{Н}$) рассчитать и вывести на экран следующие показатели: – при аммиачном ВХР: хлориды, pH, аммиак и натрий условный; – при безаммиачном ВХР: хлориды, pH и натрий условный.

В связи с этим установка данного прибора может осуществляться практически на любой энергоблок и позволяет измерить и рассчитать практически все требуемые характеристики качества питательной воды. Установка этого прибора на конденсат турбины также может позволить диагностировать присосы охлаждающей воды в конденсаторе.

При использовании данной расчетной методики и вводе концентраций аммиака в СХТМ возможно автоматическое регулирование дозирования аммиака в пароводяной тракт ТЭС.

УДК 66.047

АДСОРБЦИОННАЯ ОСУШКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ШЛАМОМ ХИМВОДООЧИСТКИ ТЭС

АХКАМОВА А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. НИКОЛАЕВА Л.А.

Добываемый природный газ, наряду с углеводородами, содержит углекислый газ, пары влаги (количество которой зависит от состава газа, давления, температуры) и другие примеси. От этих примесей газ (главным образом метана) должен быть осушен и очищен при транспортировке перед подачей потребителю в качестве топлива или сырья для переработки в химические продукты. Адсорбционный способ подготовки газа в практике газодобычи как отечественной, так и зарубежной, нашел широкое применение и имеет ряд преимуществ перед другими, также часто используемыми способами промышленной подготовки газа: низкотемпературной сепарацией, абсорбцией гликолями. Известны способы адсорбционной осушки газа силикагелем, с последующей регенерацией нагретым газом и охлаждением ненагретым газом при давлении равном давлению адсорбции.

При абсорбционной осушке природного газа, в качестве осушителя используются также дорогостоящие жидкие сорбенты: диэтиленгликоль (ДЭГ), триэтиленгликоль (ТЭГ) и др. При адсорбционной осушке природного газа в качестве осушителя используется твердые сорбенты: цеолит, алюминий и др.

Наряду с этим установки адсорбционного типа имеют ряд недостатков, к которым следует отнести высокую металлоемкость, цикличность технологических процессов, сравнительно большое гидравлическое сопротивление в технологической линии осушки.

Недостатком вышеперечисленных методов являются высокая стоимость проводимого технологического процесса, а также эксплуатационные затраты. Для снижения стоимости технологического процесса в работе предлагается в качестве осушителя при адсорбционной осушке природного газа использовать высушенный шлам химводоочистки ТЭС.

УДК 621.182

ХИМИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ НАКИПИ С ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛОВ И ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА СОВРЕМЕННЫМИ МОЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ

ШАРИПОВА Э.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. НИКОЛАЕВА Л.А.

Во многих технологических процессах тепловых электрических станций используются большие объемы воды.

Основными проблемами, возникающими при использовании воды, являются коррозия, накипь (солеотложение), шламообразование, биологические обрастание.

Главным образом эти проблемы возникают при эксплуатации энергетического котлового оборудования и водооборотных охладительных систем (циклов в таких отраслях промышленности, как химия, нефтехимия, металлургия, тепловая энергетика и др., а также в системах обратного осмоса в энергетике пищевой, электронной и других отраслях промышленности).

Одним из эффективных способов борьбы с коррозией металлов и солеотложений является применение новых моющих реагентов, которые содержат поверхностно-активные вещества и защищают металлы от коррозии. Не случайно в последнее десятилетие усилия специалистов напрвлены на поиск и разработку новых, экологически чистых и более эффективных моющих растворов.

Разработка методики химического удаления накипи с внутренней поверхности котлов и трубопроводов различного типа моющим средством серии кислотных продуктов «Auge» проводилась в соответствии с «Методическими указаниями по оценке интенсивных процессов внутренней коррозии в тепловых сетях» (РД 153-34,1-17,456-00).

Кислотный продукт серии «Auge» Ac56 предназначен для удаления минеральных отложений и накипи из охлаждающей и бойлерных систем без механического воздействия и без разборки технологического оборудования. Наличие в составе средства комбинации поверхностно-активных веществ позволяет успешно справляться с различными типами загрязнений. Он эффективно удаляет карбонаты, не повреждает резиновые прокладки и сварные швы.

УДК 621.36

ЭЛЕКТРОЛИЗЕР

ТАГИРОВ И.Х., СИРАЕВ Р.Р., УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. асп. ОХОТНИКОВ М.В.

На протяжении десятилетий человечество, использующее природные ресурсы для получения энергии, теперь стоит перед угрозой их истощения и вынуждено искать альтернативные источники энергии. Альтернативная энергетика сейчас не только модный термин, но и актуальный и перспективный метод добычи энергии. В связи с этим исследования, направленные на изучение систем и процессов получения альтернативной энергии, в настоящее время являются обусловленными и необходимыми.

Одним из возобновляемых источников для получения альтернативной энергии является вода. Водород и кислород, входящие в ее состав, являются неисчерпаемым и мощным источником тепла и света.

На данный момент наиболее перспективным устройством для получения из воды водорода является электролизер. Основная часть устройства электролизера состоит из ряда герметических полостей, образованных из стальных пластин – электродов, разделенных резиновыми кольцами и сжатых пластинами (стенки), выполненными из оргстекла. Герметизация набранного пакета, таким образом, осуществляется четырьмя шпильками. Внутренняя часть полости электролизера наполовину заполняется водой. Принцип действия электролизера заключается в том, что к пластинам-электродам прикладывается постоянное напряжение, которое вызывает электролиз воды и выделение водородно-кислородной смеси (газ Брауна). Устройство для получения данной смеси является безопасным и высоко экологичным, так как при сгорании газов получается перегретый водяной пар, не имеющий цвета и запаха. С одного литра воды выходит 1866,6 литров газа Брауна. При его сгорании в газовой горелке температура пламени получается в 3,3 раза выше, чем при обычном сжигании водорода. Перспективы использования данной технологии достаточно обширные, начиная от высокоэффективной газорезки и заканчивая созданием принципиально новых турбогенераторов и двигателей.

В настоящее время технология использования электролизера для получения газа Брауна являясь безопасной и экономически выгодной; имея неограниченную область применения, она приобретает бурное развитие.

Разработки в данном направлении ведутся в ведущих институтах России, Англии, Германии, США и пр. В будущем данные устройства будут присутствовать в каждом доме, и энергия станет доступна в неограниченных количествах.

УДК 621

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНОЙ ВОДЫ НА КАЗАНСКИХ ТЭЦ И ЗАИНСКОЙ ГРЭС

НАКОНЕЧНАЯ Ю.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРУЗДЕВ В.Б.

На электростанциях применяются различные водоподготовительные установки (ВПУ). В данном случае рассмотрены ВПУ конкретных электростанций, а именно:

– КТЭЦ-1 (Казанская теплоэлектроцентраль). Предочистка воды производится на фильтрах двухпоточно-противоточной конструкции, затем вода поступает на ионообменную обессоливающую установку;

– КТЭЦ-2. Очистка воды осуществляется в несколько стадий: наочистка на сетчатых фильтрах; коагуляция оксихлоридом алюминия; удаление взвешенных веществ на микрофильтрационной установке; обессоливание с помощью обратного осмоса и ионного обмена;

– КТЭЦ-3. Предочистка воды осуществляется по методу известкования с коагуляцией, после чего она поступает в баки осветленной воды и насосами подается на двухкамерные механические фильтры, затем проходит двухступенчатое обессоливание на Н-ОН фильтрах;

– Заинская ГРЭС. Подготовка воды осуществляется по схеме: предочистка на механических фильтрах и трех модулях ультрафильтрации, обратный осмос, доочистка на Н-ОН фильтрах.

Выбор метода и схемы обработки воды для той или иной электростанции существенно зависит от состава исходной воды, основного оборудования, системы теплофикации и горячего водоснабжения.

УДК 621.187.11

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСА ПО ВХР АЭС С ВВЭР-1000

ЩЕГОЛЕВА Е.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ЛАРИН Б.М.

На протяжении нескольких лет на кафедре ИГЭУ разрабатывалась программа для обучения ведения водно-химического режима 1 и 2 контуров АЭС с ВВЭР-1000 студентов специальности «Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС» и «Атомные электростанции».

В объем АОС первого и второго контуров входят следующие разделы:

1. Электронный учебник, в котором описано основное оборудование первого и второго контура, ВХР соответственно первого и второго контуров, установки спецводоочистки.

2. Тестирующая часть АОС предназначена для контроля степени усвоения знаний студентом. По окончании изучения студентом материала, ему предлагается тест, в результате прохождения которого выдается протокол тестирования.

3. Экспериментальная часть включает лабораторные работы, в них рассматриваются основные режимы работы установок спецводоочистки (для 1 контура – СВО-1 и СВО-2, для 2 контура – СВО-5 и БОУ). В комплекс 1 контура так же входит лабораторная «Водный режим и химконтроль первого контура АЭС с ВВЭР-1000». В ней представлена схема первого контура с точками отбора проб и нормируемыми показателями в этих точках. Сама программа имитирует нарушение ВХР питательной воды. Это нарушение студент определяет самостоятельно по показаниям качества воды в этой точке. Обучаемый делает вывод о причине нарушения ВХР и строит алгоритм поиска причины нарушения и его устранения. Лабораторные работы имеют теоретическую, практическую и тестирующую часть.

На данный момент электронный учебники и тестирующие части для 1 и 2 контура уже введены в процесс обучения. Эти учебники применяют либо как наглядный материал при прочтении лекции лектором, либо для самостоятельного изучения, потому что материал изложен достаточно просто, иллюстрировано и логично. Основная работа заключается в том, что внедряются лабораторные работы непосредственно в учебный процесс.

Лабораторные работы выполнены с помощью программ AdobeFlashProfessionalCS5 и могут быть адаптипрованы под любую операционную систему, поддерживающую Flash Player.

СЕКЦИЯ 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КОТЛОВОЙ ВОДЫ

АЗАМАТОВА Г.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Одним из самых важных вопросов в энергетике всегда была и останется водоподготовка на ТЭЦ. Для предприятий энергетики вода – основной источник их работы, и потому к ее содержанию предъявляются очень высокие требования. Также надежная и экономичная работа всей котельной установки в значительной степени зависит от качества воды, применяемой для питания котлов. Источниками водоснабжения служат пруды, реки, озера, а также грунтовые воды, городской или поселковый водопровод. Так как природные воды обычно содержат примеси в виде растворенных солей, коллоидные и механические примеси, то они непригодны для питания паровых котлов без предварительной очистки. Так, обработка котловой воды для любого вида котельных включает в себя и установку умягчителей воды и фильтров для механической очистки.

Технология производства котловой воды предъявляет высокие требования к автоматизации технологических процессов, к выбору оптимальных средств комплексной автоматизации. Конструкция котла, в которой использованы передовые и надежные технические решения, а также высокое качество изготовления обеспечивают исключительные характеристики котла: высокую производительность и качество пара, высокий к.п.д., безопасность и надежность работы, длительный срок службы. Оснащение котла средствами автоматического регулирования и контроля за качеством воды позволяет осуществлять работу котла без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Таким образом, автоматизация процессов подготовки и управления качеством воды позволяет наиболее точно выдерживать водно-химические режимы во всем диапазоне нагрузок работы основного технологического оборудования, что ведет к снижению образования отложений на стенках трубопроводов и к более длительному сроку службы и снижению затрат на замену и ремонт до 10–15 %.

УДК 681.515.4

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ТИПОВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

АЛЕКСЕЕВ И.А., ВОРОБЬЕВ А.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НИКОНОРОВ А.Н.

Исполнительные механизмы играют важную роль в регулировании технологических процессов на станциях и предприятиях. Исполнительный механизм – это механизм автоматической системы регулирования, осуществляющий механическое воздействие на объект регулирования. Поэтому АСУТП, оснащенная даже самыми современными контроллерами, не сможет выполнять свои задачи без электроприводов, задвижек, клапанов и других устройств.

Целью работы является модернизация стенда типовых исполнительных устройств и обеспечение их сопряжения с техническими средствами автоматизации (контроллерами).

