

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ВОТДЕЛУЖОТ ИГЛАИДЗТАШ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



*V МЕЖДУНАРОДНАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ*

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 2

28-29 апреля 2010 г.
Казань

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»
ОАО «СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ»
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
доктора физико-математических наук,
профессора Ю.Я. Петрушенко*

Том 2

Казань 2010

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензент:

заместитель директора КФТИ КазНЦ РАН,
доктор физико-математических наук, профессор *В.Ф. Тарасов*

М34 **Материалы докладов V Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / Под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. – В 4 т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 260 с.**

ISBN 978-5-89873-244-8

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области теплоэнергетики, энергосберегающих технологий, автоматизации технологических процессов и производств, энергообеспечения предприятий, технологии воды и топлива, теплофизики, динамики и прочности машин.

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. ПЕТРУШЕНКО (гл. редактор);
д-р техн. наук, проф. Ю.В. ВАНЬКОВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук,
проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Ф.Г. ХАЛИТОВ; д-р физ.-мат.
наук, проф. В.Л. МАТУХИН; д-р полит. наук, проф. Н.М. МУХАРЯМОВ;
канд. техн. наук, проф. С.Р. СИДОРЕНКО; канд. пед. наук, доц.
Л.В. АХМЕТВАЛЕЕВА

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов

ISBN 978-5-89873-244-8

© Казанский государственный
энергетический университет, 2010

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

УДК 621.311

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УДЕЛЬНЫХ
РАСХОДОВ ТОПЛИВА НА НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКОЙ ТЭЦ**

Е.В. БЕРДНИКОВА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Н.В. ДИЛИГЕНСКИЙ

Сфера использования прогнозирования в условиях рыночной экономики в значительной степени расширяется, его актуальность возрастает в силу высокой экономической эффективности. Одной из важнейших задач функционирования генерирующих компаний на рынке электроэнергии и тепла является прогнозирование удельных расходов топлива. Целью данной работы является совершенствование и автоматизация системы прогнозирования удельных расходов топлива в филиалах ОАО «Генерирующая компания». Алгоритм прогнозирования ТЭП реализуется согласно РД 153-34.0-09.115-98 и РД 34.08.552-95. Расчет прогнозируемых ТЭП производился по алгоритму расчета номинальных и нормативных удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии и тепла. Определение исходных данных для нормативного расчета производится согласно руководящим документам, согласованных с ПТО ТЭЦ. Для прогнозирования использовалась автоматизированная система расчета ТЭП на базе ПК «ASTER» с модулем «Прогнозирование», адаптированным под станцию. Оценка достоверности, удельных расходов топлива на НБТЭЦ филиал ОАО «Генерирующая компания», полученных в результате расчетов в модуле «Прогнозирование» ПК «ASTER», проводилась сравнением фактических удельных расходов топлива на отпуск э/э и удельных расход топлива на отпуск т/э по данным ПТО НБТЭЦ за 2009 год, и данные, рассчитанные на 2009 г. Установлена хорошая сходимость результатов. На следующем этапе проведен анализ удельных расходов, прогнозируемые работниками ПТО, и прогнозируемые с помощью программного комплекса «ASTER» на 2009 г. Установлено,

что данные, полученные с помощью программного комплекса, более достоверны и близки к фактическим данным эксплуатации в 2009 г., чем данные, прогнозируемые работниками ПТО. ПК «ASTEP» также позволяет: использовать в качестве исходной информации накопленные данные за различный период и существенно сокращает трудоемкость и время прогнозирования; качественно прогнозировать минимальную и максимальную электрическую нагрузку станции; определять топливную составляющую в себестоимости энергии; а также определять тепловую и электрическую нагрузку оборудования станции с учетом минимизации топливных затрат.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА

Л.Я. ГОЛЬБРАЙХ, КГЭУ, г. Казань

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

Проблема создания автоматизированных систем управления в современной теплоэнергетике является одной из наиболее актуальных. В частности, особое внимание обращается на повышение уровня автоматизации, надежности, безопасности и гибкости системы управления.

В качестве объекта автоматизации рассматривается низкотемпературный отопительный стальной котел с перегретой водой, работающий на дизельном топливе или газовом топливе Logano S производства фирмы «Buderus».

Автоматизация котельных установок на базе нейросетевых алгоритмов управления – одно из основных направлений повышения их коэффициента полезного действия, снижения расхода топлива, обеспечения безаварийности работы. Благодаря своим способностям к самоорганизации и обучению, искусственные нейронные сети сейчас рассматриваются как перспективные средства для интеллектуальных систем.

НС могут обучаться любым функциям: требуется только, чтобы в процессе обучения был представлен достаточно большой объем информации, а также правильный выбор самой нейронной модели. Таким образом, способность НС к самообучению избавляет от необходимости использовать сложный математический аппарат в отличие от многих традиционных методов адаптивного и оптимального управления.

Высокая степень параллельности НС позволяет реализовать очень быстрые методы мультипроцессорной обработки на основе использования нейронных кристаллов или параллельных аппаратных средств.

Благодаря реализуемой в нейронной сети архитектуре параллельной обработки, повреждения отдельных элементов технических средств сети не может существенно влиять на работу сети в целом.

УДК 66.048.3:66.012-54

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MBTU ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ И РАЗДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

И.Ф. ХАЙРУЛЛИН, КГТУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. УСМАНОВА

Метод фазовых траекторий используется для исследования нелинейных систем. Задачу построения фазовых портретов можно намного упростить, если использовать для этого программные комплексы такие, как MBTU или MathCAD.

Используя MBTU 3.6, проведено моделирование системы 2-го порядка. Построены фазовые портреты для различных типов особых точек. Примером может служить особая точка типа «Устойчивый фокус» (рис. 1).

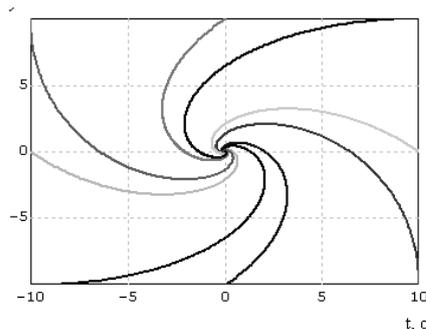


Рис. 1. Особая точка «Устойчивый фокус»

При исследовании систем часто встает вопрос об упрощении или пренебрежении малыми параметрами. При этом необходимо обосновать правомерность этого шага. В последнее время широкое распространение получил метод разделения движения, который позволяет заменить одну сложную систему высокого порядка двумя подсистемами низших порядков.

В качестве примера была рассмотрена САР температуры печи. Было проведено моделирование в среде МВТУ (рис. 2).



Рис. 2. Модель САР температуры в печи

Программные средства моделирования позволяют повысить качество и уменьшить сроки анализа сложных линейных и нелинейных систем.

УДК 536.24+001.8

СТЕНД ДЛЯ ИСЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. ДАНИЛОВ, КГЭУ;

Р.А. НАЗИПОВ, Академэнерго КазНЦ РАН, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Ю.А. КИРСАНОВ

Применение пористых тел в теплоэнергетике позволяет интенсифицировать теплоотдачу. Исследование теплогидродинамических характеристик на основе новых геометрических моделей пористых структур остается актуальной задачей.

Экспериментальный стенд для проведения исследований включает в себя рабочий участок, дутьевое устройство и расходомер. Рабочий участок состоит из исследуемого пористого тела цилиндрической формы диаметром 50 мм, боковая цилиндрическая поверхность которого нагревается электрическим нагревателем. Через пористое тело в осевом направлении продувается холодный воздух. В качестве дутьевого устройства используется вентилятор максимальной производительностью $0,085 \text{ м}^3/\text{с}$ и избыточным давлением до 0,35 кПа.

В процессе экспериментов измеряются массовый расход воздуха, его температуры перед и за рабочим участком, давление перед рабочим участком и перепад давления на рабочем участке, а также температура цилиндрической поверхности пористого тела в нескольких точках. Датчиками температуры являются хромель-алюмелевые термопары

диаметром 0,2 мм. Измерение давления и перепада давления на рабочем участке производится с помощью преобразователей давления ПД-100-ДИ с выходным сигналом 4...20 мА, подключенным к блоку ОВЕН ТРМ 202, который, в свою очередь, подключен к компьютеру через преобразователь интерфейсов RS-232/RS-485 ОВЕН АС3-М.

Датчики температуры (термопары) подсоединены к двум измерительным восьмиканальным блокам ОВЕН УКТ38-Щ4 и далее, через преобразователь интерфейсов «токовая петля»/RS-232 прибором ОВЕН АС2, – к компьютеру.

Все данные, поступившие на компьютер, обрабатываются программой TRACE MODE и выводятся на монитор, а также заносятся в архив.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Е.О. ОДИНЦОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Комплексное использование вычислительной техники при автоматизации производства позволяет создавать гибкие автоматизированные производства. Создание ГАП – генеральное направление развития и автоматизации производственных процессов. Из продуктового ряда Siemens в настоящее время в системах промышленной автоматизации наиболее часто применяются универсальные программируемые контроллеры ряда SIMATIC S7-300/400, используемые для управления машиностроительным и электротехническим оборудованием, в системах автоматизации судовых установок, в системах водоснабжения и т.д. Что подтверждает актуальность выбранной темы.

Схема гидравлического объекта включает в себя объект управления 1, представляющий собой вертикальную стальную цилиндрическую емкость с рабочей жидкостью – водой, дренажный бак 2 и стальные трубопроводы на прямой и обратной линии.

Управление технологическим процессом выполняется посредством локальной системы управления состоящей из контроллера типа SIMATIC S7-635K и персонального компьютера. Для разработки программы управления применяются SCADA-системы STEP7 и SIMATIC WinCC.

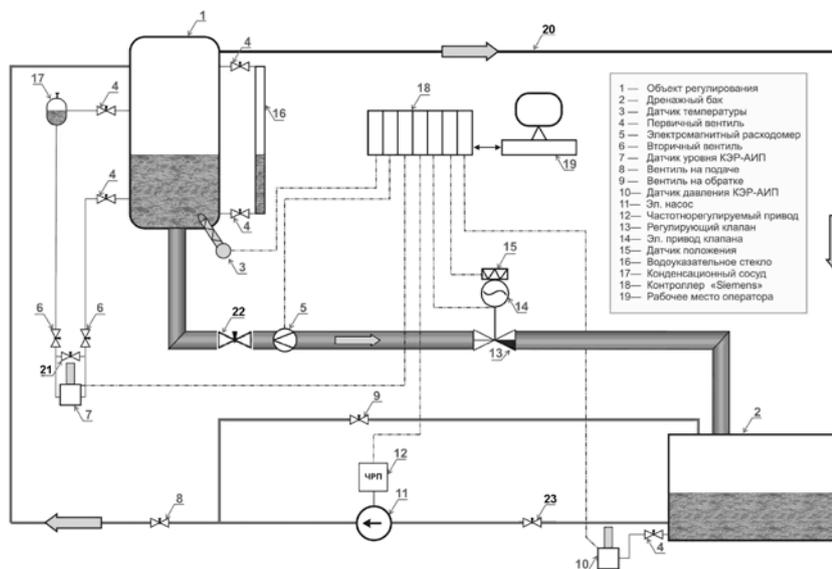


Схема гидравлической системы замкнутого типа

УДК 681.5; 681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОГО МОДУЛЯТОРА В СОСТАВЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

С.В. ТАЛАНОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Д. ТАЛАНОВ

На кафедре «Автоматизация технологических процессов» был разработан алгоритм широтно-импульсного модулятора (ШИМ), применяемый при создании компьютерных моделей и систем автоматического регулирования.

Проверка правомерности использования разработанного алгоритма ШИМ проводилась на системах автоматического регулирования, реализованных на базе микропроцессорного прибора ПРОТАР (1 эксперимент) и контроллеров Ремиконт Р-130 (2 эксперимент) и Ремиконт Р-310 ПТК «КВИНТ» (3 эксперимент).

В первом эксперименте объект регулирования реализован тремя последовательно включенными инерционными звеньями первого порядка с одинаковыми постоянными времени и коэффициентами пропорциональности.

Параметры модели объекта: $T_{oi} = 10 \text{ с}; 30 \text{ с}; K_{oi} = 1$. Возмущение 30 %.

Переходные процессы, полученные на модели и стенде идентичны.

Расхождения по динамическому отклонению обуславливаются свойствами реального исполнительного механизма (люфт, выбег) и свойствами ШИМ прибора ПРОТАР.

Однако, если учесть то обстоятельство, что уровень тест-сигнала высокий – 30 %, то расхождение 3–4 % несущественно. Таким образом, разработанный алгоритм ШИМ может встраиваться в эмулятор прибора ПРОТАР при моделировании систем автоматического регулирования.

Во втором эксперименте объект регулирования реализован на контроллере Ремиконт Р-130 инерционным звеном первого порядка (алгоритм ФИЛ) и звеном чистого запаздывания (алгоритм ЗАП). Параметры объекта $\tau/T = 0,2; 0,6$ $K_0 = 1$. Переходные процессы, полученные на модели и стенде идентичны. Расхождения по динамическому отклонению несущественны.

В третьем эксперименте объект регулирования реализован на эмуляторе контроллера Ремиконт Р-310 инерционным звеном первого порядка (аналогично объекту на контроллере Р-130). Параметры объекта: $\tau/T = 0,2; 0,6; K_0 = 1$. Расхождения по динамическому отклонению несущественны.

Таким образом, разработанный алгоритм ШИМ может применяться совместно с ПДД² преобразованием при моделировании систем автоматического регулирования.

УДК 681.5

СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГАЗА

С.А. КОПЫЛОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Целью проведения исследований являлось решение задачи синтеза робастного регулятора расхода газа к паровому котлу, обеспечивающего устойчивость объекта управления не только с заданными параметрами, но и с параметрами, содержащими неопределенность. Данная задача весьма актуальна на сегодняшний день. Это связано с тем, что на практике в большинстве случаев для управления теплоэнергетическими объектами используется ПИД регулятор. Его настройка происходит на объект управления при номинальных параметрах, несмотря на то, что фактически все объекты управления функционируют в условиях параметрической неопределенности. Такой подход приводит к тому, что с изменением

режимов работы объекта управления, течением времени и т.д. параметры объекта изменяются, а, следовательно, и ухудшается качество работы системы регулирования вплоть до перехода в неустойчивое состояние. В качестве объектов исследования были выбраны 6 прямоточных газомазутных котлов ПК-47 Заинской ГРЭС. Определение передаточной функции объекта управления происходило на основе обработки семейства разгонных характеристик, полученных во время пусконаладочных работ. В результате проведенных исследований объект управления может быть представлен в виде:

$$W_{об}(s) = \frac{P_1(s) + \Delta P_1(s)}{P_2(s) + \Delta P_2(s)} = \frac{(17,1s + 452) + (27,6s + 133)}{(4,7s^2 + 4,4s + 1) + (12,9s^2 + 5,2s)},$$

где $P_1(s)$ и $P_2(s)$ – полиномы, содержащие номинальные значения параметров, а $\Delta P_1(s)$ и $\Delta P_2(s)$ – полиномы, содержащие неопределенность.

Синтез осуществлялся на основе модального метода, в основе которого лежит аппарат передаточных функций. Параметры регуляторы вычислялись таким образом, чтобы обеспечить компромисс между робастными свойствами системы регулирования и качеством управления. В частности коэффициенты регулятора определялись на основе минимизации улучшенной квадратичной интегральной оценки системы регулирования.

В результате проведенных исследований был синтезирован регулятор вида:

$$W_p(s) = \frac{1,1s^2 + 1,2s + 0,2}{11,3s^3 + 56,4s^2 + 123s}.$$

УДК 681.5

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

А.В. ГЛАЗНЕЦОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, ст. науч. сотр. Е.С. ЦЕЛИЩЕВ

Процесс выбора технических средств автоматизации (ТСА) является одним из наиболее длительных и трудоемких этапов при проектировании систем контроля и управления. Выбор можно осуществлять вручную (работа с каталогами различных производителей ТСА) или с помощью САПР.

При работе с каталогами проектировщик самостоятельно выбирает модификацию прибора и код заказа в соответствии с информацией в каталоге. При работе с САПР выбор ТСА осуществляется в соответствии с составом баз данных. Как правило, такие базы данных содержат описание конкретных моделей приборов и средств автоматизации различных производителей. При этом выбор технического решения выполняется среди всего множества ТСА, описанных в базе данных. В этом случае последовательность определения параметров ТСА зависит от данных номенклатур отдельных производителей, что не позволяет формализовать процесс описания этих технических средств в базе.

Предлагается универсальный метод выбора ТСА, основанный на принципиально ином построении базы данных. Он основан на формировании основных требований к выбранному типу технических средств и заключается в том, что для определенных видов измерения проектировщик выбирает значения параметров, являющихся общими для датчиков определенного типа. Последовательность выбора параметров при этом строго фиксирована (учитываются зависимости между параметрами). В итоге проектировщик получает набор параметров, которые комплексно характеризуют техническое решение.

На основании полученных требований формируется опросный лист, форма которого унифицирована и не зависит от конкретного производителя. Опросный лист отправляется ведущим производителям, и инженер-проектировщик может потом выбрать оптимальный вариант модификации прибора. После этого в документацию (и в модель проекта) вносятся модель (код заказа) и завод-изготовитель технического средства.

УДК 620.9:678.82

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ

Ю.С. СИДОРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ПЛОТНИКОВ

Среди производств органического синтеза по объему вырабатываемой продукции лидирует производство полиолефинов, в том числе и полиэтилена. В связи с большими удельными расходами топлива и энергии при данном виде производства остро встает вопрос энергосбережения.

может быть доменная печь или ректификационная колонна, математическая модель которых содержит много эмпирических коэффициентов, изменяющихся в широком диапазоне и вызывающих большие затруднения при идентификации. В то же время квалифицированный оператор достаточно хорошо управляет такими объектами, пользуясь показаниями приборов и накопленным опытом. Поскольку информация, полученная от оператора, выражена словесно, для ее использования в ПИД регуляторах применяют лингвистические переменные и аппарат теории нечетких множеств.

Нечеткая логика в ПИД регуляторах используется преимущественно двумя путями: для построения самого регулятора и для организации подстройки коэффициентов ПИД регулятора. Оба пути могут использоваться в ПИД контроллере одновременно.

Одной из наиболее распространенных структур нечеткого регулятора является следующая. На вход регулятора поступает фазифицированная величина. Полученная нечеткая переменная используется в блоке нечеткого логического вывода для получения управляющего воздействия на объект, которое после выполнения операции дефазификации (обратного преобразования нечетких переменных в четкие) поступает на выход регулятора в виде управляющего воздействия u .

Настройка ПИД регулятора по формулам обычно не является оптимальной и может быть улучшена с помощью дальнейшей подстройки. Подстройка может быть выполнена оператором на основании эвристических правил или автоматически, с помощью блока нечеткой логики. Блок нечеткой логики (фаззи блок) использует базу правил и методы нечеткого вывода. Фаззи подстройка позволяет уменьшить перерегулирование, снизить время установления и повысить робастность ПИД регулятор.

УДК 621.92

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА НА ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛООТДАЧИ ОБРАЗЦОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.А. ДОРОФЕЕВ, Д.Р. МАХМУТОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. ГИЛЬФАНОВ

Поверхностные интенсификаторы теплообмена в виде полусферических (сегментных) выемок широко используются

в теплообменном оборудовании. Интерес к такому типу интенсификаторов возрос после появления сообщений о повышении коэффициента теплоотдачи при одновременном снижении гидравлического сопротивления. Они позволяют значительно повысить эффективность теплообменников.

Проведенные ранее исследования показали, что течение в полусферическом углублении существенно отличается от течения в двумерных выемках. Характер положения струек тока вдоль поверхности углубления напоминает электрический диполь с «источником», и стоком. «Источник», через который воздух попадает в углубления, расположен в области нижней по потоку половины углубления. «Сток» находится в области верхней по потоку половины углубления и представляет собой вихрь, выходящий из углубления.

Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу разомкнутого типа с рабочим участком прямоугольного течения, на широкой стенке которого установлена модель (теплообменная поверхность) с полусферическими углублениями диаметром ($D = 10\text{мм}$). Число Рейнольдса, вычисленное по заданной скорости набегающего потока $w_0 = 18,5\text{--}33,6$ м/с и по диаметру углубления, составляет $(18,2\text{--}33,1)10^4$. Интенсивность турбулентности невозмущенного потока в трубе – 0,5 %.

Для измерения характеристик в рециркуляционных зонах используется специальный термоанемометр, чувствительный к направлению потока.

Диагностическая аппаратура состоит из модуля многофункциональной платы ввода/вывода DAQCard-6062E фирмы National instruments и персонального компьютера.

УДК 681.5

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «КОМПАС ТАУ»
ДЛЯ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

А.М. МЕРЗЛЯКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современный уровень развития технологий позволяет повысить эффективность работы инженера за счет внедрения компьютерных

средств. Актуальность применения ЭВМ связано с предоставлением возможностей, обеспечивающих быстрый доступ к материалу, наглядность информации, мощный вычислительный ресурс.

Однако с естественным расширением доступных ресурсов растут и сложности в их применении. Это особенно характерно для сложных по своей сути расчетов, насыщенных математическими методами и т.п. Именно к этой категории относится процесс анализа и синтеза технических объектов, являющихся неотъемлемыми элементами в области энергетики.

Следовательно, появляется необходимость в комфортной и эффективной среде. Это позволит ускорить и упростить обращение к теоретическим и справочным материалам, повысит эффективность расчетов и обеспечит надежность результатов. Такой средой является учебно-методический комплекс «КОМПАС ТАУ», разработанный для применения в образовательном процессе ивановским государственным энергетическим университетом.

Выполненная работа иллюстрирует прикладные возможности данного комплекса на примере расчета технического объекта в энергетике, что позволит эффективно применять «КОМПАС ТАУ» в образовательном процессе студентов, обучающихся по специальностям энергетического профиля.

УДК 621.92

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБЧАТО-КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ

А.Р. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

В данной работе исследуется нестационарное течение жидкости в трубчато-кольцевом канале, моделирующем нефтяную скважину, в которой реализуется способ пульсационной очистки и освоения призабойной зоны.

Математическая модель реализована на языке «Бейсик». Гидродинамические и кинематические параметры численно определены для режима пульсационного дренирования нефтяной скважины. Расчеты проведены для нестационарного течения воды в скважине глубиной 1500 м. Внутренний диаметр трубы 0,065 м, кольцевого канала 0,145 м, стенки имеют стандартную шероховатость. Температура скважины меняется от 10 °С на отметке 0 м до 40 °С на глубине 1500 м. Расход жидкости в трубе равен расходу в кольцевом канале.

Для сравнения различных методов оценки проведены расчеты среднеинтегральных потерь давления за период колебаний по зависимости:

$$\Delta P = \frac{1}{T} \int_0^T \Delta P_{C_f} dt,$$

где потери ΔP_{C_f} рассчитывались по приведенной модели и по формуле Дарси для мгновенных расходов.

Среднеинтегральные потери давления за период колебаний с учетом нестационарных эффектов оказались равны $P = 0,913$ МПа, по квазистационарной методике $\Delta P = 0,897$ МПа и стационарный метод расчета по среднему расходу $Q_{\text{ср}} = 0,51$ м³/с дал $P = 0,55$ МПа. Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Длины участков стабилизации потока не превышают 30 диаметров.
2. Стабилизированные участки течения характерно постоянство гидродинамических и кинематических параметров.

3. Для реализованного натурального режима результат нестационарного метода расчета потерь давления за счет пристеночного трения превышает аналогичный квазистационарный на 3 %.

4. Стационарный метод расчета потерь давления за счет пристеночного трения дает заниженный на 37 % результат, что можно считать неприемлемым для практических оценок.

УДК 681.3.069

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ ЛОКАЛЬНЫХ САУ

С.Ю. КИСЕЛЕВ, КГЭУ; Д.Р. ГИЛЯЗОВ, КЭР-Автоматика, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук А.Н. БОГДАНОВ;

канд. техн. наук Т.Ш. ИЛЬЯСОВ

Автоматизация любого технологического процесса сопровождается этапом пусконаладочных работ, в котором участвуют не только монтажники, но и программисты, проектировщики, обслуживающий персонал объекта.