В соответствии с проектом модернизации на новом стенде будут установлены:

– регулирующий клапан игольчатого типа 10с-5-2Э совместно с многооборотным электроприводом ЭП‑Р‑100-12-А2-Т6-В;

– запорный клапан 1с-15-5Э совместно с многооборотным электроприводом ЭП-З-300-25-Б1-0-А;

– МЭО 10/25-0.25;

– клапан ЭП-1;

– два трехфазных двигателя типа АИР56А4У3.

В ходе проектирования были разработаны 3D-модели исполнительных устройств, которые будут использованы при создании соответствующих учебно-методических материалов.

На данный момент в лаборатории «Полигон АСУТП электростанций» функционируют 3 модификации ПТК «Квинт»: на базе контроллеров Р-210, Р-310 и Р-380. Поэтому важным является решение проблемы

быстрого и удобного переключения между стендом исполнительных устройств и контроллерами. В результате анализа различных вариантов организации переключения было решено использовать кулачковые переключатели.

После завершения монтажных работ планируется проведение совместного тестирования стенда исполнительных устройств и ПТК «Квинт», а также создание методики диагностирования отдельных устройств.

УДК 658.52

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВЯЗИ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

АХМЕТОВ И.А., АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. ст. преп. АНОХИНА Е.С.; директор НОЦ ЕМЕКЕЕВ А.А.

Новые технологии все чаще стали применяться в тех отраслях и сферах жизни человека, где изначальное их применение не было необходимым. В настоящее время все больше и больше стремятся к рационализации. В этой сфере одной из более современных и перспективных технологий является Near Field Communication, NFC, «коммуникация ближнего поля». Технология NFC нацелена на применение в мобильных устройствах (смартфоны и планшетные ПК).

Данный проект относится к области автоматизации технологических процессов и производств, а именно к средствам управления, мониторинга, программного обеспечения и технологии беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия.

Целью является применение в компонентах автоматизации химических и энергетических отраслях, в частности в нефтегазодобывающей промышленности, технологии NFC стандарта ISO 14443 для создания унифицированного мобильного терминала как инструмента.

Внедрение данной технологии позволит:

– увеличить производительность за счет автоматизации;

– снизить стоимость некоторого оборудования и систем за счет унификации панелей управления, средств синхронизации и пользовательских интерфейсов;

– исключить ошибки, появляющиеся из-за человеческого фактора, недостаточной квалификации персонала (нарушение режимов работы и поломка оборудования);

– обеспечить более качественное (детальное) разграничение прав доступа к технологическому оборудованию.

Проект реализуется на стенде Yokagawa в НОЦ АГНИ, где на 5-ти приборах используются пассивные NFC метки, создана база для них и с помощью NFC отображается информация о приборе непосредственно у объекта прямо с мобильного телефона, разрабатывается устройство с использованием активных NFC модулей.

УДК 62-526

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТОПЛЕНИЯ

БАГАУТДИНОВА Л.А., МУХАМЕТОВА Л.Р., ШАМСИЯРОВ А.Н.,
КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОГДАНОВ А.Н.;
канд. техн. наук, доц. АХМЕТОВА И.Г.

В большинстве крупных городов РФ централизованным теплоснабжением обеспечено около 70 % потребителей тепла. Активно внедряемые в последние годы схемы теплоснабжения с прямым подключением зданий к тепловым магистралям через индивидуальные тепловые пункты позволяют регулировать потребление тепловой энергии на вводе. И тем самым повысить энергоэффективность систем отопления.

Но эффективность данного решения также можно повысить в ряде случаев благодаря внедрению систем покомнатного регулирования. Подобные системы пока не нашли широкого распространения в России, однако с развитием технологий «умного дома» и созданием новых устройств ситуация меняется. Решения с индивидуальными тепловыми пунктами заменяют собой ранее применяемые схемы с центральными тепловыми пунктами. Благодаря внедрению индивидуальных котлов регулирование климата в помещениях становится более приближенным к потребителю, позволяя подстраивать систему под индивидуальные предпочтения. Это повышает комфорт и способно повысить эффективность энергосбережения. Но это возможно только в случае правильно настроенной системы.

Покомнатное регулирование температуры осуществляется с помощью регулирования расхода теплоносителя в радиаторы отопления.

Это возможно с помощью ручных регуляторов, устанавливаемых перед радиатором. Основное отличие разрабатываемой системы от существующих систем с ручными регуляторами на радиаторах отопления – возможность автоматической работы системы без регулярного вмешательства человека. В случае ручных регуляторов потребителю приходится менять настройку, уходя из помещения. Это быстро надоедает либо просто забывается. Тем самым эффективность таких систем понижается. Применение централизованной автоматизированной системы позволяет не только задавать заранее температурный график в помещениях, но и управлять системой через интернет. Последнее особенно важно, учитывая большую инертность температуры. В случае внезапных изменений в планах потребитель может внести изменения в температурный график из любого места, где есть доступ к интернету.

УДК 621.186.2:681.5

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАКРОСОВ В СРЕДЕ SMLOGIX

ВЕРЕМЬЕВ В.О., ИГЭУ, г. Иваново

SMLogix – система программирования, которая является разработкой фирмы «Segnetics». В SMLogix используется язык программирования FBD, понятный и простой в освоении. SMLogix разработана для Windows. После создания проект проверяется компоновщиком на предмет отсутствия ошибок в связях, затем компилируется и загружается через COM-порт компьютера в контроллер, где и выполняется.

Практически все реальные системы управления содержат один или несколько нелинейных элементов. Большая часть нелинейных элементов поддается линеаризации и описывается типовыми динамическими звеньями. Но некоторые модули линеаризовать не удается ввиду существенного характера проявления свойственной им нелинейности. В этом случае компоновщик вынужден составить блок, представляющий требуемый нелинейный элемент. Одной из особенностей системы SMLogix является возможность создания макросов – блоков, реализующих целевые функции.

Макросы могут быть отлажены как отдельные компоненты и использоваться в других проектах, что позволяет быстро и удобно реализовывать схемы функционирования промышленных установок в целях повышения степени автоматизации процесса управления.

В нашей работе в среде SMLogix реализованы и объединены в библиотеку макросов следующие нелинейные элементы: зона нечувствительности, ограничение, двухпозиционное и трехпозиционное реле с зоной возврата.

УДК 681.5

МОДЕРНИЗАЦИЯ САУ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОТЛОВОЙ ВОДЫ

ВОЛКОВА А.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПЛОТНИКОВ В.В.

Проводить полную модернизацию котельной установки нецелесообразно. Нужно задаваться целью пошаговой модернизации производства с планомерным обучением имеющегося персонала. Процесс переоборудования котельной установки и сопутствующих технических инструментов должен проходить с минимальными материальными затратами, но в то же время с максимальной отдачей. То есть разработанная САУ должна обеспечить бесперебойную работу на производстве. Это позволит сократить штат персонала, обслуживающего устаревшую САУ. Но перед запуском новой системы персонал должен пройти соответствующее обучение. Какая бы ни была надежная САУ, в ее режиме должно быть предусмотрено ручное управление. В случае аварийной ситуации персонал должен будет взять на себя управление всей системы, так как остановка производственных процессов категорически неприемлема.

Регулируемый параметр – уровень воды в котле является одним из важнейших контролируемых параметров в котельных установках, т.к. при снижении уровня воды ниже допустимого предела, не обеспечивается циркуляция воды. В результате нарушения циркуляции воды в экранных трубах происходит чрезмерное повышение температуры и пережог их стенок. Также опасно и резкое снижения давления пара, что увеличивает опасность возможного заброса воды в пароперегреватель и выведение котла из строя.

Внедрение систем автоматизированного управления паровыми и водогрейными котлами, построенных на основе программируемых контроллеров, позволяет автоматизировать процесс производства тепловой энергии в котлах и значительно упростить контроль и управление этим процессом. Применение такой системы повышает эффективность функционирования котлоагрегата за счет снижения потребления

энергоресурсов, рационального сжигания топлива, использования технологического оборудования, оперативного управления оборудованием и технологическим процессом. Кроме того, внедрение таких систем позволяет снизить влияние человеческого фактора в производственном процессе и вероятность возникновения аварийных режимов функционирования котла.

УДК 004.4

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РУКОВОДСТВАХ

ГАЛИЕВ А.И., ХАЛЛЫЕВ И.А., МИСКОВА Э.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОГДАНОВ А.Н.

Электронное представление информации об изделии давно стало нормой на мировом рынке высокотехнологичной продукции. Современные интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) представляют собой программные продукты со структурированным комплексом взаимоувязанных технических данных, содержащих сведения по устройству, описанию принципов работы, правилам использования, обслуживания и ремонта. Характерным свойством такой документации является ее интерактивность, возможность для пользователя оперативно и удобно получить необходимую информацию о процессе и устройстве в форме прямого диалога с компьютером. В настоящее время ИЭТР все более активно внедряется на предприятиях различных отраслей промышленности, в конструкторских бюро, учебных центрах и ремонтных организациях.

ИЭТР может включает в себя базу данных и универсальную оболочку. Такая структура позволяет достигнуть определенного уровня универсальности. Легкая замена базы данных без внесения изменений в программный код оболочки с целью изменения назначения ИЭТР сокращает трудозатраты и сроки разработки.

Одно из инновационных направлений развития информационных технологий – дополненная реальность – также может найти применение в ИЭТР. Дополненная реальность – это технология, позволяющая накладывать информацию поверх изображения реального мира. С целью обучения – база данных может представлять собой отдельную карточку, при наведении на которую камеры позволит увидеть необходимую видеоинструкцию. В этом случае теряется элемент интерактивности,

но с дальнейшим развитием технологии возможно интегрирование взаимодействия между человеком и информацией, сохраненной на карточке.

Другой вариант применения дополненной реальности в ИЭТР – наведение камеры на реальный объект. При этом пользователь на экране увидит поверх изображения объекта дополнительную информацию.

УДК 608.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА

ГИРФАНОВ Р.Р., ХАЛЛЫЕВ И.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОГДАНОВ А.Н.

Современное массовое производство электричества включает в себя следующие этапы: преобразование энергии топлива в энергию пара, преобразование тепловой энергии пара в энергию вращения ротора, преобразование механической энергии в электричество. Термоэлектрический эффект позволяет осуществить генерацию электрической энергии путем прямого преобразования тепловой энергии в электрическую энергию. Данная технология позволяет значительно упростить устройство электрических станций, уменьшить затраты на обслуживание, но связана с большими рисками вследствие низкого к.п.д.

Этот эффект сегодня применяется в термоэлектрических модулях, которые с каждым днем получают большее распространение. Термоэлектрические модули становятся более эффективными: за последние несколько лет к.п.д. таких модулей увеличилось с 5–6 % до 8–12 %. Главное преимущество термоэлектрических генераторов – отсутствие движущихся частей, что обеспечивает высокую надежность, простоту эксплуатации и долговечность. Другим важным преимуществом является возможность применения термоэлектрических генераторов при больших и малых перепадах температур.

Термоэлектрические генераторы можно применять на промышленных объектах, в которых сбрасывается большое количество тепловой энергии. Использование термоэлектрических генераторов на промышленных объектах позволит утилизировать тепло, а также сократить расход топлива.

Экспериментальный стенд, состоящий из генератора тепловой энергии, термоэлектрических модулей, позволяет увидеть возможности получения электричества на основе термоэлектрического эффекта. На примере разработанного стенда доказано, что увеличение к.п.д. термоэлектрического преобразования зависит от к.п.д. термоэлектрических модулей. Вследствие этого путем добавления термоэлектрических модулей или увеличения их к.п.д. возможно увеличение электрической энергии.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУТП

ГЛЯЗНЕЦОВА А.В., ЗАО «СиСофт Иваново», г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, с.н.с. ЦЕЛИЩЕВ Е.С.