Разрабатываемый лабораторный стенд необходим для улучшения практических навыков выпускников кафедры АТПП, позволяя студентам разобраться в особенностях подключения оборудования АСУ. Используя данный стенд, студенты смогут «практически» опробовать полученные теоретические знания.

На начальном этапе работ стенд включает в себя блок программируемого микроконтроллера Т-МК1, интеллектуальный пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-2И-5-П, Механизм электрический однооборотный фланцевый МЭОФ-16/25, Многофункциональная операторская панель DOP-AE и сопутствующее оборудование.

Исполнительные механизмы в настоящее время используются во всех производствах. Примером ИМ является МЭОФ, принцип работы, настройку и подключение которого и будет возможно практически изучить на данном стенде. Современные технологии виртуализации позволяют сделать очень близкие к реальному объекту модели, однако компьютерное моделирование не может полностью заменить физический объект. Инженер должен не только знать, как устроен тот или иной механизм, но и уметь работать с ним. Наибольшего эффекта можно достигнуть, только совместив современные информационные технологии с реальным физическим опытом.

В дальнейшем планируется усовершенствование стенда путем введения имитационных сигналов с датчиков, увеличив возможности использования его в образовательном процессе.

УДК 001.004.912

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

Д.С. ЕДЕЛЬСКОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, д-р экон. наук, проф. Н.З. САФИУЛЛИН;

канд. техн. наук, доц. Г.А. ЧЕПАХИН

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка – это совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства. То есть готовность предприятия приступить к выпуску продукции. Для технологической готовности предприятия обязательно должен присутствовать полный комплект конструкторской и технологической документации. Процесс подготовки документации требует больших временных затрат, на работу со справочной литературой, нормативами, стандартами, и другими документами. Для автоматизации технологической подготовки производства предлагается использовать перспективную систему автоматизированного проектирования

технологических процессов «ВЕРТИКАЛЬ». Она позволяет: проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах, рассчитывать материальные и трудовые затраты на производство, формировать все необходимые комплекты технологической документации в виде маршрутных и операционных карт, используемых на предприятии; вести параллельное проектирование сложных и сквозных техпроцессов группой технологов в реальном режиме времени; поддерживать актуальность технологической информации с помощью процессов управления изменениями; обеспечивать инженерный документооборот в части заявок на проектирование средств технологического оснащения. Также имеется возможность дополнять имеющуюся базу данных операций, теми операциями, которые нужны на предприятии. Для лучшей подготовки специалистов данная система закуплена и установлена в нашем ВУЗе, студенты используют ее для выполнения своих курсовых и дипломных проектов. Что в дальнейшем позволит им значительно улучшить показатели своей работы, за счет владения знаниями и навыками автоматизированного проектирования. Для обучения будущих специалистов используется мультимедийные видеоролики, и презентации которые позволят сделать обучение более доступным.

УДК 681.3.069

СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ» СРЕДСТВАМИ SCADA-СИСТЕМЫ TRACE MODE

Э.Ф. ГАББАСОВА, КГЭУ;

Д.В. ИПАТОВ, ОАО «Казанская теплосетевая компания», г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук А.Н. БОГДАНОВ

В связи с разнообразием современного информационного оборудования локальные компьютерные сети имеют большое значение в нашем мире. С развитием человечества компьютерные сети преобразуются, меняются способы организации.

Создание информативного обучающего человеко-машинного интерфейса в среде SCADA-системы на базе реальной локальной сети с использованием современного сетевого оборудования, позволит лучше изучить принципы построения различных локальных сетей (Ethernet, Wi-Fi) и составляющие элементы (коммутатор, точка доступа и т.д.).

Разрабатываемая система включает несколько мнемосхем, содержащих визуализацию структуры используемой на кафедре распределенной компьютерной сети с элементами АСУ ТП, с возможностью вывода информационных панелей о составляющих данной локальной сети, внесения изменений и модернизации под новые возникающие задачи. Данная работа станет полезной не только в образовательном процессе, поскольку содержащаяся в итоговой программе информация необходима и при оформлении различных отчетов.

Использование TRACE MODE также позволит познакомиться студентам на ранних курсах с возможностями используемой в энергетике SCADA-системы. В результате у студентов на раннем этапе обучения может возникнуть повышенный интерес к верхнему уровню АСУ ТП.

Совместное использование данной системы с программами контроля и управления удаленными компьютерами способно облегчить работу обслуживающего персонала дисплейных классов и лабораторий.

УДК 681.3.069

СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СТЕНДА «АСУ ТП ПОДДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ В БАКЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО СЕТИ ETHERNET

И.И. МИНГАТИН, КГЭУ;

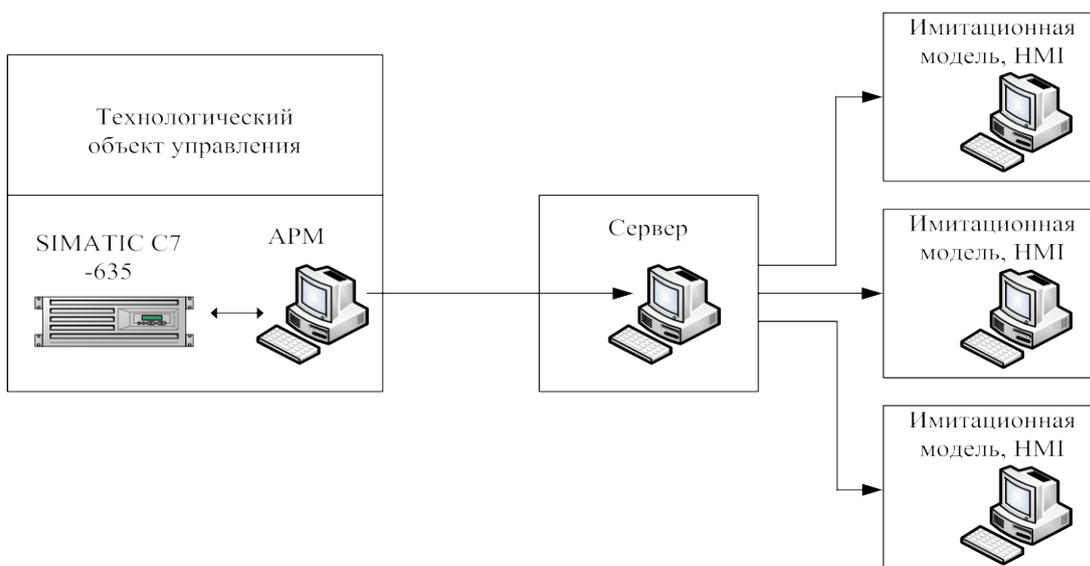
М.А. МАЛЫЙ, КЭР-Автоматика, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук А.Н. БОГДАНОВ

В современных условиях инженеры-программисты по автоматизации должны обладать знаниями о специализированных программных средствах АСУ ТП и навыками работы с ними.

Система оперативного управления SIMATIC PCS 7, разработка компании Siemens, поддерживает широкий спектр функций человеко-машинного интерфейса, обеспечивающих доступ оператора к управлению технологическим процессом.

В 2009 г. на кафедре АТПП была внедрена лабораторная установка «АСУ ТП поддержания уровня в баке» на базе контроллера Siemens – SIMATIC C7. Ставится задача создания обучающей имитационной модели средствами SIMATIC PCS 7, данные для которой используются с данной лабораторной установки. Работа позволит обучающимся лучше изучить принципы разработки человеко-машинного интерфейса.



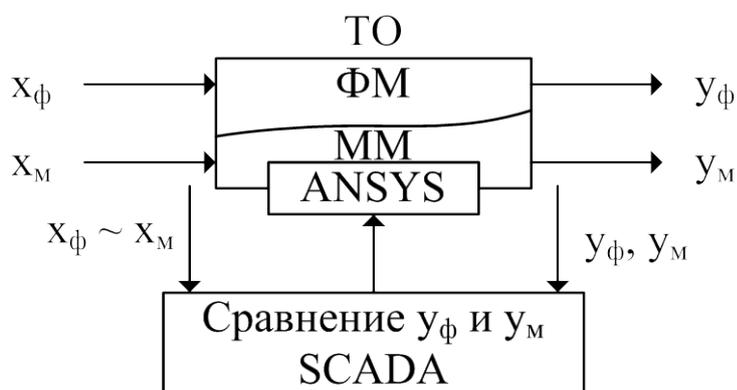
Структурная схема локальной системы контроля и управления

УДК 681.3.069

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ ANSYS FLUENT СО SCADA-СИСТЕМАМИ

И.И. МИНГАТИН, М.С. ЦВЕТКОВИЧ, А.Н. БОГДАНОВ, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.Г. ВОЛОДИН

ANSYS – многофункциональный программный комплекс конечно-элементных расчетов, включающий в себя модули расчетов прочности и динамики, температурных полей, гидрогазодинамики, электростатики / электромагнетизма, оптимизации, вероятностных расчетов.



Структурная схема экспериментального стенда по повышению качества расчетов математического моделирования

ANSYS FLUENT 6.3 – современный программный комплекс, позволяющий проводить анализ широкого спектра промышленных задач динамики жидкости и газа (многофазных, реагирующих) потоков с учетом теплообмена (кондуктивного, конвективного и радиационного).

SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition) – система диспетчерского управления и сбора данных.

Совместное использование программ моделирования (ANSYS FLUENT) со SCADA-системами в режиме реального времени позволяет оптимизировать расчетную модель путем сравнения реальных показаний датчиков ($x_{\text{ф}}$, $y_{\text{ф}}$) с результатами расчета ($x_{\text{м}}$, $y_{\text{м}}$) и внесения корректирующих изменений в математическую модель.

Сравнение результатов расчетов (ММ – математическая модель) с реальными показаниями (ФМ – физическая модель) дает новую информацию о технологическом объекте (ТО).

УДК 681.5.01(075)

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА ТЭС

А.Ю. МИХАЙЛОВА, Р.А. БИЛАЛОВ, А.Н. ПРЕЦ, И.Ф. СИБГАТУЛЛИН,
КГЭУ, г. Казань

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

Тренажеры для оперативного персонала ТЭС дают возможность выработки у обучающихся интеллектуальных навыков управления энергетическим оборудованием в наиболее сложных режимах его работы, совершенствование оперативной квалификации. Основное назначение тренажера – дать обучающимся глубокое понимание режимов работы оборудования. Тренажер может быть использован для обучения и повышения квалификации работников цеха АСУ, тренировок операторов, накопления у них навыков по ручному регулированию технологических параметров, демонстрационных целей.

Создание тренажера ведется в среде Lab VIEW. Проектирование тренажера ведется на основе реальной, действующей технологии производства электроэнергии Казанской ТЭЦ-1.

СЕКЦИЯ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 532.5:621.694

СОПРЯЖЕННАЯ ЗАДАЧА ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТАХ ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА НА БАЗЕ ПРУЖИННО-ВИТЫХ КАНАЛОВ

О.А. БАСОВА, КазГАСУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Я.Д. ЗОЛОТОНОСОВ

В настоящее время змеевиковые теплообменные устройства широко применяются в химической, нефтеперерабатывающей, энергетической, металлургической, пищевой и других отраслях промышленности. На сегодняшний день накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал по исследованиям таких теплообменников и по методам интенсификации теплообмена в этих аппаратах. Несмотря на это, по-прежнему остается актуальной проблема создания малогабаритной змеевиковой теплообменной аппаратуры большой единичной мощности с интенсивными процессами теплообмена.

В связи с этим нами предложена конструкция высокоэффективного змеевикового теплообменника типа «труба в трубе» на базе пружинно-витых каналов.



Змеевиковый теплообменник

Данная конструкция представляет собой аппарат с коаксиально установленными трубами, свальцованными в змеевик, причем внутренняя труба выполнена в виде пружинно-витого канала круглого сечения, а внешняя – из гладкой змеевиковой.

Во внутреннюю трубу змеевикового теплообменника поддается нагреваемая жидкость, а во внешнюю (в межтрубное пространство) в противоток – пар. При такой схеме движения реализуются закрученные течения теплоносителей, характеризующиеся сложными трехмерными вихревыми структурами потоков, которые благоприятно влияют на выравнивание температурных неоднородностей и усиливают теплообменные процессы.