Разработка АСУТП является одним из наиболее важных этапов проектирования электрических станций. Значительную часть общего процесса разработки АСУТП занимает проектирование технического обеспечения: выбор технических средств автоматизации (датчиков, вторичных приборов, модулей контроллера и т.д.), подключение приборов, организация прохождения сигналов через кабели и клеммники, выпуск соответствующей проектной документации в объеме, необходимом и достаточном для монтажа системы и проведения пусконаладочных работ.

Для проектирования АСУТП характерна высокая степень типизации проектных решений. На основе анализа комплектов проектных документов, выполненных различными организациями, выявлены типовые проектные процедуры, которые можно условно разделить на группы в соответствии с типами технических средств: добавление приборов нижнего (полевого) уровня, подключение к многоканальным приборам, формирование клеммников, построение кабельных связей. Для каждой группы характерна определенная последовательность выполнения проектных процедур и операций, которые можно формализовать в виде отдельных алгоритмов, используемых в дальнейшем для построения комплексных методов автоматизации проектирования АСУТП: метода выбора схем электрического подключения; метода подключения к многоканальным приборам; метода построения клеммников; метода формирования кабелей.

Разработанные методы позволяют повысить степень эффективности применения САПР при проектировании технического обеспечения АСУТП за счет решения задачи автоматизации последовательностей проектных процедур. Применение указанных методов позволяет повысить степень автоматизации проектных работ, исключить появление субъективных ошибок при создании проекта, сократить время выполнения типовых проектных процедур. Гибкая система настройки методов обеспечивает возможность их применения для выполнения различных проектов.

УДК 681.515.4

РАЗРАБОТКА ПОЛИГОННОЙ АСУТП ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ К-300-240

ДОБРОВ А.В., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НИКОНОРОВ А.Н.

Основной задачей современной теплоэнергетики является повышение надежности, экономичности и маневренности действующего оборудования. Решение этих задач возможно с помощью проведения экспериментальных исследований. Испытания на реальном оборудовании весьма сложны, трудоемки, экономически невыгодны и опасны, так как они приводят к нарушению нормальных режимов работы объекта. Поэтому целесообразным является использование специализированных программно-технических средств (полигоны АСТУП). Под полигонной АСУТП понимается система, которая отличается от основного прототипа меньшим информационным масштабом и ограничениями по режимам работы.

Для функционирования полигонная АСУТП должна в себя включать подсистему управляющего объекта и подсистему объекта управления. Подсистема управляющего объекта выполняется максимально идентичной реальной АСУТП, а объект управления замещается его адекватной имитационной моделью, работающей в режиме реального времени.

Для исследования режимов работы и повышения эффективности функционирования паровой турбины К-300-240 была разработана модель, состоящая из цилиндров высокого, среднего и низкого давления с промперегревом и имеющая восемь нерегулируемых отборов пара. Основой модели паровой турбины служит уравнение математического представления процесса расширения рабочего тела в проточной части.

Подсистема объекта управления включает в себя турбинный регулятор мощности, котельный регулятор давления, механизм управления турбиной и регулятор топлива.

УДК 681.5

РАСЧЕТ ФУНКЦИИ ОШИБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРОЩЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

ДОЗМОРОВ П.Г., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Одним из наиболее распространенных видов распределений случайных величин является нормальное (гауссовское) распределение. На его применении основаны многие задачи статистки и метрологии. Еще одной важной областью его применения является построение систем управления с нечеткой логикой с использованием гауссовских функций принадлежности. При этом в процессе дефаззификации возникает потребность нахождения центра тяжести фигуры, полученной за счет построения результирующей функции принадлежности. Для этого необходимо рассчитать значение интеграла, связанного с так называемой функцией ошибок:

$$\operatorname{erf}(z) = \int_0^z e^{-x^2} dx .$$

Данный интеграл не выражается в аналитических функциях. Поэтому в практических расчетах приходится использовать или табличные значения (что неэкономично с точки зрения использования памяти), или прибегать к численному интегрированию. В работе исследуется качество представления функции ошибок для нормированного значения аргумента (приведенного к диапазону от 0 до 1) с точностью не менее 0,001. Количество интервалов разбиения отрезка интегрирования, необходимое для обеспечения указанной точности (в зависимости от значения аргумента), составляет для методов левых и правых прямоугольников – от 30 до 280, для центральных прямоугольников – от 4 до 8, для трапеций – от 3 до 8, а для метода Симпсона можно ограничиться всего двумя интервалами разбиения.

Тем не менее применение метода Симпсона требует выполнения трех операций сложения, шести – умножения и деления и двукратного вычисления функции экспоненты. Поэтому в работе предложено для расчета рассматриваемого интеграла применять аппроксимирующую зависимость, построенную на основе применения ортогональных полиномов Чебышева. Выбранная точность обеспечивается уже при третьем порядке аппроксимирующего полинома, что (после приведения его к схеме Горнера) требует выполнить всего лишь по три операции сложения и умножения и избавляет от необходимости вычисления экспоненты.

УДК 681.515.4

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОГРЕВА ПАРОПРОВОДОВ КОТЛА В ПУСКОВОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

ЕГОРОВА К.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГОЛУБЕВ А.В.

Автоматизация процесса пуска необходима для повышения эффективности процесса пуска котла. Система автоматизации пуска позволяет обеспечить контроль над всеми параметрами во время пуска котла. Одной из важнейших задач в системе регулирования является поддержание скорости прогрева паропроводов.

На начальном этапе прогрева происходит конденсация пара на холодных поверхностях паропровода, поэтому пуск следует производить при малом расходе пара и тщательном дренировании. При последующем прогреве перегретым паром повышение температуры металла паропроводов должно происходить со скоростью, исключающей пластическую деформацию и появление трещин.

Скорость прогрева паропроводов зависит от температуры пара до встроенной задвижки, толщины металла паропровода и определяется нормативным документом по анализу качества пуска. Для обеспечения соответствия фактической скорости прогрева паропроводов заданной скорости прогрева паропроводов до встроенной задвижки в пусковом режиме работы котла была разработана система регулирования скорости прогрева паропроводов на участке от РПК до встроенной задвижки.

Система представляет собой каскадную систему регулирования, где внешним контуром является поддержание скорости прогрева, а внутренним – изменение расхода газа. Результаты испытаний в системе

имитационного моделирования показали эффективность данной системы в процессе регулирования прогрева паропроводов котла в пусковом режиме работы котла.

УДК 004.9

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УМНОМ ДОМЕ

ЗАМАЛТДИНОВ Р.Ф., ХАКИМУЛЛИНА А.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОГДАНОВ А.Н.

«Умный дом» – система, обеспечивающая безопасность, комфорт и ресурсосбережение для всех пользователей при помощи автоматизации и высокотехнологичных устройств. В простейшем случае она должна уметь в автоматизированном режиме, в соответствии с внешними и внутренними условиями, задавать и отслеживать режимы работы всех инженерных систем и электроприборов.

Концепция «умного дома» во многом опирается на новейшие информационные технологии, позволяющие распознавать конкретные ситуации, происходящие в здании, и соответствующим образом на них реагировать по заранее выработанным алгоритмам. Практически все устройства системы объединяются в сеть, имеющую выход в Интернет. В связи с этим развитие «умных домов» также зависит и от технологий передачи сигналов между устройствами системы.

Как комплексное решение данной задачи сначала использовались структурированные кабельные сети. Система позволяла коммутировать и использовать один и тот же кабель для нужд АТС, компьютерной сети, системы безопасности и т.д. В 1978 г. была разработана технология для управления бытовыми приборами по проводам бытовой электросети.

Наиболее простое беспроводное решение можно осуществить при помощи радиочастотных или инфракрасных сигналов. По сравнению с проводной технологией, основными преимуществами беспроводных решений являются быстрая и удобная установка – нет необходимости протягивать провода или устанавливать кабельные каналы. В результате – низкие затраты на установку системы. Легче производится реконфигурация рабочих помещений, так как беспроводные датчики могут устанавливаться почти в любом месте (в пределах чувствительности приемника).

Разработка устройств, имеющих возможность связи по беспроводной сети, в сочетании с малым энергопотреблением, является одной из серьезнейших задач в области автоматизации зданий. С учетом вышеизложенного

актуальным является разработка и внедрение нового приборного ряда, датчиков, элементов сенсорики, средств автоматизации, не использующих для питания электросеть.

УДК 681.5

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ

ЗУЕВ Н.А., СМИРНОВ М.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

При решении задач построения систем регулирования для различных видов теплоэнергетического оборудования можно принять, что объект управления является линейным и стационарным. Задача еще больше упрощается, если рассматривать проектируемую систему как одномерную. Естественным требованием является создание заданного запаса устойчивости, что положено в основу таких методов, как методы РКЧХ и максимума АЧХ. Повышение требований к качеству управления требует не только соблюдения заданных ограничений, но и получения наилучших настроек регулятора, приводящих к работе системы в оптимальном режиме. Известен класс так называемых оптимальных систем, для настройки которых используются идеи оптимальной фильтрации. В этом случае необходимо построить модель объекта управления в пространстве состояний и реализовать алгоритмы оптимальных наблюдателей и регулятора (например с помощью численного решения матричных уравнений Риккати). Функционал, минимизируемый в подобных задачах, может учитывать целый набор факторов. Распространенной является постановка задачи, когда минимизируется интеграл от квадрата ошибки управления с одновременным учетом снижения мощности затрат на осуществление управляющих воздействий. Подобный подход позволяет получить качественно работающую систему, но на практике наталкивается на вычислительные трудности (особенно в области расчета обратных матриц).

Более простым является метод оптимизационной настройки регулятора во временной плоскости, в которой основу построения минимизируемого функционала составляет квадрат невязки между реакцией настраиваемой системы и некоторым эталонным сигналом, учитывающим, например, требуемое быстродействие в системе. В работе приведена методика оптимизации регулятора во временной плоскости с построением функционала, аналогичного функционалу оптимальных

систем. В этом случае задача в конечном виде сводится к решению системы линейных уравнений, соответствующих равенству нулю набору частных производных функционала по параметрам настройки регулятора. Таким образом, мы получаем систему, настроенную оптимальным образом, но значительно упрощаем процесс расчета параметров настройки.

УДК 681.5

ОБУЧЕНИЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА

КУЗНЕЦОВ Д.Ю., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Нейро-нечеткие системы объединили в себе все основные достоинства как нечетких систем, так и нейронных сетей. Это позволило привнести способность к обучению и вычислительную мощность нейронных сетей в системы с нечеткой логикой, а также усилить интеллектуальные возможности нейронных сетей свойственными «человеческому» способу мышления нечеткими правилами выработки решений.

Нейронная сеть может применяться для коррекции как нечетких правил, так и параметров функций принадлежности, но обучение таких систем – процесс трудоемкий и долгий: требуются обучающие выборки с большим количеством элементов, а также большое количество обучающих эпох (т.е. циклов предъявления обучающей выборки). Известен подход, в соответствии с которым нейро-нечеткую систему многократно обучают по одной и той же выборке с разной скоростью обучения, что занимает очень много времени. Предлагаемый нами эволюционный подход (название обусловлено схожестью предложенной идеи с работой систем на основе генетических алгоритмов) позволяет уменьшать величину обучающей выборки и снижать количество эпох путем определения и дальнейшего исключения тех элементов выборки, которые не приводят к существенным изменениям параметров функций принадлежности.

В процессе экспериментальной проверки данного подхода рассматривалась нейро-нечеткая система с двумя лингвистическими переменными при семи значениях лингвистических термов. Установив некоторые значения параметров функций принадлежности и считая эти значения эталонными, мы подвергли систему воздействию различных возмущений. Наблюдение за процессами в системе позволило

сформировать обучающую выборку. Далее мы случайным образом изменили параметры функций принадлежности, и в процессе обучения с помощью сформированной выборки пытались выйти на исходные значения настраиваемых параметров. Использование эволюционного подхода позволило приблизиться к исходным значениям параметров функций принадлежности в 2,7 раз быстрее, чем с помощью стандартного способа обучения.

УДК 681.515.4

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

КОЛЕСОВ И.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. НИКОНОРОВ А.Н.

Температура перегретого пара является критическим параметром работы электростанции в целом, поскольку ее отклонение от заданного значения более чем на 10 градусов ведет к серьезным экономическим убыткам, поэтому вопросу ее регулирования уделяется большое внимание.

Среди факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на температуру перегретого пара, можно выделить следующие: загрузка котла, шлакование топки, загрязнение поверхностей нагрева, температура питательной воды, избытки воздуха, тонина помола топлива.

Применение адаптивных регуляторов управления позволяют создавать системы управления, которые способны учитывать эти возмущения и изменять настройки системы для сохранения оптимального режима работы.

Исходя из проведенных экспериментов сравнения систем с классическим и адаптивным регуляторами, можно сделать вывод, что АСР с адаптивным регулятором по сравнению с классической АСР:

– имеет меньшую динамическую ошибку;

– не имеет колебательности;

– имеет небольшой разброс значений динамической ошибки и времени регулирования;

– в целом имеет большее время регулирования.

АСР с адаптивным регулятором хорошо себя показала при появлении нестационарности в системе, в этом случае использование является целесообразным. В целом АСР с адаптивным регулятором работает хуже, чем классическая АСР, но имеет больший запас устойчивости.

УДК 681.515.4

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ

КОЛОСОВА Ю.С., ЛАПАТЕЕВ Д.А., ЯБЛОКОВ А.А.,
ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ЗАХАРОВ В.М.;
канд. техн. наук, доц. ГОЛУБЕВ А.В.; ст преп. СМИРНОВ Н.Н.

В соответствии с приказом Минрегионразвития требования к теплозащите конструкций и потреблению энергии зданием должны предусматривать уменьшение показателей, характеризующих годовую удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, к 1 января 2020 г. не менее чем на 40 процентов по отношению к базовому уровню.

С целью повышения теплозащиты зданий разработано энергосберегающее окно с теплоотражающими экранами, имеющее высокое сопротивление теплопередачи.

В зависимости от положения теплоотражающего экрана температура в помещении варьируется. Для обеспечения комфортных условий труда необходимо поддерживать температуру в помещении на постоянном оптимальном уровне. Разработана система управления отоплением здания, включающая регуляторы температуры воздуха внутри помещения, регулирующую арматуру с исполнительными механизмами, установленную на радиаторах, регулятор тепловой нагрузки теплогенерирующего оборудования, регулирующий орган подачи топлива, датчик температуры воздуха внутри помещения, датчики освещенности, регуляторы положения теплоотражающих экранов, электроприводы теплоотражающих экранов с исполнительными механизмами, устройство компенсации изменения положения теплоотражающих экранов.

Теплоотражающие экраны автоматизированного оконного блока опускаются в темное время суток и во время отсутствия людей по заданному графику или по сигналу от датчика наружной освещенности. В результате уменьшаются тепловые потери и повышается температура в помещении. Поддержание температуры на заданном уровне осуществляется путем управляющего воздействия на регулирующий клапан радиатора и регулирующий орган расхода топлива теплогенерирующего оборудования.

Разработанная автоматизированная система управления позволяет повысить энергоэффективность здания.

УДК 621.391.083

ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИННЫМИ АГРЕГАТАМИ

ЛАПТИНСКИЙ С.А., РГАТУ им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск
Науч. рук. д-р техн. наук КАМАКИН В.А.

Актуальность задачи заключается в необходимости проектирования конкурентоспособных газотурбинных (ГТА) и газоперекачивающих агрегатов (ГПА), превосходящих аналоги по технико-коммерческим показателям и уровню инноваций, обладающих возможностью гибкой перенастройки.

Новизна задачи в том, что системы ЦОС применительно к ГТА и ГПА освоены мало. Методология построения систем практически отсутствует.

Основные направления исследования:

– определение эффективной архитектуры систем цифровой обработки данных и систем удаленного ввода-вывода для ГТА, ГПА, минимизация набора устройств, формирование методологии проектирования систем (оптимизация количества и типов входных устройств, построение наиболее гибких систем удаленного ввода-вывода);

– методология построения и оптимизация протоколов информационного обмена с целью создания иерархической структуры передачи данных в системах с цифровой обработкой сигналов ГТА, ГПА;

– поиск решений по резервированию и выполнению «горячей замены» модулей ввода-вывода, методика повышения надежности;

– формирование набора инструментов для проектирования и оптимизация САПР систем управления ГТА, ГПА в целом (в том числе первичные средства измерения, системы удаленного ввода-вывода, САУ).

В ГТА и ГПА аналоговые и дискретные сигналы преобразуются в цифровые. Для этого вводятся модули, преобразующие аналоговые и дискретные сигналы в последовательность цифровых кодов состояния, последовательно передающие коды состояния в САУ для регулирования и управления. В модулях преобразования реализуется алгоритм передачи данных по последовательному каналу приема-передачи (Profibus DP, ModBus RTU, Ethernet).

Преимущества: сокращение кабельных линий связи; уменьшение затрат на монтаж и проверки; повышение гибкости наладки, возможность подключения датчиков к произвольным входам; повышение устойчивости по отношению к помехам электромагнитных полей промышленной частоты.

УДК 62.50

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ В НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КАНАЛА

МИНВАЛИЕВ Н.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Распространенным способом управления интенсивностью протекающих в энергетическом оборудовании тепломассообменных процессов является создание нестационарных тепловых и гидродинамических условий. Нестационарные режимы также реализуются в тепловых двигателях, в проточных частях насосов и компрессоров, пневмо- и гидроприводах исполнительных устройств систем управления. Нестационарные процессы характеризуются переменностью гидродинамических и тепловых величин не только во времени, но и по пространству, занятому потоком. Для инженерных расчетов важным является знание динамических характеристик тепловых параметров, а частотная интерпретация переходных процессов весьма удобна при синтезе систем управления.

Алгоритм определения частотных характеристик основан на численном выполнении преобразования Лапласа «реальной» переходной функции, теплофизического параметра полученной экспериментально на специальном стенде с плазменным подогревом теплоносителя. Обработаны по алгоритму и представлены в частотной области динамика температуры стенки канала T_w, удельных тепловых потоков q_w, числа Стантона St и относительного коэффициента теплоотдачи Ψ_{zh}. Вычислительный процесс включает подпрограммы нормализации исходных данных, предварительной обработки переходной функции параметра (сглаживания методом скользящей средней, аппроксимации гладкой функцией и расчета крайних точек), расчета вещественной и мнимой частей, модуля и фазы частотной характеристики, сохранения данных и выдачи на экран. Поскольку спектр «реальной»

ступенчатой функции имеет нули, частотный диапазон ограничен $0 \le \omega \le$ $\le (0{,}5 \div 0{,}8)\pi/t_1$, здесь t_1 – длительность «реального» ступенчатого воздействия.

УДК 681.51:621.311.22

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ В ТРЕНАЖЕРАХ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ

НАУМОВ И.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДЁМИН А.М.

Человеческую мысль можно считать мгновенной при условии, если знания, умения и накопленный опыт их применения, доведенный до автоматизма в своей предметной области, позволяют мысли быть действительно таковой. Соответственно чем меньше опыт, тем медленнее человек мыслит и выполняет свою работу. Поэтому одним из условий достижения целей учебных процессов является развитие такой скорости мышления будущего специалиста, чтобы она соответствовала ее применению в реальном времени.

Для гуманитарных предметов возможно применение скорочтения и скорописи. Но освоение быстро развивающихся техники и технологий затруднительно при растущих требованиях к количеству и качеству новых знаний, к умениям и опыту работы. Времени при ограниченном количестве выделенных для занятий учебных часов обычно слишком мало.

Важным способом «разгона мысли» для некоторых технологических дисциплин могут служить функции управления временем: замедление, ускорение и визуализация только конечного результата.

На основе проведенных исследований тренажеров с функциями управления временем, которые применяются на кафедре АТП ИГЭУ для отработки технологий настройки котельных регуляторов тепловых электростанций, предлагается для обсуждения проблема соотношения их достоинств и недостатков, понимания ограничений использования и возможности снятия этих ограничений.

В результате определено, как в каждом конкретном случае постановки тех или иных задач необходимо определить приоритеты получаемых результатов (освоение технологий наладки регуляторов, сравнение способов определения параметров, адекватность переходных

процессов, точность конечных результатов, влияние наносимых тестовых возмущений, человеческий фактор и т.д.) и в зависимости от этого осуществить выбор способа управления временем, величину его масштабирования и целесообразность комбинирования разных способов.

УДК 622.692.4

ПОТЕРИ НА ПРИСТЕННОЕ ТРЕНИЕ ПРИ ПУЛЬСИРУЮЩИХ РЕЖИМАХ ТЕЧЕНИЯ НЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ С УЧЕТОМ ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЙ

САМОЙЛОВ А.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.;
ст. преп. БОГДАНОВА Н.В.

Минимизация безвозвратных потерь давления на трение потока о стенки трубы имеет важное значение в народном хозяйстве, поскольку протяженность магистралей и затраты энергии на перекачку огромны.

Эксплуатация любых трубопроводов связана с отложением на их стенках загрязняющих осадков. Они уменьшают диаметр трубы, увеличивают шероховатость внутренней поверхности и повышают потери давления на трение при движении потока жидкости. Создание эффектов нестационарности позволяет произвести очистку внутренней поверхности от осадков.

Уменьшение потерь давления нагнетания на трение влияет на выбор оборудования при проектировании теплоэнергетических систем, уменьшает сроки его окупаемости и приводят к сокращению капитальных вложений.

Актуально решение задачи поиска нестационарных гидродинамических режимов частоты и амплитуды пульсаций с учитетом степени затухания колебаний жидкости по длине трубопровода при помощи численного моделирования нестационарного течения жидкости в трубе. Получено, что без учета затухания оптимальным режимом для трубопровода диаметром 0,065 м являются частоты колебания 0, 05 до 0,3 Гц, при которых достигаются наименьшие потери давления. При снижении величины амплитуды колебаний воздействия потери давления также уменьшаются.

Уменьшения потерь давления можно добиться созданием условий, при которых трение становится минимальным, на основании более детальных расчетов, учитывающих воздействие на параметры течения

частоты и амплитуды пульсаций. Чем дальше по длине канала распространяется колебание, тем эффективнее протекает процесс транспортирования готового продукта или флюида.

УДК 532.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА В ТРУБЧАТОМ РЕАКТОРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

СИДОРОВА Ю.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПЛОТНИКОВ В.В.

Математическое описание процесса получения полиэтилена высокого давления, в частности полимеризации этилена, представляет достаточную сложность. С одной стороны высокие значения физических параметров (давления и температуры) и сложность происходящих внутри реактора процессов затрудняют его детальное исследование. Однако именно на этом знании основываются принципы его безопасного и надежного функционирования. На сегодняшний день математические модели активно используются при создании и модернизации систем автоматического управления, поскольку позволяют выявить «тонкие места» процесса и определить оптимальные параметры и режимы управления.

В данном случае предлагается система, в которую включаются уравнения, описывающие гидродинамические (уравнения неразрывности и переноса количества движения), теплофизические (уравнение переноса энергии), кинетические (уравнения баланса масс и молярных масс элементов реакции) свойства процесса. Для описания кинетики условимся считать следующие реакции за ее определяющие: реакция распада инициатора (кислорода) на радикалы, инициирование полимеризации радикалом инициатора, рост цепи полимера, а также обрыв цепи полимера за счет рекомбинации и диспропорции. Поскольку режим протекания полимеризации является турбулентным, то предлагаемая система дополняется двухпараметрической моделью Ментера. К полученным уравнениям задаются граничные условия: гидродинамические, для турбулентного режима, условия прилипания жидкости на стенках канала, тепловые и условия непроницаемости для давления.

Рассматриваемая модель, как и многие предлагаемые, содержит ряд допущений, однако она позволяет с достаточной точностью описать наиболее характерные особенности протекания полимеризационного процесса.