На базе уравнений движения, неразрывности, энергии, теплопроводности построена математическая модель турбулентного течения ньютоновской жидкости в змеевиковых теплообменниках на базе пружинно-витых каналов. Численная реализация построенной математической модели позволит определить значения параметров скоростей, давления и температур в предложенных змеевиковых теплообменниках.

УДК 697.3

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Т.Р. АХМЕТОВ, И.Б. НИЗАМУТДИНОВ, МУП ПО «КАЗЭНЕРГО»;

Р.Р. ГАНИЕВ, Н.Н. ФАХРЕЕВ, М.А. ВАХИТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.А. КОНАХИНА

В настоящее время, как на источниках теплоснабжения, так и в тепловых сетях все более активно используются химические реагенты. В основном это относится к системе водоподготовки, где широкое применение нашла целая группа веществ. Это комплексоны (например: Гилуфер-422, ОЭДФ) применяемые для обезкислороживания и умягчения теплоносителя.

В то же время производство и передача тепловой энергии происходит по традиционной схеме, без применения химических реагентов. В применении поверхностно-активных веществ для интенсификации этих процессов скрыт большой потенциал энергосбережения. Известно, что добавки некоторых ПАВ в воду приводят к интенсификации процесса парообразования, снижению расхода топлива на выработку тепловой энергии. Однако побочным эффектом является пенообразование. Не менее важной проблемой является возможность снижения гидравлического сопротивления в трубопроводах, а следовательно снижение затрат энергии на перекачку теплоносителя при помощи поверхностно-активных веществ.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение степени влияния ПАВ на гидравлическое сопротивление при перекачке теплоносителя по трубопроводам. При этом для эксперимента выбраны ПАВ из группы веществ интенсифицирующих процесс парообразования. Определено вещество, оказывающее наибольший эффект энергосбережения в тепловых сетях. Проанализировано и экспериментально проверена возможность снижения воздействия

вредных факторов (пенообразование, накипеобразование) на оборудование. Была выявлена погрешность работы установки без примеси ПАВ, которая составила 1,6 %.

В результате экспериментов с ПАВ выявлено, что поверхностно-активное вещество дает возможность снижать гидравлическое сопротивление системы до 7–8 % по сравнению с водой без примеси ПАВ. При этом не все проанализированные виды ПАВ обеспечивают возникновение данного эффекта.

УДК 621.175.832

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРЕН

Е.М. ВЛАСОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Л. ФЕДЯЕВ

Градирни широко применяются в энергетике, нефтехимии, металлургии, машиностроении. От эффективности их работы во многом зависят качество продукции, объемы потребляемого сырья, КПД технологических установок.

В градирнях протекают сложные процессы аэрогидромеханики и теплообмена. Степень совершенства градирен характеризуется температурным перепадом охлаждаемой воды, который определяется комплексом величин, включающих в себя теплофизические постоянные, параметры оросителя, а также поступающих в градирню воздуха и воды.

При отыскании температурного перепада воды решаются тепловая и аэродинамическая задачи. В случае вентиляторных градирен – отдельно, при расчете башенных градирен – совместно.

В настоящее время существует много методик определения температурного перепада воды, использующих либо «индивидуальные» графики охлаждения, либо системы дифференциальных уравнений теплообмена. Первые, как правило, применимы лишь к типовым градирням, они достаточно трудоемки, точность получаемых результатов мала. В работе получены зависимости для теплофизических параметров насыщенного водяного пара, температурного перепада охлаждаемой воды и оценки КПД градирен. Найденные зависимости соответствуют наиболее характерным режимам эксплуатации градирен. Статистический анализ показал их удовлетворительные аппроксимативные свойства. Достоверность полученных соотношений подтверждается сопоставлением расчетных результатов с литературными данными, рекомендациями по проектированию градирен.

Данный подход может быть рекомендован для инженерной оценки эффективности оросительных вентиляторных и башенных градирен, при которой определяются теплосъем, КПД, а также при оптимизации их режимных и конструктивных характеристик.

УДК 533.6.011.6

ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ В ДИСПЕРСНОМ ПОТОКЕ

Е.В. ФОКЕЕВА, УлГТУ, г. Ульяновск

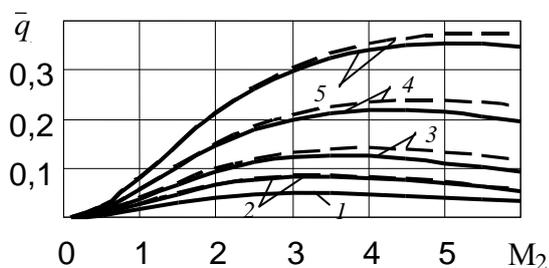
Науч.рук. д-р техн. наук, проф. Н.Н. КОВАЛЬНОГОВ

Приведены результаты расчетного исследования влияния различных факторов на эффективность температурной стратификации дисперсного потока в трубе Леонтьева. Обоснована возможность повышения эффективности температурной стратификации за счет использования дисперсного рабочего тела, оребрения наружной поверхности трубы. Выявлено сочетание влияющих факторов, при котором тепловой поток достигает максимума.

Эффективность температурной стратификации определяется передаваемым тепловым потоком.

$$\bar{q} = (1-r) \cdot \frac{\left(1 - \frac{T_2}{T^*}\right)}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}} = (1-r) \cdot \frac{1 - \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_2^2\right)^{-1}}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}}.$$

Здесь α – коэффициент теплоотдачи; T^* – температура заторможенного потока; M – число Маха; γ – показатель адиабаты; r – коэффициент восстановления температуры; индексы 1, 2 – указывают на параметры в дозвуковом и сверхзвуковом потоке соответственно.



Влияние конденсированных частиц G на температурную стратификацию в дисперсном потоке: 1 – $G = 0$ (однородный поток); 2 – $5 \cdot 10^{-9}$; 3 – $5 \cdot 10^{-8}$; 4 – $5 \cdot 10^{-7}$; 5 – $5 \cdot 10^{-6}$; сплошные линии – $Re_{wx2} = 5 \cdot 10^5$; пунктир – $5 \cdot 10^6$

Некоторые результаты исследования представлены на рис.

Здесь \bar{q} – относительный тепловой поток; M_2 – число Маха в сверхзвуковом тракте трубы; G – обобщенная переменная, характеризующая воздействие на поток конденсированных частиц.

УДК 534.24.001.573

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

Ю.С. СОЛНЫШКОВА, М.В. ПРОРОКОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. БУХМИРОВ

При решении задач радиационного и сложного теплообмена можно использовать зональные методы расчета в различных модификациях: классический, резольвентный, модифицированный резольвентный (С.А. Крупенников) и упрощенный (В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников).

В докладе рассмотрены результаты исследования численной эффективности классического и резольвентного зональных методов. Расчет выполнен на простейших моделях. Одна из моделей представляет собой систему двух тел, разделенных диатермичной средой. При этом одно из тел является зоной I-го рода (невогнутое тело), второе – зона II-го рода. Вторая модель дополнительно содержит газовый объем между двумя серыми телами.

При численном решении задачи для двух систем и двух модификаций зонального метода необходимо записывать следующие системы уравнений:

– для классического зонального метода:

$$Q_i^{\text{пад}} = \sum_k Q_k^{\text{эфф}} \cdot \psi_{ki}; \quad (1)$$

– для резольвентного зонального метода:

$$Q_i^{\text{пад}} = \sum_k Q_k^{\text{соб}} \cdot \psi_{ki}, \quad (2)$$

где $Q_i^{\text{пад}}$ – поток падающего излучения на i -ую зону; $Q_k^{\text{эфф}}$ – поток эффективного излучения k -ой зоны; $Q_k^{\text{соб}}$ – поток собственного излучения k -ой зоны; ψ_{ki} – обобщенный угловой коэффициент излучения с k -ой зоны на i -ую; ψ_{ki} – обобщенный разрешающий угловой коэффициент с k -ой зоны на i -ую.

Исследование на простейших системах было проведено при следующих параметрах: $T_1 = 800$ °С, $T_3 = 1300$ °С, $q_2^p = 1000$ Вт/м², $F_1 = 10$ м², $F_2 = 28$ м², $F_3 = 38$ м², $\varepsilon_1 = 0,8$, $\varepsilon_2 = 0,75$, $\varepsilon_3 = 0,1$. Радиационные свойства для поверхностных зон изменялись в пределах от 0,1 до 1, для объемных зон – от 0,1 до 0,9.

Для поставленной задачи точность расчета классическим, резольвентным зональными методами и аналитическим методом (без учета переотражений в системе) совпадает. Оценка численной эффективности (получения решения с заданной точностью за минимальное число операций) проводилась по количеству операций, необходимых для получения требуемого результата. Установлено, что трудоемкость резольвентного зонального метода выше трудоемкости классического зонального метода на 42 % для первой системы и на 104 % для второй системы.

УДК 621.4

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫТЕСНЕНИЯ ВОДЫ ИЗ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ

Р.Р. ГАЗИМЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Наиболее актуальной проблемой нефтепродуктопроводов является вытеснение воды из трубопровода. Промывка действующих трубопроводов осложняется интенсивным обводнением нефтепродуктопроводов, вытесняемой водой. Исследования показали, что обводнение нефтепродуктопроводов происходит:

– вследствие конвективного перемешивания в зоне контакта нефтепродуктопроводов с водой

– вследствие водяного скопления при прохождении через пониженные участки трассы трубопровода могут образовываться водяные подушки. Данный процесс не эффективен, так как очень длителен и связан также с образованием водонефтяной эмульсии.

Оба направления обводнения нефтепродуктопроводов с технологической точки зрения зависят от скорости потока в период вытеснения, т.е. с увеличением скорости перекачки расслоение потоков в зоне контакта на водяные и нефтяные скопления уменьшается. Основным влиянием на процесс обводнения нефтепродуктопроводов является изменение диаметра трубопровода.

На современных нефтепродуктопроводах снижение обводнения нефтепродуктопроводов можно решать радикально – путем применения механических разделителей. В данном случае разделители замедляют процесс конвективного перемешивания в зоне контакта и обеспечивают эффективный вынос водяных подушек из пониженных участков трубопровода.

Когда в зону раздела запускается серия разделителей, в этом случае вопрос сводится к определению экономически целесообразного количества в серии. При решении этой задачи необходимо исходить из минимума затрат. Эти затраты складываются из расходов на обезвоживание водонефтяной эмульсии, расходов, необходимых на восстановление разделителей после их прохождения по трубопроводу.

УДК 536.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Н.А. БАБУШКИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Для повышения энергоэффективности систем теплоснабжения возникла потребность в широком использовании высокоэффективных теплообменных аппаратов.

Актуальность данной работы возникла в связи с тем, что ЦТП являются довольно дорогим звеном между поставщиком и потребителем тепловой энергии, требующим больших капиталовложений, поэтому существует необходимость более экономичного вложения средств, применяя более эффективное и малогабаритное оборудование. Для рассматриваемого ЦТП был разработан проект технической реконструкции.

Задачей работы являлся расчет кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников ГВС, ЦТП, а также качественный и количественный анализ схемы нескольких ЦТП с пластинчатыми теплообменными аппаратами.

Объектом исследований являлось ЦТП по адресу ул. Вокзальная 27/1. Был произведен анализ работа ЦТП ТГРК 11, обеспечивающего бесперебойную подачу теплоносителя потребителю. Помимо этого был произведен расчет схемы ЦТП с применением кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников. Расчет теплового оборудования производился по СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов.

Анализ предложенной схемы реконструкции ЦТП с применением пластинчатых теплообменных аппаратов показал, что данный проект позволит:

- значительно уменьшить площади, занимаемые теплообменным оборудованием;
- упростить обслуживание теплообменного оборудования;
- в дальнейшем, если потребуются, очень легко нарастить мощности;
- более рационально использовать площади ЦТП;
- уменьшить затраты на обслуживание.

В результате сравнения двух исследованных вариантов было сделано заключение, что применение пластинчатых теплообменников более экономически выгодно, чем кожухотрубчатых. По самым грубым расчетам при одинаковой стоимости вспомогательного оборудования в обоих вариантах, внедрение пластинчатых теплообменников повлечет в два раза меньше затрат в денежном эквиваленте.