УДК 681.5

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ В ЗАДАЧЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

УСАЧЕВ Д.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГОРНУШКИН А.Р.

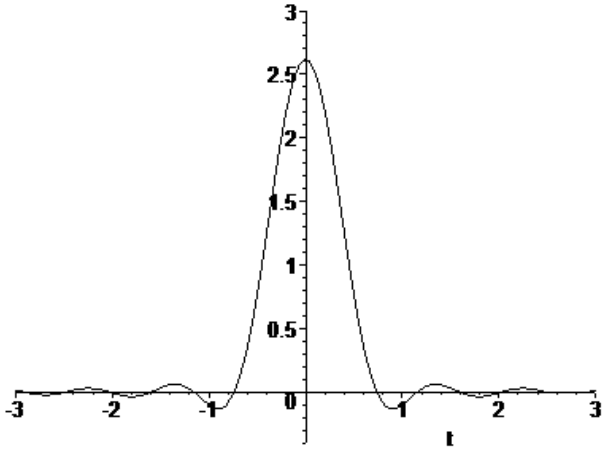
При решении задачи математического моделирования часто возникает необходимость оценки реакции систем на импульсные сигналы. Особый интерес представляет единичный импульс или дельта-функция Дирака $\delta(t)$. Физически этот сигнал не реализуем, но с точки зрения теории он важен, так как реакция системы на дельта-функцию определяет ее импульсную характеристику. Физической интерпретацией $\delta(t)$ может служить импульс единичной интенсивности, действующий в течение промежутка времени τ близ точки $t = 0$ при $\tau \to 0$. Формальное представление дельта-функции как производной функции Хевисайда приводит к бесконечному ряду с нулевым радиусом сходимости. Однако если ввести σ-множители и рассмотреть разложение

$$y_m = \frac{1}{\pi}\left(\frac{1}{2} + \sigma_1 \cos t + \sigma_2 \cos 2t + \ldots + \sigma_{m-1} \cos(m-1)t\right),$$

где σ_k определяется как

$$\sigma_k = \left(\sin\frac{\pi k}{m}\right) \Big/ \left(\frac{\pi k}{m}\right),$$

то мы получим ряд, который можно рассматривать как тригонометрическое представление дельта-функции. В работе рассматриваются особенности представления $\delta(t)$ в виде тригонометрического ряда, оценивается точность воспроизведения дельта-функции в зависимости от числа его членов. На рис. показан пример формирования $\delta(t)$ для 10 членов разложения.



Представление дельта-функции в виде суммы тригонометрического ряда

Проведенный анализ показал возможность использования рассмотренного представления дельта-функции в задачах моделирования систем управления.

УДК 681.515.4

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

ФЕДОТОВ И.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГОЛУБЕВ А.В.

Использование крупных, дорогостоящих программно-технологических комплексов не всегда оправдано как в энергетике, так и в промышленности. Возникает необходимость в более простых и доступных средствах автоматизации в качестве современной альтернативы.

В лаборатории метрологии кафедры систем управления разрабатывается лабораторный стенд, в котором реализуется контроль и автоматическое управление параметрами воздушных потоков средствами современных информационно-измерительных систем. Стенд состоит из U-образной вентиляционной трубы, 2-х задвижек, нагнетателя воздуха, нагревателя. В составе стенда разработана подсистема сбора информации, состоящая из модулей УСО серии ЭЛЕМЕР-EL-4000. Для передачи сигналов от модулей УСО на рабочую станцию используется протокол Modbus RTU. В качестве программного обеспечения системы управления выбрана SCADA система TRACE MODE.

Программный комплекс TRACE MODE позволяет создать операторский интерфейс, реализовать алгоритмы управления в реальном времени и использовать встроенные средства архивирования и логического программирования. Собраны все компоненты стенда, разработана подсистема сбора/обработки информации, реализовано дистанционное управление задвижками с рабочей станции. Стенд служит хорошей базой для изучения особенностей создания алгоритмов управления, освоения принципов метрологических измерений, разработки операторских интерфейсов в SCADA-системах.

УДК 62.50

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПТИМИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО УЧЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

ХАЛФЕЕВ Л.М., АХМЕТОВ И.А., АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. ст. преп. АНОХИНА Е.С.

Состояние материальных запасов и эффективность их использования – одно из главных условий успешной деятельности предприятия. Высокая инфляция, неплатежи и другие кризисные явления вынуждают предприятие изменять свою политику по отношению к материальным запасам, изучать эффективность их использования и хранения.

Одной из основных задач склада является своевременное предоставление товаров и услуг заказчику, обеспечивая максимальный уровень обслуживания. Для бесперебойного обеспечения производства необходимыми материалами, одним из ключевых направлений является качественный учет запасов. Использование традиционных методов учета на складе влечет за собой ряд проблем, таких как отсутствие корректного учета, обеспечение сохранности, затраты на инвентаризацию.

В связи с развитием компьютерных технологий для организации работы склада появляются различные АС учета товаров на складе предприятия, основанные на принципе идентификации. Самыми распространенными в настоящее время являются системы идентификации по средствам нанесения штрих-кода и системы «радиочастотной идентификации (RFID)». В настоящее время набирает популярность система «радиочастотной идентификации (RFID)».

Данная система осуществляет контроль над радиочастотными метками (тегами), на которых записана необходимая информация, считываемая посредствам высокочастотной коммутации с помощью переносного транспондера, с последующей синхронизацией с АРМ.

Реализация данного проекта позволит снизить затраты на проведения инвентаризаций, исключит человеческий фактор при ведении учета, обеспечит сохранность ТМЦ, снизит в целом издержки предприятия связанные с запасами.

УДК 62-776.6

ПУЛЬСАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ

ХАМАТХАНОВ Р.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

При эксплуатации систем отопления и горячего водоснабжения в трубах образуются отложения. Данные отложения является продуктом физических и химических реакций происходящих при циркуляции горячей воды по трубам.

Применение частотно-регулируемого привода циркуляционного насоса в ЦТП для обеспечения самоочистки внутренних поверхностей теплообменных устройств и трубопроводов от отложений.

В существующих центральных тепловых пунктах имеющиеся циркуляционные насосы с частотно-регулируемым приводом не обеспечивают самоочищение внутренних поверхностей трубопроводов из-за того, что частотно-регулируемый привод используется для обеспечения экономии на непроизводительных затратах энергии путем поддержания электродвигателя в режиме оптимального к.п.д., а не для создания пульсации потока воды.

Циркуляционный насос, управляемый частотно-регулируемым приводом, создает пульсации потока воды с определенной частотой и амплитудой, при этом разность скорости движения слоев жидкости увеличивается, возникает высокий градиент скорости в пристеночной области и увеличивается коэффициент трения, что приводит к отрыву и уносу отложений с внутренних поверхностей водоподогревателей и трубопроводов.

Использование данного способа очистки позволит повысить срок межремонтного периода тепловых коммуникаций. В отличие от импульсного метода аналога, в системе не возникают гидравлические

удары, которые могут привести к разрыву и течи соединений. Установка не требует монтажных и демонтажных операций, не используются химические реагенты и термические, акустические и иные воздействия.

УДК 621.314+681.5

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПРИВОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ, ВЫГОДНОЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МЕЖРЕМОНТНОГО ПЕРИОДА ОБОРУДОВАНИЯ

ХАТИПОВА Л.Б., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Частотные преобразователи используются для регулирования скорости вращения асинхронных электродвигателей. Такое регулирование осуществляется путем изменения частоты входного напряжения электродвигателя. Преобразователь (регулятор) частоты (инвертор) способен защитить трехфазный двигатель от резких пиковых нагрузок и перегрузок, что позволяет существенно увеличить срок эксплуатации двигателя.

Кроме того, частотный преобразователь позволяет существенно снизить энергопотребление. Снижение скорости вращения электродвигателя всего на 20 % дает снижение потребления электроэнергии на 50 %.

Управление электродвигателем предполагает автоматизацию всей его работы включая пуск, торможение, реверс и изменение скорости вращения электродвигателя.

Благодаря функциям, встроенным в частотный преобразователь, реализуются достаточно сложные задачи по автоматическому управлению без использования внешних дополнительных устройств. В частотном преобразователе есть несколько встроенных функций защитного назначения для работы с насосными агрегатами – имеется в виду, обнаружение возможных утечек, протекция от сухого хода и т.д. Такие функции способствуют увеличению служебного срока насосных агрегатов и повышению надежности их рабочего процесса (за исключением возможных аварийных остановок). С помощью частотного привода увеличивается служебный срок арматуры и труб. Этому способствует плавный пуск и осуществление остановки насосных агрегатов, включение режима заполнения трубы. Благодаря таким

функциям нет опасности гидравлического удара в пределах системы. Кроме того, существенно увеличивается рабочая надежность общей системы. Благодаря частотному преобразователю увеличивается надежность рабочего процесса системы. А благодаря автоматическому поддержанию уровня давления в необходимых пределах снижается риск внезапного порыва в трубопроводной сети.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

ХАФИЗОВ А.М., УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БАШИРОВ М.Г.

Современное предприятие нефтегазовой отрасли представляет собой сложную техническую систему опасных производственных объектов, от технического состояния которых во многом зависит непрерывность и безопасность технологических процессов.

В данной работе представлена автоматизированная система управления техническим состоянием и безопасностью эксплуатации оборудования и агрегатов на основе эмулятора технологических процессов Honeywell UNISIM Design. Для решения задач диагностирования используется модуль мониторинга производительности ARPM, позволяющий осуществлять мониторинг эксплуатационных показателей технологических установок нефтегазовой промышленности. Использование ARPM дает следующие возможности: диагностика основных причин ухудшения технологического процесса; прогнозирование необходимости проведения технического обслуживания; мониторинг рабочих характеристик оборудования и сравнение их с расчетными значениями; идентификация неисправных приборов и быстрое устранение технологических проблем; использование возможностей интеллектуальных датчиков для вычисления неизменяемых технологических параметров; отслеживание фактических показателей работы и их сравнение с плановыми показателями и определение значений отклонений.

УДК 681.5

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ MAPLE

ШАТСКИХ В.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. ст. преп. ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Во многих областях теории автоматического управления возникает потребность проведения частотного анализа, т.е. построения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик объектов и систем управления, а также амплитудных и фазовых спектров для различных сигналов. При этом необходимые преобразования уместно проводить с помощью различных систем компьютерной математики (СКМ), среди которых одной из наиболее мощных и популярных является система Maple. Эта СКМ предоставляет пользователю широчайший набор возможностей по проведению символьных и численных преобразований, но иногда от пользователя требуется учет специфики работы этой системы. В полной мере это верно и для задач частотного анализа, причем здесь необходимо выделить две основные проблемы.

Во-первых, основой частотного анализа является проведение преобразования Фурье, заключающееся в вычислении соответствующего интеграла. Для этого в Maple предусмотрена функция *fourier* пакета *inttrans*. Но при этом в результате преобразования необъяснимым образом часто присутствует дельта-функция (функция Дирака). Например, так происходит для функции $f(t) = t \cdot \cos(t)$. Решить эту проблему можно следующим образом. Сначала необходимо провести для рассматриваемой функции преобразование Лапласа (функция *laplace*), а затем произвести в полученном выражении замену оператора Лапласа на произведение мнимой единицы на частоту. При этом получаемые результаты полностью совпадают с табличными выражениями.

Во-вторых, построение фазовых характеристик требует нахождения фазы комплексного выражения. Стандартной для этого является функция *argument*, дающая корректный результат только при нахождении комплексного числа в первом или четвертом квадрантах комплексной плоскости. При этом при попадании в другие квадранты в графиках фазовых функций появляются разрывы, не всегда свойственные реальным объектам и сигналам. Поэтому для построения подобных функций необходимо самостоятельно описывать выражения для фазы (с учетом

того, в какой квадрант комплексной плоскости попадает годограф частотной характеристики), используя для этого аппарат кусочных функций.

УДК 658.52

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЗДАНИЙ

ВОРОНЦОВ А.А., ШАКИРОВ Р.А., АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. ст. преп. АНОХИНА Е.С.

Современные инженерные системы зданий взаимодействуют с окружающей средой и обеспечивают жизнеобеспечение и комфорт находящихся в них людей.

С каждым годом разработчики инженерных систем совершенствуют их и добавляют новые системы и функции. Если раньше необходимый минимум инженерных систем зданий составляли система водоснабжения и водоотведения, отопления и электроснабжения, то в настоящее время количество инженерных систем зданий может превышать более 20, сюда относятся приточно-вытяжная вентиляция, кондиционирование и микроклимат, связь и СКС (интернет, телефония, телевидение, домофоны), видеонаблюдение, контроль доступа, внутреннего освещения, внешнего освещения, аварийного освещения, бесперебойное электроснабжение, учет потребления водных ресурсов, учет потребления энергоресурсов, лифтовое оборудование, часофикация, метеостанции, газоснабжение, контроль загазованности и др.

Актуальность темы данной работы заключается в том, что современная автоматизированная система диспетчеризации зданий, или «система управления зданием» (англ. Building Management System – BMS) обеспечивает централизованный оперативный контроль за всеми представленными разрозненными инженерными системами, позволяет им работать в едином комплексе, осуществлять между собой обмен данными и контролировать и управлять из единой диспетчерской, таким образом решая эксплуатационные проблемы: оптимизация энергопотребления, снижение простоев оборудования и повышение его надежности в работе, снижение расходов на обслуживание инженерных систем зданий, повышение экологичности зданий.

Система диспетчеризации инженерного оборудования зданий, основана на применении современных средств передачи и обработки информации, представляет собой программно-аппаратный комплекс осуществляющий сбор, хранение и анализ данных от различных систем здания, а также управление работой этих систем через сетевые контроллеры (процессоры).

УДК 681.51:621.311.22

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ С МАШТАБИРОВАНИЕМ ВРЕМЕНИ

ТЕПЛОВ И.А., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДЕМИН А.М.

Современные АСУТП, микропроцессорные средства управления технологическими процессами (контроллеры), их эмуляторы, тренажеры в учебных центрах работают в реальном времени. Однако специалисты могут работать гораздо быстрее, прогнозируя наперед результаты еще только начинающих изменяться процессов. Чтобы экономить время, научиться мыслить и работать быстрее, мы можем использовать современные программные средства моделирования, которые позволяют масштабировать время протекания технологических процессов.

При выборе способа управления временем, величины его масштабирования и характера отображения результатов необходимо исходить из поставленной задачи: освоение технологий наладки регуляторов, сравнение способов определения параметров, адекватность переходных процессов, точность конечных результатов, влияние наносимых тестовых возмущений, воздействие человеческого фактора и т.д. Именно это позволяет понять проявления тех или иных ограничений на применение функций управления временем и актуальность снятия этих ограничений.

Очевидно, что на тренажерах реального времени отрабатываются технологии адекватного взаимодействия человека и автоматизированного оборудования, которые соответствуют действительным процессам.

На тренажерах с возможностью ускорения времени протекания технологических процессов человек продолжает работать и вмешиваться в эти процессы в реальном времени, т.е. существенным является влияние человеческого фактора. Например, по нормативным требованиям

нанесение возмущений и производимых переключений должно проводиться по заданным условиям, точное соблюдение которых затруднительно в ускоренном режиме работы и влияет на оценки точности работы систем регулирования, а значит и на определение параметров настройки систем.

На примере тренажера АСР уровня в барабане котла ТЭС на аппаратуре ПРОТАР проведено исследование, которое показало влияние скорости вычислений в нем и отображения результатов с точки зрения взаимодействия с человеком, работающим в реальном времени.

УДК 004.8:[621.31+622.276.53]

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА И ПОДГОТОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА БАЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

САГДАТУЛЛИН А.М., АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КАЯШЕВ А.И.;
канд. хим. наук, доц. ЕМЕКЕЕВ А.А.

Нефтегазодобывающая отрасль является основным потребителем электроэнергии в сферах промышленности и народного хозяйства России. Затраты на электроэнергию составляют существенную часть в общей доле затрат нефтегазодобывающих предприятий (НГДП), так как НГДП характеризуется энергоемкими и сложными с точки зрения управления технологическими процессами, включающими добычу, транспорт и переработку углеводородного сырья. Согласно проведенному исследованию затраты энергии только на транспорт нефтепродуктов составляет 20–30 % в общей доле затрат на электроэнергию от добычи нефти, что делает проблему энергосбережения весьма актуальной, особенно в условиях вступления в силу закона РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Целью данной работы является энергосбережение в процессах транспорта и подготовки нефтепродуктов. Для достижения указанной цели предполагается решить следующие ключевые задачи:

– исследовать рассматриваемый объект как объект управления и выделить его ключевые характеристики;

– исследовать схемы автоматизации, применяемые в настоящий момент для управления насосными агрегатами с высоковольтными асинхронными электродвигателями;

– разработать новый подход к автоматизации рассматриваемого объекта и предложить новую принципиальную схему;

– разработать интеллектуальную систему управления электроприводом исследуемой насосной станции.

Расчет годового ожидаемого экономического эффекта показал, что решение поставленных задач позволит экономить более 970 тыс. руб/год при снижении потребляемой электрической энергии более 510 тыс. кВт·ч/год.

По результатам исследований предлагаемой научной работы получен патент РФ № 2013131974/07 (047770). Дата подачи заявки 09.07.2013.

СЕКЦИЯ 7. ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 621.1

КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОЖУХОТРУБЧАТОГО ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ

БУРАВОВА Е.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПОПКОВА О.С.

Рассматривается горизонтальный кожухотрубчатый водоподогреватель системы горячего водоснабжения промпредприятия. Исходные данные: температура воды на входе в теплообменник $t_в' = 20$ °С, на выходе $t_в''$=70 °С; давление греющего пара $p_п$ = 0,4 МПа; объемный расход воды V = 0,03 м^3/с; число Рейнольдса Re = $2 \cdot 10^4$; относительная высота выступа h/D = 0,07; относительный шаг выступа t/h = 32,89.

Оптимизация теплообменника проводится только для воды в трубах, поэтому гидропотери рассчитываются для течения в трубном пространстве. Общие потери давления в потоке воды определяются суммой потерь на трение и на местные сопротивления:

$$\Delta P = \left[\frac{\varepsilon\left(\rho_B \cdot w_{ср}^2\right)}{2}\right] \cdot \left(\frac{l}{D}\right) \cdot Z + \left(\varepsilon_{M_1} + \varepsilon_{M_2}\right) \cdot \frac{\rho_B \cdot w_{ср}^2}{2} = 6503 \text{ Па}$$

где ε_{M_1} – коэффициент местного сопротивления входа и выхода воды в трубах; ε_{M_2} – коэффициент местного сопротивления поворота потока в водяных камерах.

$$\varepsilon_{M_1} = 1{,}5 \cdot Z = 1{,}5 \cdot 4 = 6; \quad \varepsilon_{M_2} = 2{,}5 \cdot (4-1) = 7{,}5.$$

По известному гидросопротивлению потока воды, рассчитывается мощность, необходимая для прокачивания воды через теплообменник:

$$N = V \cdot \Delta P = 195{,}1 \text{Вт}.$$

Для сравнения эффективности теплообменного аппарата находится энергетический коэффициент *E*:

$$E = Q/N = 31850.$$

Сравнивается коэффициент эффективности с ТА на гладких трубах.

Подогреватель пароводяной ПСВ-45-7-15: $Q_{гл}$ = 8,37·10^6 Вт; $G_{гл}$ = 90 т/ч; $F_{гл}$ = 45 (м^2); $N_{гл}$ = 490 Вт.

$$E_{\text{ГЛ}} = Q_{\text{ГЛ}} / N_{\text{ГЛ}} = 17080.$$

Отношение эффективности ДШК и гладкого канала будет:

$$E/E_{\text{ГЛ}} = 1{,}865.$$

УДК 536.412

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ВЯЗКОСТЬ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОВ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 50 МПа

ЗИННАТУЛЛИН А.И., КНИТУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ШАМСЕТДИНОВ Ф.Н.;
канд. техн. наук, доц. РАДАЕВ А.В.

Для обеспечения устойчивой добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья необходимым условием является разработка технологических процессов, направленных на снижение энергозатрат и потерь в трубопроводных системах. Последнее достигается путем снижения вязкости сырья до состояния подвижности.

Внедрение современных сверхкритических флюидных (СКФ) технологий позволяет решить многие вопросы движения потока с точки зрения энергоресурсосбережения и экологии. При гидродинамическом

проектировании и расчетах трубопроводных коммуникаций в присутствии сверхкритического реагента необходимо располагать надежными справочными данными по транспортным свойствам (вязкость, теплопроводность) в широком диапазоне изменения температур и давлений. С целью исследования вязкости газонасыщенных жидких углеводородов в интервале температур 298–473 К и давлений до 50 МПа разработана экспериментальная установка, которая состоит из следующих основных узлов: вискозиметрического сосуда, системы создания и измерения давления, системы измерения и регулирования температуры и схемы автоматического измерения времени падения груза.

Для подтверждения достоверности исследований коэффициентов динамической вязкости ηбыли выполнены контрольные измерения н-гексана, марки ХЧ (n_D^{20} = 1,3749, ρ^{25} = 659,1 кг/м^3) и воды (n_D^{20} = 1,3329, ρ^{25} = 997,1 кг/м^3) в широком диапазоне изменения давлений и температур, для которых в литературе имеются надежные экспериментальные данные. Расхождения в среднем не превышают ±2 %, это в пределах суммарной ошибки измерений.

УДК 66.045

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕТЕПЛООБМЕНА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

ИВАНОВА О.Э., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.

Если через слой сыпучего вещества начать пропускать газ или жидкость, то по достижении определенного значения величины скорости газового потока (потока жидкости) частицы начнут двигаться, напоминая собой движение жидкости. Такой слой называется псевдоожиженным. Преимущества промышленного использования аппаратов псевдоожиженного слоя заключается в конструктивной простоте при повышенных свойствах тепломассообмена. Подобные аппараты используются в химической промышленности при температурозависимых реакциях, когда необходимая температура слоя поддерживается непрерывной циркуляцией твердых частиц. Как правило, подогретые частицы подаются сверху на слоя, где начинается теплообмен с находящимися в аппарате частицами и протекающим сквозь аппарат газом.

Наличие в псевдоожиженном слое мелких частиц, скорость витания которых меньше скорости несущей газовой фазы, кардинально меняет картину поля распределения температуры. Мелкие частицы, в отличии от осредненных частиц слоя, циркулируют во всем объеме аппарата, моментально увлекая поступившие разогретые частицы в циркуляционные потоки. В настоящей работе проведены численные расчеты модели аппарата псевдоожиженного слоя с учетом теплообмена с непрерывно подаваемой дискретной фазой. Расчеты проводились при различных условиях подачи газа, концентрации и размера твердых частиц для случаев монодисперсного и полидисперсного слоев. Проведен анализ влияния состава дискретной фазы на гидродинамические и температурные характеристики.

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ДИСКРЕТНО-ШЕРОХОВАТОМ КАНАЛЕ ПРИ НАЛОЖЕННЫХ ПУЛЬСАЦИЯХ ПОТОКА

КОЛЧИН С.А., ИЦПЭ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МИХЕЕВ Н.И.

В современных энергетических установках часто возникают пульсирующие потоки. В ряде случаев подобные течения создаются преднамеренно, например недавно обнаружен эффект дополнительной интенсификации теплообмена при обтекании дискретно-шероховатой стенки пульсирующим потоком. Под влиянием пульсаций потока удавалось дополнительно увеличить коэффициент теплоотдачи в дискретно шероховатом канале в 1,5 раза по сравнению со стационарным режимом при таком же расходе теплоносителя. С ростом коэффициента теплоотдачи α увеличивается и коэффициент гидравлического сопротивления ξ.