УДК 621.1

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

К.А. АНТОНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Для приготовления эмульсии используются аппараты и устройства, действие которых основано на различных физических принципах. Диспергирующие устройства можно классифицировать по принципу действия:

1. Механические машины: коллоидные мельницы и механические мешалки.
2. Пневматические воздушные и паровые устройства.
3. Ультразвуковые устройства.
4. Кавитационные диспергирующие устройства.

Коллоидные мельницы – является наиболее совершенными механическими диспергирующие устройствами.

Механические мешалки находят широкое применение для перемешивания жидких и твердых сыпучих, а также пастообразных веществ во многих отраслях промышленности.

Пневматические паровые и воздушные диспергирующие устройства применяются в химической технологии перемещения жидкостей с помощью газа или пара.

Диспергирующее действия ультразвуковых колебаний в процессе превращения взаимно не смешиваемых жидкостей в эмульсии многими исследователями объясняется по-разному, рассматривая диспергирующие действие ультразвука, наиболее эффективно эмульгирование протекает на границе раздела между жидкостью и источниками колебаний, а также между жидкостью и стенками сосуда.

Использование явления кавитации, осуществляется эмульгирование жидкостей, путем пропускания через эту жидкость струи перегретого пара. Эмульгированию указанным методом была подвергнута система, состоявшая из трансформаторного масла и воды.

Механизм образования эмульсии, в частности при механическом диспергировании, состоит из нескольких стадий: на первой стадии эмульгируемая жидкость вытягивается в потоке дисперсионной среды. Вторая стадия диспергирования распад цилиндра на мелкие капельки.

УДК 621.1

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

М.В. БЕЛОНОВА, Ф.Н. ГАЛИМОВА, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.И. ВАХИТОВА

На современном рынке теплоизоляционных материалов доля таких покрытий составляет лишь 3 %.

В ТУ указан диапазон температуры при нанесении покрытия на поверхности: от +10 до +93 °С и от +7 до +150 °С, а в инструкции по нанесению изоляции указан диапазон от +7 до +180 °С. Нами была установлена реальная максимальная температура различных поверхностей для нанесения рассматриваемой изоляции на лабораторном стенде и составляла от +15 +20 °С до +80 °С. Выше этой температуры ЖКП превращается в рыхлое и неплотное покрытие, в котором трудно контролировать толщину изоляции.

Другой немаловажной характеристикой теплоизоляционного материала является его теплостойкость. Эксплуатационная температура ЖКП по ТУ – $T_{\text{эксп}} = +260$ °С. Проверка теплостойкости показала, что ЖКП имеет теплостойкость +145 +150 °С, а долговечность составляет 10 лет. В аналогичных условиях ресурс эксплуатации ППУ-изоляции составляет 10–15 лет.

В лабораторных условиях экспресс-методом нами дана оценка горючести ЖКП с использованием «огневой трубы». ЖКП по горючести относятся к группе «горючих – Г4», а не к Г1, как указано в ТУ.

Нами была рассчитана стоимость ЖКП $2,27 \text{ м}^3$ толщины (6,3 мм), при длине трассы 1000 м, диаметром стальной трубы 108 мм. Она составила 1610000 руб. Общая стоимость ППУ-изоляции толщиной 45,4 мм для трассы длиной 1000 м составила 136600 руб. при плотности ППУ – 80 кг/м^3 .

В ТУ срок эксплуатации ЖКП указан – не менее 10 лет при нормальных условиях. Срок эксплуатации теплотрассы с использованием ППУ составляет 25 лет при постоянной температуре $130 \text{ }^\circ\text{C}$ и 12 лет – при температуре $150 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вывод: применение в тепловых сетях надземной прокладки ЖКП нецелесообразно. Жидкие керамические теплоизоляционные покрытия – новое направление в тепловой изоляции и требует дальнейшего развития и инновационных доработок.

УДК 665.61

ДВИЖЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ СМЕСЕЙ ПО ТРУБОПРОВОДАМ

Р.В. БЕЛОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Расчет потерь напора в трубопроводах проводят в основном по формулам, которые, как правило, основаны на весьма ограниченном опытном материале и часто расходятся между собой по результатам вычислений. Некоторые формулы получены из исследований, проводимых при движении воды в трубах малого диаметра и с малыми скоростями. Использование этих формул в других условиях, особенно для жидкостей, отличающихся по свойствам от воды, в том числе для неньютоновских эмульсий и других вязкопластичных жидкостей, не дает уверенности в надежной работе рассматриваемых сооружений. Поэтому из соображений безопасности обычно принимают более высокие значения потерь напора (или меньшие скорости), что приводит к значительному перерасходу материальных средств. Неньютоновские эмульсии, как отмечалось ранее, в значительных количествах добываются во многих странах мира, однако их перекачка по трубопроводам с большой пропускной способностью еще продолжает оставаться нерешенной проблемой.

Одна из главных причин такого состояния заключается в недостаточной изученности структурно-механических свойств этих жидкостей.

Для определение определения коэффициента гидравлических потерь в турбулентном потоке неньютоновских эмульсий имеются лишь эмпирические зависимости и рекомендованные эмпирические формулы. Возможность использования обобщенного параметра Рейнольдса как критерия, по которому можно судить о характере структурного течения вязкопластичных жидкостей, обоснована теоретически и подтверждается экспериментально.

УДК 621.165

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЦЕХА ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

А.В. БУЖИНСКАЯ, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

Цель: исследовать работу и эксплуатационные характеристики основного оборудования Ириклинской ГРЭС.

Задачи: изучить работу основного оборудования, особенности эксплуатации, защиту и ремонт оборудования, управление электрической станцией, технику безопасности на предприятии, направления модернизации.

В 2009 г. работники Ириклинской ГРЭС выполнили капитальный ремонт 2-х энергоблоков (№ 2, 7), текущий ремонт – 4-х (№ 1, 3, 6, 8) и средний – 2-х (№ 4, 5), завершили установку современных электронных систем регулирования частоты и мощности на всех энергоблоках.

Энергетики ГРЭС намерены повысить эффективность производства за счет рационального энергопотребления, повышения производительности агрегатов, цехов, производств; обеспечения отлаженной работы оборудования, снижения себестоимости продукции, сокращения удельных расходов основных и вспомогательных материалов, топлива, энергоносителей.

Рассматривается возможность, вернуться к проекту установки асинхронизированного генератора на станции, как необходимая мера для повышения устойчивости энергосистемы.

УДК 621.1

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕПЛОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА

Д.А. БЛОХИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Б.А. КУМИРОВ

Научно-технический прогресс и развитие цивилизации всегда связаны с получением новых источников энергии и совершенствованием старых. Забота об экологической ситуации на планете и стремление к экономии исчерпаемых природных ресурсов требует более широкого внедрения комбинированных установок и систем. Одной из возможностей реализации этого направления является использование комбинированных теплонасосных установок с одновременным получением тепла и холода.

Теплоснабжение промышленных и гражданских сооружений в России и за рубежом достаточно глубоко изучено и широко применяется в отличие от хладоснабжения. В то же время рассмотрение вопросов теплоснабжения в отрыве от хладоснабжения часто приводит к неэффективным технико-экономическим решениям.

В отличие от теплоснабжения, хладоснабжение, как правило, осуществляется индивидуальным способом, т.е. каждая система обслуживается собственной холодильной станцией. Именно тепловой насос решает эту проблему и позволяет комбинированно функционировать системе теплохладоснабжения, не требуя наличия протяженных сетей трубопроводов и одновременно имея преимущества в сравнительной легкости монтажа и эксплуатации установки.

Целью создания лабораторного стенда является разработка учебной экспериментальной установки для изучения процессов одновременного получения теплоты и холода. Это предполагает создание схемы и разработки методики испытаний с целью обучения будущих специалистов дисциплинам кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

УДК 621.165

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЦЕХА ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРАКТИКИ 2009 ГОДА)

Э.Р. ВАЛИЕВА, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

В июле 2009 г. мною была пройдена эксплуатационная практика на предприятии Ириклинская ГРЭС с элементами исследования.

В ходе практики ведущие инженеры ознакомили студентов с работой электростанции в целом, показали оборудование электроцеха, а также провели инструктаж по технике безопасности.

Цель исследования: познакомиться и дать характеристику основному электрооборудованию Ириклинской ГРЭС.

Задачи: изучить тепловую и электрическую схему ГРЭС, работу оборудования, особенности эксплуатации и ремонт оборудования, организацию и планирование производства, принципы управления электрической станции, технику безопасности на предприятии.

Распределение, т.е. организация отпуска электроэнергии производится по высоковольтным линиям 500, 220, 110 кВ по следующим направлениям:

– ВЛ-500 кВ – «Житикара» (Казахстан), «Магнитогорск», подстанция «Газовая» (Оренбургская область);

– ВЛ-220, 110 кВ – по Оренбургской области, Башкортостан.

Энергетиками было намечено провести большой комплекс работ по внедрению современных систем управления всеми технологическими процессами на станции. Планируется серьезное внимание уделить энергосбережению, в котором еще кроется немало неиспользованных возможностей с точки зрения увеличения выработки без наращивания генерирующих мощностей. Например, только внедрение частотно-регулируемых приводов на тягодутьевых машинах способно сэкономить миллионы киловатт часов. Вероятно, со временем придется вернуться и к проекту установки асинхронизированного генератора на станции, который в свое время всерьез рассматривался, как крайне необходимая мера по повышению устойчивости энергосистемы.

УДК 621.182

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В ДВУХКОНТУРНОМ И ОДНОКОНТУРНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Д.А. ГАЛЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. ИЛЮХИН

При реконструкции систем теплоснабжения ЖКХ городов РТ применяются двухконтурные тепловые схемы водогрейных котельных с химической деаэрацией подпиточной воды, в которых используются жаротрубные котлы. Тепловая мощность котельных установок составляет от 3 до 9 МВт, а единичная тепловая мощность котла соответственно равна 1 или 3 МВт.

В двухконтурных схемах котельных установок, по сравнению с одноконтурными, дополнительно устанавливается промежуточный пластинчатый теплообменный аппарат и группа сетевых насосов внутреннего контура.

В тепловой схеме двухконтурной водогрейной котельной применяется химическая деаэрация подпиточной воды. Кроме того, вместо вакуумных деаэраторов в котельных небольшой производительности можно устанавливать центробежные деаэраторы.

Для поддержания постоянного расхода воды в котле предусмотрен узел перепуска, то есть часть воды проходит мимо котла. Одновременно перепуском регулируется температура воды в подающем трубопроводе.

Установка дополнительного оборудования увеличивает капитальные затраты и кроме того, растут эксплуатационные расходы на приводе насосов внутреннего контура. Однако такое техническое решение оправдано необходимостью защитить жаротрубный котел от заноса отложениями, накопленными в системах отопления зданий за многолетний период их эксплуатации.

Целью данной работы является, сравнить технико-экономические показатели котельных в одноконтурном и двухконтурном исполнении и определить сроки окупаемости затрат для котельной с заданными тепловыми нагрузками в г. Казани.

УДК 621.1

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОКОМПЕНСИРУЮЩИХСЯ ТРУБ

Ф.Н. ГАЛИМОВА, М.В. БЕЛОНОВА, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.И. ВАХИТОВА

Самокомпенсирующаяся труба представляет собой спиральношовную трубу, в стенке которой сформированы винтовые гофры. В отличие от существующих компенсаторных прокладок тепловых сетей участки из самокомпенсирующихся труб при эксплуатации компенсируются за счет винтовых гофр, обеспечивая равномерное по длине трубопровода восприятие температурных деформаций. При нагреве или охлаждении трубопровода любой протяженности с заземленными концами в местах стыковки труб практически отсутствуют подвижки трубопровода.

Таким образом, проблема компенсации решается в пределах каждой трубы без сдвига ее концов. Мы полагаем, что это обстоятельство позволяет перейти к полностью бесканальным прокладкам тепловых сетей из самокомпенсирующихся труб без устройства отдельных компенсаторов, промежуточных подвижных и неподвижных опор и, тем самым, повысить долговечность теплопроводов, а также снизить уровень воздействия на окружающий ее грунт. При формовке полосы в трубу имеют место такие явления, как некоторое распрямление и уменьшение высоты гофр, а также искажение прямолинейных участков сечения полосы. Как в гладком, так и в гофрированном трубопроводе введение предварительных напряжений позволяет вдвое увеличить допустимый эксплуатационный температурный перепад, но за счет высокой компенсирующей способности гофрированных труб допустимый перепад температур в них значительно выше, чем в обычных. Это позволяет задавать предварительные удлинения трубопровода, превышающие удлинение от рабочего нагрева, что снимает сжатие, полностью обеспечивая работу трубопровода при растягивающих усилиях. Тем самым, мы полагаем, может быть исключена опасность общей потери устойчивости «горячего» трубопровода, что повысит надежность его эксплуатации.

Таким образом, на основании изложенного нами материала, самокомпенсирующиеся трубы можно рекомендовать для опытно-промышленного внедрения, поскольку, они являются не только долговечным инженерным сооружением, но и практически исключают подвижку земляных массивов при температурных изменениях теплоносителя, тем самым оказывая минимальное воздействие на окружающую среду.

УДК 621.1

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УХУДШЕННОГО ВАКУУМА НИЖНЕКАМСКОЙ ТЭЦ

А.А. ГАРИФУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

Летом от Нижнекамской ТЭЦ требуется большая выработка электроэнергии по конденсационному циклу из-за общего снижения выработки на тепловом потреблении. На сегодняшний день станция загружена как по тепловому, так и по электрическому графику, причем

загрузка по электрическому графику имеет место в течение всего года. Согласно Расчетно-пояснительной записке к энергопаспорту Нижнекамской ТЭЦ ОАО «Татэнерго» (Энергетическое обследование проведено согласно Графику обязательных энергетических обследований подразделений ОАО «Татэнерго» на 2000-2005 г. службой энергосбережения от 12.02.2009 г.) – температурный напор конденсатора при испытаниях составил 7,3 °С, при нормативе 6,3 °С. Недостаточное количество охлаждающей воды приводит к работе турбин с пониженным вакуумом, снижению экономичности работы и ограничению выработки электрической энергии. Недовыработка электрической мощности по причине повышенного температурного напора конденсатора составляет 154,3 кВт (на момент проведения испытаний). Годовой перерасход топлива из-за повышенного температурного напора конденсатора турбоагрегата ст. № 2 составил 269 т у. т. Соответствующие потери в денежном выражении оцениваются в 231 тыс.руб. (при стоимости условного топлива 859,32 руб./т у.т.). Решить проблему ухудшенного вакуума на станции поможет установка абсорбционной бромисто-литиевой холодильной машины.

Один из вариантов использования в тепловой схеме Нижнекамской ТЭЦ – это несколько АБХ заменяют градирни в теплый период года, автоматически выдерживая температуру оборотной воды на необходимом уровне. Для работы АБХ требуется теплоноситель (пар или горячая вода) с температурой не ниже 100 °С, охлаждающая вода (например, подпиточная или оборотная).

УДК 66.048.57

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ В АППАРАТАХ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ

М.В. ДЕЛЬ, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Для производства концентрированных фосфорных и комплексных удобрений экстракционную фосфорную кислоту требуется концентрировать до содержания 37–55 % P_2O_5 , а в производстве удобрений на основе полифосфорной кислоты – до 72–83 %.

В промышленности применяют два типа концентраторов: 1) с прямым контактом высокотемпературного теплоносителя с фосфорной кислотой; 2) с обогревом через стенку.

В конце прошлого века на примере некоторых предприятий по производству фосфорных удобрений было доказано преимущество первого типа концентраторов, а именно аппаратов погружного горения (АПГ), перед вторым. При этом до сих пор в основном применяют концентраторы с обогревом через стенку – вакуум-выпарные аппараты.

Для определения конкретного преимущества был произведен расчет АПГ для концентрации экстракционной фосфорной кислоты Кингисеппского месторождения оболочковых (ракушечных) фосфатных руд. Исходная экстракционная фосфорная кислота с содержанием 25 % P_2O_5 упаривается уходящими из погружной горелки дымовыми газами (топливо – природный газ), имеющие температуру 900 °С. При этом расчетная температура уходящих из аппарата газов равна 121,3 °С. Данные температуры соответствуют коэффициенту использования теплоты сгорания топлива равному 95,3 % (с учетом потерь 52%). На выходе из аппарата получается фосфорная кислота с концентрацией 54 % P_2O_5 . Как показал расчет, коэффициент использования топлива в АПГ соответствует современному котлу. Вместе с тем использование АПГ проще, так как устраняются промежуточные процессы (получение пара для вакуум-выпарного аппарата). Устраняется еще одна проблема – при концентрации фосфорной кислоты на поверхностях нагрева образуется большое количество отложений, чего не наблюдается в АПГ – там поверхностях нагрева нет. Учитывая, что фосфорная кислота весьма агрессивное вещество и требует дорогой высоколегированной стали, менее металлоемкие АПГ по сравнению с вакуум-выпарными аппаратами имеют весомое преимущество.

УДК 665.775.5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВТЭ

А.Ю. ГАССЕЛЬБАХ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Одним из факторов, определяющих эффективность использования ВТЭ является возможность на их основе решать ряд экологических проблем. Сжигание ВТЭ сокращает выход в газовых выбросах NO_x (примерно на 50 %), выбросы сажистых отложений снижаются примерно в 3–4 раза, выход CO уменьшается в среднем на 50 % и т.д.

К достаточно серьезным экологическим проблемам относится и непрерывное накопление сотен тысяч тонн балластных вод, содержащих

нефтепродукты. Существующая ныне система разгрузки мазута из железнодорожных цистерн ведет к заметному обводнению мазута в хранилищах (около 10 %). В то же время содержание воды в подаваемом на сжигание мазута не должна превышать 0,3–1 %. Чаще всего подготовка мазута к сжиганию сводится к двум операциям: обезвоживанию и нагреву.

Процесс нагрева крайне энергоемок и ведет к потере летучих компонентов топлива. Обезвоживание выполняется путем отстаивания, что малоэффективно, так как из-за близости плотностей воды и мазута требуется очень много времени для разделения фаз мазут–вода.

Использование таких вод при создании ВТЭ позволяет снять весь этот комплекс проблем. Соотношение фаз вода–топливо в эмульсии в зависимости от поставленной задачи может меняться в широких пределах (до 50 % воды).

Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10–15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %.

Еще одним важным фактором, характеризующим эффективность использования водотопливных эмульсий в котельнотопочных процессах является повышение эффективности и долговечности топочного оборудования. По некоторым зарубежным данным перерасход топлива из-за загрязнения поверхностей нагрева в котлах сажистыми и коксовыми частицами может превысить 30–35 %. При сжигании эмульсии часть капель последней долетает до поверхностей нагрева и взрывается на них, что способствует не только предотвращению отложений, но и очистке этих поверхностей от старых сажистых образований.

УДК 621.165

ПРОЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

В.П. МОРОЗОВ, А.А. КРАВЧЕНКО, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

«Лаборатория по проблемам развития производства» в ОГТИ разработала электронный учебно-методический комплекс «Технологические энергосистемы предприятий», с целью внедрения в учебный процесс студентов энергетических специальностей. В работе принимали участие студенты третьего и четвертого курсов.

Основным назначением комплекса является изучение энергетических систем, связанных с производством, передачей, распределением и использованием различных видов энергии, энергоносителей и энергоресурсов на предприятиях различных отраслей промышленности.

Особенностью данного учебно-методического комплекса является неразрывная его связь с конкретными производствами Восточного Оренбуржья. Он создан на основе материалов, предоставленных руководством действующих промышленных предприятий, таких как:

– Ириклинская ГРЭС (ОГК-1, поселок Энергетик) – источник тепловой и электрической энергии всего Восточного Оренбуржья;

– ЗАО «Синтезспирт» (город Орск) – предприятие химической промышленности;

– ОАО «Урал Сталь» (город Новотроицк) – металлургическое предприятие полного цикла.

Исходные материалы представляли собой инженерно-технические проекты как функционирующих энергосистем указанных предприятий, так и проводимых или планируемых технологических модернизаций этих систем.

Подобная информация в сочетании с теоретической базой является невероятно полезной для обучения студентов и предоставляет возможность освоить основы построения, работы, взаимодействия и, главное, проектирования различных энергосистем не только извне (по учебникам, справочникам и т.д.), но и изнутри (базируясь на реально существующих и близких географически объектах энергетики), а оригинальные систематизация и форма изложения позволяют достичь одновременно легкости в освоении материала и глубины его понимания.

УДК 621.1

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КПД КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Р.З. ГАФАРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

Для существующих котельных большим физическим износом оборудования является износ, достигший 68 %. Котлы малой мощности со слоевым сжиганием топлива широко используются в муниципальных котельных, принятые от обанкротившихся промышленных предприятий, воинских частей, организаций МПС и т.д., и отличаются низкой эффективностью работы. КПД котлов по разным причинам составляет 40–60 %. Для повышения КПД котла проводят анализ условий улучшения теплообмена внутри котла. Это можно достичь за счет изменения движения

газовых потоков, а также за счет увеличения поверхности теплопередачи. При этом, необходимо учитывать конкретную конструкцию того или иного типа котла (его габариты, количество секций и их расположение), выбирая наиболее рациональные варианты модернизации агрегата.

Модернизация котла рассматривает несколько направлений:

- возможность установки дополнительных поверхностей нагрева в топочном пространстве; и возможность установки в газоходах котла дополнительных перегородок (организация конвекционного лабиринта) для увеличения пути движения дымовых газов;

- увеличение мощности инжекционных горелок типа ИГК.

Реконструкция агрегата заключается:

- в разборке обмуровки котла с тыльной стороны и в установке в топочном пространстве двух дополнительных трубных экранов,

- в устройстве четырех перегородок в дымоходах котла. Для этого снаружи на боковых поверхностях котла делаются вертикальные пазы, через которые устанавливаются межтрубные перегородки.

Фактический КПД котла увеличивается на 10–12 % за счет снижения потерь тепла с уходящими газами и выброса его в атмосферу, теплопроизводительность возрастает более чем в 1,5 раза, температура уходящих дымовых газов снижается на 90–110 °С, при этом уменьшается уровень выбросов токсичных оксидов азота. В результате достигается весьма ощутимая экономия топлива – на 18–20 % уменьшается потребление газа на выработку 1 Гкал тепла.

Можно рассмотреть не только экономическую выгоду модернизации, но и возможность замены котельного парка с минимальными первоначальными затратами за счет экономии топлива, т.е. снижения эксплуатационных затрат. В результате проведенной модернизации котлов удастся существенно улучшить их характеристики, повысить КПД и теплопроизводительность, снизить расход топлива, улучшить экологические показатели работы котельной.

УДК 621.165

АНАЛИЗ И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО РЕЗЕРВА МАЗУТА В СИСТЕМЕ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

А.Ю МИРОШНИЧЕНКО, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

Цель: произвести расчет нормативного количества мазута за последние 3 года.

Задачи: разработать алгоритм методики расчета, соответствующий нормативным показателям.

Площадка ГРЭС расположена на берегу водохранилища, образованного плотиной Ириклинской ГЭС. Установленная электрическая мощность ГРЭС – 2400 МВт, тепловая – 190 Гкал/час.

На ГРЭС установлено 8 энергоблоков мощностью по 300 МВт каждый с турбоагрегатами К-300-240 ПО ЛМЗ и с прямоточными газомазутными котлоагрегатами паропроизводительностью по 950 т/час.

В качестве основного топлива используется природный газ и мазут в качестве резервного.

Газоснабжение осуществляется по одностороннему газопроводу до ГРС диаметром 700 мм, давление газа от 22 до 45 кг/см². От ГРС до ГРП проложены два газопровода диаметром 500 мм на давление 8–42 кгс/см².

На промплощадке построено два газорегуляторных пункта, от которых газ по двум газопроводам диаметром 1000 мм на эстакаде подается на главный корпус.

Мазутное хозяйство имеет двухпутное приемно-сливное устройство для разгрузки ж.д. цистерн, мазутосклад из 10 резервуаров емкостью по 10 тыс.т. каждый, мазутонасосную и мазутопроводы на эстакаде до главного корпуса.