Данная работа посвящена исследованию гидравлического сопротивления в дискретно-шероховатом канале при наложенных пульсациях потока. Эксперименты проводились на установке, рабочий участок которой представлял собой дискретно-шероховатый канал длинной L = 6160 мм с полукруглыми выступами. Внутренний диаметр канала D = 105 мм, диаметр выступов d = 94 мм (d/D = 0,895),

шаг выступов t = 243 мм (t/D = 2,3), радиус в сечении выступа r = 8 мм. К выходному отверстию рабочего участка герметично крепилось устройство создающее пульсации (пульсатор). За пульсатором устанавливался ресивер, в котором происходило затухание колебаний. Расход воздуха в установке обеспечивался компрессором, работающим на всасывание.

В работе проводились измерения перепада статического давления прибором ПРОМА-ИДМ, амплитуда пульсаций скорости определялась на основе термоанемометрических измерений, расход воздуха определялся при помощи ультразвукового расходомера ИРВИС-РС4-Ультра. Коэффициент гидравлического сопротивления определялся по формуле Дарси-Вейсбаха.

Было проведено сравнение результатов экспериментов с теоретической зависимостью для стационарного течения Блазиуса для 4000 <Re< 100000. Расхождение с зависимостью не превышало 5 %.

В экспериментах число Рейнольдса Re в рабочем участке изменялось в пределах 11000–41000, число Струхаля Sh 1–4 и относительная амплитуда $\beta = A_u/u$ 0,03–0,7, где A_u – амплитуда пульсаций скорости (м/с), u – скорость в рабочем участке (м/с). При пульсациях потока коэффициент гидравлического сопротивления повысился в 2 раза по сравнению со стационарным режимом. Установлено, что с ростом β коэффициент гидравлического сопротивления ξ увеличивается.

УДК 628.3

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД С БЛОКОВ ОБРАТНОГО ОСМОСА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ RALEX EWTU TWINLINE 90

КИРЕЕВА Р.М., КГЭУ, г. Казань

Блок EWTU был разработан и сконструирован для опреснения сточных вод. Опресненный ток воды (дилуат) направляется для использования на завод, в то время как концентрат (засоленный ток воды) в дальнейшем концентрируется с помощью технологии RO и кристаллизатора.

Опреснение достигается с помощью воздействия равномерного электрического тока на систему ионообменных мембран, расположенных в электродиализаторах (ЭДИ). Они последовательно и параллельно

подключены в пары линий, которые совместно с базовыми распределениями составляют собственный блок EWTU. Блок EWTU с точки зрения процесса ограничен баками фильтратов (входной воды), дилуата и концентрата. Номинальные параметры блока EWTU:

перерабатываемое количество:	532 $м^3 \cdot ч^{-1}$
солесодержание сырья:	1080–308 $мг.л^{-1}$
солесодержание продукта:	менее чем 500 $мг.л^{-1}$
выход воды:	минимально 85 %
рабочая температура:	25 °C

Упрощенное описание функциональности блока EWTU

Принцип опреснения воды заключается в транспортировке ионов через специальную мембрану с помощью постоянного электрического тока. Для его внедрения в систему служат широкоформатные рабочие электроды. Они омываются небольшим количеством переработанной воды. Раствор, выходящий из электродных камер, попадает в небольшие деаэраторные баки. В них он избавляется от электродных газов и направляется в контур с концентратом в качестве дополнительной воды для разбавления.

Элементом, обеспечивающим рабочую безопасность, является автоматически проводимое периодическое изменение полярности напряжения, вкладываемого в мембранные связки. Эта операция предназначена для регулярной очистки поверхности мембран от возможных налетов. Она проводится системой управления 2–3 раза в час.

На Казанской ТЭЦ-2 экспериментальным путем направляли концентрат обратного осмоса на «пилотную» установку ЭДИ. В ходе испытаний выявлено существенное снижение железа, общей щелочности, кремнекислоты и электропроводности. Отсюда можно сделать вывод, что качество воды после ЭДИ удовлетворяет качеству для направления дилуата обратно в блок обратного осмоса, что приводит к снижению собственных нужд химического цеха.

УДК 536.24

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ В КАНАЛАХ С СИСТЕМАМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВЫЕМОК

МАРДАНОВА А.М., КГЭУ, ГАБДРАХМАНОВ И.Р.,
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ПОПОВ И.А.;
канд. техн. наук, доц. ЩЕЛЧКОВ А.В.

В работе представлены результаты экспериментального исследования интенсификации теплоотдачи в каналах систем охлаждения за счет использования систем цилиндрических выемок (рис. 1 и 2). Эксперименты проведены в щелевом канале длиной L = 196 мм ($L/D_Г$ = 49, $D_Г$ – гидравлический диаметр канала), высотой H = 2 мм, шириной B = 98 мм с внезапным входом. Размеры цилиндрических выемок – глубина h = 1,5–8 мм, диаметр D = 15 мм. Исследования проведены при ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения (Re = ρw$D_Г$ = 200–20000).

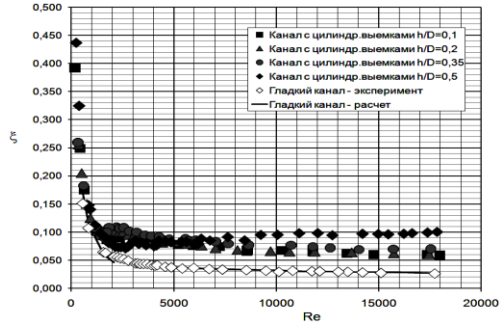


Рис. 1. Экспериментальные данные по гидравлическому сопротивлению

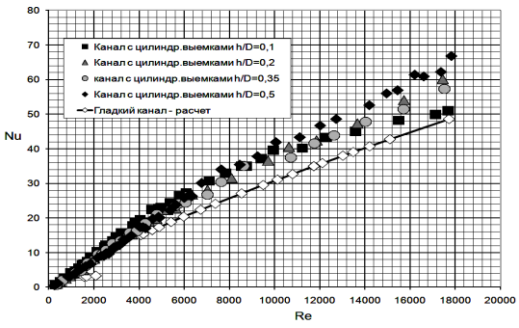


Рис. 2. Экспериментальные данные по осредненной теплоотдаче

Анализ результатов экспериментов показал, что нанесение цилиндрических выемок увеличило уровень эффективной теплоотдачи (с учетом развития поверхности) в канале до 36 %. При этом с увеличением относительной глубины выемки h/D увеличивается теплоотдача с соизмеримым ростом гидросопротивления. Для расчета гидросопротивления и теплоотдачи предложены обобщающие зависимости, описывающие экспериментальные данные с отклонением не более ±10 % при доверительной вероятности 0,95:

– для Re=200–2000: $\xi = \dfrac{22{,}5}{\mathrm{Re}^{0{,}752}}$,

– для Re=2500-20000: $\xi = \dfrac{0{,}557}{\mathrm{Re}^{0{,}253}}\left(\dfrac{h}{D}\right)^{0{,}095}$,

$\mathrm{Nu} = 0{,}0164\,\mathrm{Re}^{0{,}85}\left(\dfrac{h}{D}\right)^{0{,}07}$.

УДК 621.1

ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ МОЛЕКУЛ $ЭF_3$ В КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВОЗБУЖДЕННОМ СОСТОЯНИИ

ПЕРЦЕВ Е.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. ХАЛИТОВ Ф.Г.

Экспериментально измеряемыми параметрами в молекулярной спектроскопии являются спектральный состав и интенсивность излучения. На практике основная информация о коэффициентах поглощения определяется путем проведения трудоемких экспериментов. В то же время интерес к работам в области теплообмена излучением сохраняется. Поэтому получение достоверных величин интенсивностей теоретическим путем по моделям, позволяющим оценить и рассчитать эти коэффициенты, остается актуальным. Одной из теорий является квантовая механика. Расчеты проводятся многообразными методами с использованием различных базисов. Однако результаты расчетов даже для простейших молекул существенно отличаются в зависимости от используемого выбора параметров.

Второй путь – это расчет частот и форм нормальных колебаний с последующим вычислением электрооптических параметров (производных дипольных моментов от нормальных или естественных координат).

Согласно теории из формулы [1],

$$A = \frac{8\pi^3 N\nu}{3hc} = \left\langle 0\left|\Delta\mu\right|1\right\rangle^2. \qquad (1)$$

абсолютная интенсивность A в колебательных спектрах определяется величиной изменения дипольного момента $\Delta\mu$ при рассматриваемой полосе с частотой ν.

В работе проведена оценка величин Δμ, связанных с интенсивностями поглощения в колебательных спектрах молекул $ЭF_3$ (Э = N, P, As, Sb). По эмпирически полученным функциям зависимостей валентных углов α и дипольных моментов μ от потенциалов ионизации электронов определены изменения дипольных моментов молекул (Δμ) при симметричных валентных (ν_s) и деформационных (δ_s) колебаниях. Рассчитанные значения Δμ позволили оценить величины абсолютных интенсивностей A полос ν_s и δ_s. Полученные данные согласуются с экспериментально измеренными величинами для полос поглощения ν_s и δ_s молекул NF_3 и AsF_3.

УДК 533.2(075.8)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА СЖИЖЕННОГО ПРОПАНА ЧЕРЕЗ ТРЕЩИНУ В СТЕНКЕ

ПОПКОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. ЯКИМОВ Н.Д.

Рассматривается процесс истечения сжиженного пропана через трещину в стенке трубы. Из-за снижения давления движущийся пропан вскипает и частично переходит в паровую фазу со значительным охлаждением смеси. Это, в частности, может привести к возникновению дополнительных термических напряжений в стенке, опасных для ее прочности.

Целью работы является математическая постановка задачи об истечении сжиженного пропана через трещину и исследование основных свойств этого процесса.

Трещина моделируется плоской щелью с параллельными стенками. Течение в ней парожидкостной смеси рассматривается в одномерной стационарной постановке. Модель процесса включает два дифференциальных уравнения – уравнение движения и уравнение энергии, а также дополнительные замыкающие соотношения. В дифференциальном уравнении движения описывается изменение давления в потоке при действии инерции и трения о стенки. В уравнении энергии – изменение внутренней энергии движущейся парожидкостной смеси с учетом фазового перехода.

Проведено исследование свойств решения, определены возможные режимы и схемы течения. Для построения интегралов уравнений потребовалось преобразование замыкающихся соотношений к форме, пригодной для аналитических выкладок и численных расчетов. Разработан алгоритм решения полученной системы уравнений, выполнены тестовые расчеты.

УДК 532.517.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ СКОРОСТЕЙ

САУШИН И.И., ИЦПЭ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МИХЕЕВ Н.И.

В современной аэрогидромеханике турбулентность является уже сложившейся областью знаний, которая несет в себе ценные сведения для инженерной практики. Широко распространенные сегодня коммерческие гидродинамические пакеты невозможно представить без обширного списка моделей турбулентностей с большим числом различных регулируемых параметров. В 1998 г. в Оксфорде на международном семинаре по проблемам вычислительной гидродинамики моделирование турбулентности было признано одним из приоритетных направлений развития, но расчет турбулентных течений продолжает оставаться сложнейшей задачей механики сплошной среды и в настоящее время. Решение этой задачи важно для ряда ключевых отраслей промышленности. Важным является и точность полученных результатов, требования к которым возрастает с каждым годом.

Одним из методов по повышению точности является модификация классических полуэмпирических RANS (Reynolds Average Navier-Stokes) моделей турбулентности. Авторами данной работы предлагается новая методика модификации, основанная на обработке экспериментальных данных по полям скорости потока, полученных с помощью оптических методов измерений. Применение этой методики позволяет настроить модель турбулентности под конкретную исследуемую задачу, что повышает точность расчетов, не изменяя при этом времени на его проведение. Результаты исследования показали, что при оценке параметров моделей необходимо использование весовых коэффициентов, которые выравнивают порядок невязок уравнений входящих в модель турбулентности. В качестве исходных моделей предлагаются модели турбулентности k-ε и k-ω Standart.