Номинальный удельный расход топлива на отпуск электрической энергии равен:

$$b_{\text{Э}}^{\text{H}} = \frac{q_{\text{T}}^{\text{H}} \cdot (100 + K_{\text{СТ}}) \cdot K_{\text{T}}^{\text{отр}}}{7 \cdot \eta_{\text{K}}^{\text{H(Н)}} \cdot \eta_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{K}}^{\text{отр}}} \cdot 10^2.$$

Номинальный удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии равен:

$$b_{\text{TЭ}}^{\text{H}} = \frac{(100 - \alpha_{\text{нас}} + \alpha_{\text{пот}}) \cdot (100 + K_{\text{СТ}})}{7 \cdot \eta_{\text{K}}^{\text{H(Н)}} \cdot \eta_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{K}}^{\text{отп}}} \cdot 10^3.$$

УДК 621.1

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

Е.И. ИВАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

Электронный учебник (ЭУ) – программно-методический обучающий комплекс, соответствующий типовой учебной программе

и обеспечивающий возможность студенту самостоятельно или с помощью преподавателя освоить учебный курс или его раздел.

Электронный учебник может быть предназначен для самостоятельного изучения учебного материала по определенной дисциплине или для поддержки лекционного курса с целью его углубленного изучения.

Основные требования к методике составления электронного учебника следующие. Учебный материал должен быть разбит на главы. Содержание глав должно соответствовать учебной программе, дидактическим материалам с указанием цели. Основной материал главы должен быть объединен в одно целое с помощью гиперссылок. Дополнительный материал электронного учебника всплывающими подсказками.

ЭУ имеет ряд принципиальных отличий от учебника, изготовленного типографским способом: возможность мультимедиа; обеспечение виртуальной реальности; высокая степень интерактивности; возможность индивидуального подхода к обучающемуся.

Возможность использования гиперссылки позволит быстрый переход от одного участка учебника, к другому.

Несмотря на то, что создание электронного учебника представляет собою свободный творческий процесс преподавателя и программиста, необходимо все же придерживаться определенных методических требований.

С точки зрения функциональной значимости материал электронного учебника должен состоять из презентационной части, основного материала с упражнениями, задачами, контрольными вопросами; промежуточными текстами, позволяющими оценить полученные знания и открыть доступ к следующей ступени обучения (другим более сложной главой учебного материала).

УДК 536

УТИЛИЗАЦИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

А.Ф. НУРИЕВ, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.И. ВАХИТОВА

В настоящее время отопление и горячее водоснабжение городских объектов осуществляется, как правило, от централизованных систем теплоснабжения. Источником тепловой энергии в таких системах являются

городские ТЭЦ, на которых осуществляется комбинированная выработка электроэнергии и тепла, или районные котельные. Вместе с тем применение централизованных систем теплоснабжения имеет свои недостатки и ограничения. В этих случаях увеличение тепловых нагрузок создает для застройщика часто непреодолимые трудности, в том числе финансовые, при получении и реализации технических условий на подключение к районной тепловой сети.

Действующие в настоящее время тарифы на тепловую энергию в сочетании с затратами на подключение к городским тепловым сетям заставляют все чаще задумываться над альтернативными способами теплоснабжения.

Теплонаносные системы теплоснабжения представляются одним из наиболее эффективных альтернативных средств решения проблемы. С термодинамической точки зрения схемы теплоснабжения на базе тепловых насосов в большинстве случаев являются даже более эффективными, чем от ТЭЦ.

Тепловые насосы используют энергию, постоянно присутствующую в воздухе, воде и верхних слоях земли, они преобразуют ее в тепло для отопления. Положительным моментом в данном способе получения полезного тепла является то, что мы используем окружающую среду, не нанося ей вреда. Затратив 1 кВт электроэнергии в приводе насоса, можно получить 3–4 кВт тепловой энергии.

Мной проанализированы существующую тенденцию развития и использования тепловых насосов. Строительство завода по производству тепловых насосов в республике Татарстан предоставляет возможность и открывает перспективы использования данного оборудования в системах отопления промышленных предприятий.

Изучив положительный опыт эксплуатации теплового насоса в НГДУ «Лениногорскнефть», ОАО Танефть, можно дать рекомендации по вопросам их эффективного использования.

Тепловые насосы используют введенную в него энергию эффективнее любых котлов, сжигающих топливо. Величина КПД у него много больше единицы. В среднем 60–75 % потребностей теплоснабжения дома тепловые насосы обеспечивает бесплатно. Служат они по 15–20 лет до капремонта.

УДК 532.135

ВОЗНИКНОВЕНИЕ БИФУРКАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. ЛИВШИЦ

Данная работа посвящена исследованию процессов теплообмена при движении вязкой жидкости в условиях прогрессивного нарастания температуры.

Полученные в ходе работы математические зависимости использовались для построения плоскостных графических моделей, иллюстрирующих процесс изменения характера движения динамической системы. Однако в силу того, что характеристическое уравнение четыре безразмерных комплекса, отвечающих за поведение процесса движения нелинейно-вязкой жидкости, была реализована идея построения трехмерных наглядных моделей в виде поверхностей, которые и являются описанием тенденций в изменении определяющих параметров. Для получения графических зависимостей был использован математический пакет программ МАТНЕМАТИСА 5.0, объединяющий возможности аналитических и численных вычислений, а также визуализации в единой среде.

С целью подбора всех возможных случаев поведения системы в среде МАТНЕМАТИСА 5.0 был задан цикл, отслеживающий все четыре переменных безразмерных комплекса не только с возможностью графического построения, но и отслеживая численные значения. В результате был получен материал, графически иллюстрирующий наличие бифуркационных явлений, которые выражаются в существовании нескольких значений температуры при одних и тех же значениях определяющих параметров.

Таким образом, на основе аналитического исследования системы уравнений движения и сохранения энергии получены пространственные изображения, иллюстрирующие возможность возникновения бифуркационных явлений при движении вязкой ньютоновской жидкости в бесконечной круглой трубе. С использованием программных продуктов становится возможным численное определение безразмерных параметров, а при подстановке начальных условий – получение конкретных значений физических величин. Планируется разработка программы, которая нацелена на выявление подобных тенденций при различных начальных параметрах для целого ряда жидкостей.

УДК 621.165

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. ПАРХОМЧИК, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

В программе технической деятельности РАО «ЕЭС России» планируется ввести к 2010 году оборудование суммарной мощностью 10 млн кВт, включая: 13 шт. ПГУ – 450 (всего ГТЭ – 160); 9 шт. ПГУ – 325; 7 шт. ПГУ – 170; 1 шт. ГТЭ – 110; 3 шт. ПГУ – 540; 1 шт. ПГУ – 270.

Существенно повысить эффективность использования газа можно при использовании газотурбинных и парогазовых технологий.

Электрический генератор при неизменном расходе топлива в камере сгорания ГТУ увеличивает выработку электроэнергии в 1,5 раза. В итоге КПД лучших современных ПГУ достигает 55–58 %. Цель исследования: разработать информационную и методическую базу проектирования котла-утилизатора для модернизаций Ириклинской ГРЭС и Орской ТЭЦ-1 при замене технологических схем и оборудования, а именно установкой ПГУ–325 взамен существующих конденсационных блоков 300 МВт ст. № 1 и №2 Ириклинской ГРЭС и установкой парогазовых установок мощностью 230 МВт на Орской ТЭЦ-1, что приведет к увеличению мощности этой станции в 2 раза. Задачи: привести методику расчета котла-утилизатора в ПГУ; выполнить термодинамический расчет котлов-утилизаторов. Актуальность исследования состоит в необходимости эффективной модернизации источников теплоты с учетом особых конструктивных решений, режимов работы и управления основного и вспомогательного при проектировании конфигурации ПГУ.

Установленная электрическая мощность Ириклинской ГРЭС на данный момент составляет – 2400 МВт, тепловая – 190 Гкал/час. На ГРЭС установлено 8 энергоблоков мощностью по 300 МВт каждый с турбоагрегатами типа К–300–240 ЛМЗ и с прямоточными газомазутными котлоагрегатами паропроизводительностью по 950 т/час. В связи с физической изношенностью основного оборудования неизбежна реконструкция и техническое перевооружение существующей электростанции.

В состав ПГУ-230 для Орской ТЭЦ-1 будет входить газовая турбина ГТЭ-110, котел-утилизатор ПГЕ-435 с дополнительным дожигом топлива, паровая турбина КТ-120/140-12,8. Котел-утилизатор будет вырабатывать

перегретый пар стандартных параметров, за счет чего котел может работать как индивидуально на турбину КТ-120/140-12,8, так и посредством поперечной связи на паровые турбины ПТ-65/75-130/13, установленные в КТЦ 4-й очереди.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАЗВЕТВЛЕННЫХ СХЕМ ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.И. КАТКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

Системы пароснабжения промышленных предприятий представляют собой комплекс установок, обеспечивающих производство, транспорт и потребление пара.

Структуру пароконденсатного хозяйства можно представить следующим образом: источник пароснабжения – ТЭЦ или котельная; паровые сети; система сбора и возврата конденсата.

Применение пара приводит к образованию вторичных энергоресурсов (ВЭР) в виде вторичного и отработавшего пара, горячей воды и т.д.

Пароконденсатное хозяйство является неотъемлемой частью любого крупного предприятия и в значительной мере оказывает влияние на работу как всего предприятия в целом, так и на производительность отдельного технологического процесса. При эксплуатации систем пароснабжения возникает ряд проблем: использование влажного насыщенного пара; не разработанность методов расчета схем пароснабжения; наличие значительных потерь пара и конденсата; недостаточное использование возможностей по регенерации теплоты и т.д.

Каждый из данных недостатков влияет на экономичность и производительность промышленного предприятия. И решение какого-либо из них может существенно повысить эффективность работы предприятия и отдельных технологических процессов.

В литературе по пароконденсатному хозяйству особо слабо освещен вопрос, касающийся разветвленных схем пароснабжения.

Важной задачей этого вопроса является разработка методов расчета разветвленных схем. Существующие методы не удовлетворяют возникающим требованиям, и не существует единой теории данного расчета.

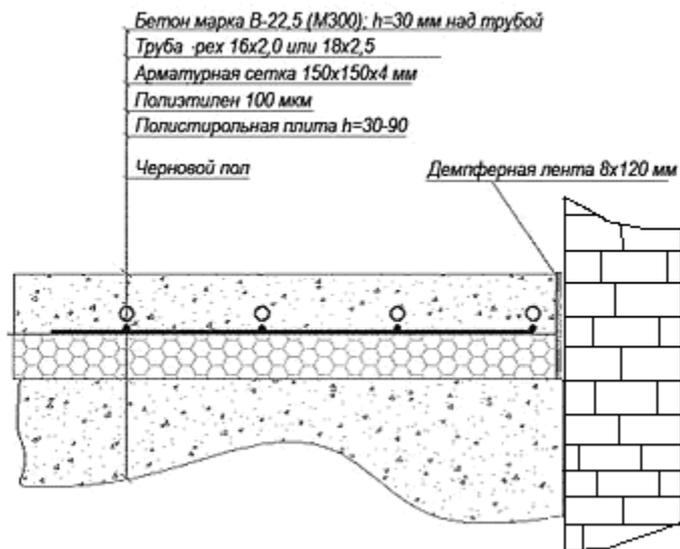
Обзор и изучение пароконденсатного хозяйства промышленного предприятия, предполагает разработку методики расчета разветвленных схем на основе существующих расчетов, путем их усовершенствования и доработки. Разрабатываемая схема должна позволить непосредственно целиком рассчитывать разветвленные сети паропроводов и использовать ее на промышленном предприятии.

УДК 620.9

СИСТЕМА «ТЕПЛЫЙ ПОЛ» – АЛЬТЕРНАТИВА РАДИАТОРНОМУ ОТОПЛЕНИЮ КВАРТИР

Е.С. САДОВНИКОВ, К.В. СЛЮСАРСКИЙ, ТПУ, г. Томск
 Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Система, служащая для нагрева поверхности пола и использующая его же в качестве теплоаккумулятора и теплоизлучателя, называется системой «теплый пол». Конструкция теплого пола представлена на рис.



Конструкция системы «теплый пол»

В работе спроектирована система отопления при помощи теплого пола, которая предлагается как альтернативный вариант радиаторному отоплению. Параметры теплоносителя в системе отопления полом 55–45 °С. Обеспечение требуемой температуры поверхности пола и ограничение температуры теплоносителя в контурах осуществляется на узле смешения посредством трехходового термостатического клапана.