Класс задач, интересующий авторов, – это пульсационные течения в дискретно-шероховатых каналах и обтекание различных тел и уступов пульсационным потоком, а также исследование возникающего при этом процесса теплообмена.

УДК 533.17:621.431.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИКИ ВНУТРЕННЕГО ТЕЧЕНИЯ В ДВУХКОНТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

СОКОЛОВА О.А., РГАТУ им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ПИРАЛИШВИЛИ Ш.А.

Вихревая труба с дополнительным потоком (или двухконтурная вихревая труба) является наиболее эффективной по энергоразделению. Ее термогазодинамические характеристики заметно отличаются от аналогичных характеристик для противоточных труб. Подвод дополнительных масс газа в приосевую зону приводит к увеличению массовой доли охлажденного потока, и, соответственно, увеличению холодопроизводительности и адиабатного к.п.д. ($\varphi_{ад}$) вихревой трубы.

Задачей настоящего численного исследования является изучение макро- и микроструктуры течения в двухконтурной вихревой трубе.

В результате визуализации картины течения в камере энергоразделения двухконтурной вихревой трубы наблюдается два закрученных потока. Периферийный поток движется от соплового ввода к щелевому зазору, а приосевой – в обратном направлении. В потоке формируются крупномасштабные вихревые структуры, вторичные течения в виде торообразных вихревых структур. Окружная компонента скорости превосходит осевую, осевая составляющая скорости периферийного вихря по мере удаления от соплового ввода к дросселю изменяется незначительно, а затухание вращательного движения более существенно, что приводит к росту шага винтовых линий. Радиальный градиент давления от соплового сечения к дросселю падает, а статическое давление на оси растет, вызывая появление осевого градиента давления, направленного от дросселя к оси диафрагмы. Четко прослеживается граница раздела потоков. Статическое и полное давления возрастают по мере удаления от оси камеры энергетического разделения. Вдоль оси от сечения соплового ввода к дросселю уровень давления падает,

снижается и уровень скоростей, что приводит практически к равномерному распределению давления по сечению и к равенству статического и полного давлений на «горячем» конце трубы. Радиальные градиенты статического давления и полной температуры снижаются от сечения соплового ввода к сечению дросселя.

Полученные численным расчетом результаты могут быть использованы для уточнения физической модели и методики расчета характеристик вихревых труб.

УДК 519.63:532:536

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ УДАРНЫХ ВОЛН В ИНЕРТНЫХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ГАЗОВЗВЕСЯХ

ТУКМАКОВ Д.А., ИММ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, ГУБАЙДУЛЛИН Д.А.

Описание динамики гетерогенных сред необходимо для определения физико-химических закономерностей во многих областях человеческой деятельности: в процессах химических технологий, в порошковой металлургии, рудничной аэрогазодинамике, и в других областях науки и техники. Теоретическое исследование нуждается в абстрагировании от некоторых признаков реального объекта. В данной работе используются основные допущения, предполагаемые при изучении нестационарного плоского одномерного движения смеси газа и инертных твердых сферических частиц. В рамках принятых предположений осуществлена запись дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих динамику газовзвеси с конечным числом фракций частиц. В качестве уравнений состояния для дисперсной и несущей фаз принимаются уравнения идеального калорически совершенного газа и несжимаемых твердых частиц. Межфазное взаимодействие включает в себя обмен импульсом и теплом. Замкнутая система дифференциальных уравнений приведена к безразмерному виду. Движение несущей среды определяется уравнением Навье-Стокса. Система уравнений, записанная в обобщенных криволинейных координатах, решалась явным конечно-разностным методом второго порядка точности, для получения монотонного решения применялась схема нелинейной коррекции после каждого шага по времени.

УДК 544.169

ПОТЕНЦИАЛЫ ИОНИЗАЦИИ И МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

ХАЛИТОВА М.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КРУГЛОВ В.И.

Информация об энергиях межмолекулярных взаимодействий является необходимой для решения реальных уравнений состояния рабочих тел и расчета различных теплофизических параметров. Сведения о межмолекулярных взаимодействиях получают различными физическими методами из экспериментов. Но все эти методы дают косвенную информацию и не позволяют установить природу взаимодействий. Поэтому целесообразным являются поиски корреляционных зависимостей между энергиями межмолекулярных взаимодействий и различными молекулярными характеристиками, которые могут отражать особенности строения взаимодействующих молекул.

Известно, что в фотоэлектронных спектрах трех координированных симметричных производных $ЭX_3$ (Э = N, P, As, Sb) имеется полоса, соответствующая первому потенциалу ионизации, которая идентифицируется с выбиванием электрона n-орбитали и отрывом электрона неподеленной электронной пары (НЭП), характеризуя ее энергию и в значительной мере зависит от валентных углов и гибридизации Э. Также было показано, что для молекул $ЭX_3$ и $ЭX_2$ между величинами разности первых потенциалов иониизации атома Э и молекулы ΔE наблюдаются зависимости с валентными углами (α) и с дипольными моментами (μ) для рядов соединений $ЭX_3$ (Э = N,P,As,Sb; X = F,Cl,Br,I,CH_3) и $ЭX_2$ (Э = O,S,Se,Te; X = CH_3) и характеризуют их структурное и электронное строение.

Поэтому можно ожидать, что энергии межмолекулярных взаимодействий ΔH (ккал/моль) с участием неподеленных электронных пар будут изменяться с варьированием значений ΔE. В работе приведены результаты корреляций между величинами энергии межмолекулярных взаимодействий ΔH и потенциалами ионизации ΔE. Показано, что наблюдаемые зависимости между ΔH и ΔE для универсальных (ван-дер-ваальсовых) и специфических (водородных связей) взаимодействий различаются.

Для водородных связей с фенолом и тиофенолом, согласно ожидаемому, уменьшение ΔE приводит к понижению ΔH в рядах Э = N→P →As →Sb и Э = O→S→Se→Te. В случае универсальных взаимодействий для $ЭX_3$ Э = As,Sb; X = Cl,Br,I картина усложняется.

Во всех случаях повышение ΔH связано с увеличением поляризуемости молекул.

УДК 536.21

ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЕ В ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ СИСТЕМАХ С СОСТАВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ЧЕРНОУХОВ П.А., ВГЛТА, г. Воронеж
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ПОПОВ В.М.

В процессе проектирования современного энергетического оборудования часто требуется надежная теплоизоляция в системах с составными элементами. Применяемые для этих целей тепловые экраны в виде прокладок из теплоизоляционных материалов между металлическими поверхностями, не всегда обеспечивают надежность работы систем.

В качестве заполнителей межконтактных соединений предлагается использовать сетчатые экраны из металлической проволоки. Для получения информации о формировании контактных термосопротивлений R_k в зонах раздела с сетчатыми заполнителями в зависимости от давления P проведены исследования на установке по изучению контактного теплообмена. Исследовались контактные пары из сплава Д16Т. В зону раздела помещались сетки из нержавеющей стали, железа, латуни и прокладки из стеклоткани и асбеста.

Зависимость для пары из сплава Д16Т для заполнителей $R_к = f(P)$:
1 – асбест (δ = 0,43 мм); 2 – железная сетка (δ = 0,75 мм, размер ячейки 1 мм × 1 мм); 3 – с оксидной пленкой; 4 – нержавеющая сталь (δ = 0,88 мм, 1 мм × 1 мм); 5 – нержавеющая сталь (δ = 0,39 мм, 0,5 мм × 0,5 мм); 6 – нержавеющая сталь (δ = 0,13 мм, 0,05 мм × 0,05 мм); 7 – сетка латунная (δ = 0,6 мм, 0,5 мм × 0,5 мм); 8 – сетка латунная (δ = 0,19 мм, 0,05 мм × 0,05 мм); 9 – стеклоткань (δ = 0,29 мм); штриховая линия – непосредственный контакт. $T_k = 338$ К

Из анализа рисунка следует, что наибольший эффект повышения R_k характерен для соединений с сеткой из нержавеющей стали из проволоки наибольшей толщины.

Таким образом, можно утверждать, что использование сетчатых экранов как теплоизоляторов и особенно для соединений, работающих в режиме высоких механических нагрузок, более эффективно, чем применение неметаллических теплоизоляционных материалов.

УДК 519.85:662

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕАГИРУЮЩЕЙ КАПЛИ С ГАЗОМ

ШАЙМУХАМЕТОВА А.Ш., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПОПКОВА О.С.

Рассматривается цилиндрическая трубка длины L диаметра d, причем d << L. Ось трубки 0ξ наклонена к горизонту под углом α. В сечении $\xi = l$ имеется теплоподвод шириной δ (трубка Рийке). Схема трубки и положение капли представлены на рисунке. Концы трубки остаются открытыми, давление на входе и выходе полагаются постоянными.

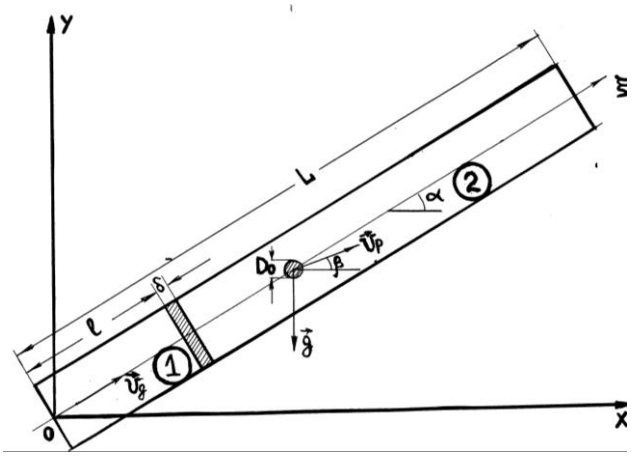


Схема трубки Рийке

Тепловой источник ширины δ делит течение на две зоны. Течения газа в каждой из зон описываются в акустическом приближении. Решения соответствующих волновых уравнений при выполнении соответствующих граничных условий на концах трубы и в сечении $\xi = \delta$ дают пульсирующие значения скоростей и давлений.

Объемное содержание реагирующих капель в газе полагается малым, воздействием со стороны капли на газ пренебрегается. В модели учитываются силы аэродинамического взаимодействия капли с пульсирующим потоком газа и сила тяжести капли.

Система уравнений движения капли совместно с уравнением испарения капли решаются численно методом конечных разностей.

УДК 534.64

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУШИТЕЛЯ ШУМА

ТЕЛЯШОВ Д.А., ХАЛИУЛИН Р.Р., КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ПАВЛОВ Г.И.

В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования и теоретические расчеты глушителя, разработанного по новой ранее неизвестной схеме. Разработаны две конструктивные схемы глушителя – коническая и схема с псевдокипящим слоем.

Экспериментально определены их гидродинамические и акустические характеристики. Установлено, что глушитель конического типа имеет улучшенные акустические характеристики. Псевдокипящий слой способствует уменьшению шума в широком диапазоне частот. Примечательно то, что гидродинамические потери при этом снижаются незначительно. Для разработанного глушителя получены следующие характеристики: коэффициент шумопоглощения в 2 раза выше, чем у стандартного устройства (15 децибел против 8). Предлагаемое устройство практически не влияет на падение мощности ДВС, теряется всего 0,03 % от мощности. Было рассчитано гидравлическое сопротивление, которое показало, что глушитель имеет низкие потери.

Были проведены расчеты в программном комплексе «Ansys Fluent», результаты которого показали, что параметры газового потока в тракте движения газов распределяются равномерно. Из картины полученных спектров акустического сигнала можно выявить «энергонесущие» частоты, амплитуды которых необходимо уменьшать.

СЕКЦИЯ 8. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

УДК 658.26

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ПАРОВОГО КОТЛА С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

АКПАРСОВ П.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ТАЙМАРОВ М.А.

Целью проведения экспериментальных исследований была разработка парового котла с кипящим слоем направленного на:

1) повышение эффективности сжигания топлива в котлах при более низких температурах сгорания и параллельном сокращении образования вредных продуктов сгорания;

2) решение задачи осуществления комплексной совмещенной