Все трубопроводы выполняются из молекулярно-сшитого полиэтилена РЕХ. Трубопроводы прокладываются скрытно в толще пола и защищены гофрированной трубой в местах пересечения «деформационных швов». Способ укладки труб – «улитка – меандр», что обеспечивает равномерный прогрев пола. Трубопроводы проложены в конструкции пола с расчетным шагом b (расстоянием между трубами греющего контура). Отдельный ввод в квартиру позволяет выполнить поквартирный учет тепла. Монтаж системы отопления необходимо выполнять строго соблюдая существующие рекомендации по монтажу труб из молекулярно-сшитого полиэтилена – РЕХ (ПЕКС).

УДК 622.692.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЗУТОПРОВОДА

Л.Н. КИЛЬДИЯРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Эксплуатация мазутопроводов имеет свои особенности, которые определяются сложной реологией мазута и особенностями принятой технологии перекачки. Применительно к эксплуатации мазутопровода с подогревом специфика проявляется, прежде всего, во влиянии условий теплообмена трубопровода с окружающей средой на свойства мазута как транспортируемой среды и, как следствие, на основные технологические параметры.

Одной из основных особенностей течения мазута является существенное влияние друг на друга процессов теплообмена и гидродинамики. Интенсивность теплообмена зависит от скорости течения жидкости, ее распределения по сечению трубы, реологических характеристик и др. И наоборот, интенсивность гидродинамических процессов меняется при изменении условий теплообмена. Эта связь тем существеннее, чем сильнее влияние температуры на реологические характеристики перекачиваемой жидкости. На этот процесс накладывается влияние особенностей работы насосного оборудования.

При исследовании режима работы мазутопровода требуется в общем случае совместно рассмотреть гидродинамику с теплообменом жидкости и увязать их с передачей тепла в окружающую трубопровод среду.

Математическая модель движения вязкой подогретой жидкости в магистральном трубопроводе представляет собой систему дифференциальных уравнений движения неразрывности, энергии,

передачи тепла в окружающую трубопровод среду, условия сопряжения, а также зависимости термодинамических и физических характеристик жидкости от давления и температуры.

Данные уравнения – дополнительная зависимость физических характеристик от температуры при принятых исходных допущениях полностью описывает процессы переходных режимов эксплуатации мазутопроводов с насосными и тепловыми станциями, отборами и притоками мазута. Они являются полной, и отражает взаимосвязь тепловых и гидродинамических процессов в трубе и процессов передачи тепла в окружающую среду.

УДК 620.193.1

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ НА ЭРОЗИЮ

Д.Г. СОКОЛОВ, ОАО «ВТИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. БЕЛЯКОВ

Рабочие лопатки последних ступеней низкого давления паровых турбин тепловых и атомных электростанций подвергаются воздействию ударно-капельной эрозии, что, приводит к износу материала лопаток по входным и выходным кромкам в процессе эксплуатации, что, в свою очередь, снижает к.п.д. турбины, увеличивает расход условного топлива на единицу мощности. Зачастую, эрозионные повреждения рабочих лопаток турбин приводят к аварийным ситуациям. Более 90 % аварий, происходящих на паровых турбинах, связано с поломками лопаток проточной части турбины, из которых более половины аварий связано с рабочими лопатками последних ступеней низкого давления. Высокая стоимость лопаточного аппарата, высокие требования по надежности и ресурсу рабочих лопаток определяют поиск конструктивно-эксплуатационных (активные способы защиты от влажнокапельной эрозии) и ремонтно-технологических (пассивные способы защиты) решений в совокупности, так как на активную составляющую приходится до 50 % влагоудаления.

Существует немногим более 10 пассивных способов защиты материала от эрозии (например, напайка стеллитовых пластин, закалка токами высокой частоты, электроискровое легирование и т.д.). При этом в литературных источниках неоднозначно оцениваются методы пассивной защиты от ударно-капельной эрозии.

С этой точки зрения большое значение имеет разработка методики сравнительных испытаний материалов и покрытий для достоверной оценки эрозионной стойкости.

ОАО «ВТИ» приступил к разработке стенда для испытаний материалов и покрытий на каплеударную эрозию. Важной особенностью испытаний на данном стенде является использование особых образцов, конструкция которых позволит максимально приблизиться к реальным условиям эксплуатации лопаток последних ступеней низкого давления паровых турбин.

УДК 621.311.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ХРАНЕНИИ МАЗУТА В РЕЗЕРВУАРАХ

Л.Н. КИЛЬДИЯРОВ, КГЭУ, Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Целесообразность применения тепловой изоляции металлических резервуаров при хранении мазута на ГРЭС и ТЭЦ обусловлена климатическим расположением. Большинство расчетов не в полной мере учитывает действительные условия хранения мазута в крупных металлических резервуарах, в частности эффект образования на холодных стенках резервуаров слоя застывшего мазута, резко уменьшающего потерю тепла в окружающую среду.

Для решения вопроса о действительных потерях тепла и толщине застывшего топлива при хранении мазута провели испытания металлических резервуаров в различных климатических зонах.

Испытывались изолированные и неизолированные резервуары при хранении мазута марок М 100 и М 40. Опыты проводились как без нагрева, так и при включенной горячей и холодной рециркуляции.

При проведении опытов измерялась температура мазута в резервуаре и окружающей среде, температура наружной поверхности резервуара или изоляции, направление и скорость ветра, удельный тепловой поток с боковых поверхностей и крыши. Температура окружающей среды во время опытов изменялась от 0 °С до +16 °С, скорость ветра от 1 до 7 м/с. Температура мазута в резервуарах составляла от 47 до 74 °С

Потери тепла от неизолированных резервуаров значительно превосходят потери от изолированных резервуаров, особенно для северных районов (в 9 раз). Стоимость тепловой изоляции металлических

резервуаров в северных частях окупается в течение одного года, а в южных – приблизительно за четыре года.

Проведенные расчеты соответствуют температуре мазута М 100 в резервуаре, равной 65–75 °С, и М 40 – около 50 °С. При более низких температурах потери тепла в окружающую среду понижаются, и, как следствие, при «холодном» хранении мазута ($t_M \approx 30$ °С) тепловая изоляция может не применяться. В резервуарах, оборудованных циркуляционным способом разогрева мазута, толщина корки застывшего или неподвижного слоя мазута недостаточна, чтобы она могла заменить собой наружную теплоизоляцию.

УДК 621.165

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

Р.Р. ФАТХУЛЛИНА, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО

В результате прохождения практики летом 2009 года на Ириклинской ГРЭС мной была изучена работа топливно-транспортного цеха, в частности обеспечение станции резервным топливом.

Цель исследования: постановка задачи модернизации системы подачи резервного топлива к форсункам котлов энергоблоков станции.

Задачи: изучить схему подачи резервного топлива Ириклинской ГРЭС, работу оборудования, используемого в цехе топливоподачи станции, параметры циркуляции мазута, технику безопасности в цехе.

Для бесперебойного снабжения котлоагрегатов подогретым и отфильтрованным мазутом на ГРЭС мазутное хозяйство включает в себя:

- железнодорожные пути для подачи цистерн под слив;
- две эстакады с разогревающими устройствами;
- приемные межрельсовые лотки;
- приемные резервуары;
- перекачивающие погружные насосы;
- мазутонасосные с насосами I и II подъема;
- основные резервуары (расходные резервуары).

Поступающие цистерны подаются по 26 штук с каждой стороны 2-х эстакад (104 цистерны одновременно). Мазут сливается в приемносливные лотки, где подогревается змеевиками до 45–50 °С и самотеком через

фильтр-сетки, гидрозатворы поступает в приемные емкости из которых погруженными насосами перекачивается в основные (расходные) резервуары. В расходных резервуарах мазут подогревается до 70–80 °С и поступает на всас 4-х насосов I подъема производительностью по 350 м³/час каждый, давлением 6 кг/см² подающих мазут к насосам II подъема, а также обеспечивающих циркуляционный разогрев и перемешивание мазута в резервуарах.

После насосов I подъема мазут проходит через подогреватели, где его температура повышается до 140–150 °С, сетчатые фильтры с ячейкой 1,5 мм и поступает на всас 4-х насосов II подъема производительностью по 240 м³/час, напор 60 кг/см². От насосов II подъема мазут по двум мазутопроводам подается в главный корпус.

УДК 697.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

А.А. СОЛДАЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.П. ШИНКЕВИЧ

Тепловые насосы – это компактные экономичные и экологически чистые системы отопления, позволяющие получать тепло для горячего водоснабжения и отопления коттеджей за счет использования тепла низкопотенциального источника (тепло грунтовых, артезианских вод, озер, морей, грунтовое тепло, тепло земных недр) путем переноса его к теплоносителю с более высокой температурой.

Теплонасосное теплоснабжение из всех видов нетрадиционной энергетики является наиболее быстро развивающейся отраслью, и в некоторых развитых странах оно уже является главным конкурентом традиционной теплоэнергетики, основанной на сжигании органического топлива. В соответствии с прогнозами Мирового энергетического комитета к 2020 г. в развитых странах 75 % тепла для отопления и горячего водоснабжения будет поступать от тепловых насосов.

В России же с 1992 по 2005 г. было запущено в эксплуатацию всего около 150 ТН, из них 126 ТН поставило ЗАО «Энергия». Это вызвано массой негативных причин: политического, организационного, экономического плана, недостаточная образованность руководящих кадров, от решения которых зависят масштабы применения ТН.

Тепловые насосы импортного производства в наших климатических условиях использовать чаще всего практически невозможно. Причем об этом не догадывается даже инженерно-технический персонал некоторых наших фирм, выпускающих тепловые насосы. В итоге берется отечественный поршневой или винтовой холодильный компрессор, так как специальные теплонасосные у нас не выпускаются, собирается на его базе без какой-либо переделки или модернизации тепловой насос, который, естественно, работает плохо, потому что компрессор холодильный и теплонасосные параметры ему не под силу, да и термодинамически он не оптимален.

Целью данной работы является изучение и использование тепловых насосов в условиях России, что включает рассмотрение доступного образования, возможных параметров использования в конкретных условиях России.

УДК 620.892.09

ПРИЧИНЫ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ВХОДНЫХ КРОМОК РАБОЧИХ И ВЫХОДНЫХ КРОМОК НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН И ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

А.А. ФОКИН, ОАО «ВТИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. БЕЛЯКОВ

В процессе эксплуатации входных кромок рабочих лопаток и выходных кромок направляющих лопаток цилиндра высокого давления (ЦВД) и цилиндра среднего давления (ЦСД) подвергаются абразивному изнашиванию, что резко снижает их ресурс и приводит к преждевременной их замене. Нарушение геометрических параметров и изменение шероховатости приводит к снижению их экономичности и надежности, что, в свою очередь, может привести к аварийной ситуации и разрушению элементов проточной части турбины.

Так, на турбинах К-160-130 ХТГЗ имеет место интенсивное изнашивание рабочих лопаток (РЛ) 2,4,8-11 ступеней ЦВД и ЦСД.

Причинами абразивного износа РЛ и направляющих лопаток (НЛ) являются:

- некачественная химическая водоподготовка питательной воды;
- химический состав материалов элементов нагрева и лопатки;
- химический состав лопатки.

Для решения проблемы абразивной стойкости лопаток проточной части ЦВД и ЦСД необходимо определить область задач, необходимыми из которых, на наш взгляд, являются:

- определение метода защиты входных кромок РЛ и выходных кромок НЛ;
- уточнить механизм воздействия абразивных частиц на материал поверхностных зон лопаток;
- определить технические и технологические возможности осуществления процесса организации защиты в условиях ремонта турбин (без разлопачивания);
- определить оптимальные параметры технологии;
- провести исследования материалов лопаток с противоэрозионной защитой;
- провести сравнительные испытания абразивного изнашивания.

УДК 622.32

ХОЛОДНОЕ ХРАНЕНИЕ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Э.М. ХАЙРИЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Температура застывания мазута в значительной степени зависит от состава исходной нефти. У нефтяных остатков, получаемых в процессе перегонки высокопарафиновой нефти, температура застывания обычно выше, чем у остатков, получаемых при перегонке нефти с высоким содержанием нафтеновых и ароматических углеводородов при той же степени отгонки дистилляторов.

Температура застывания мазута марки 40 из высокопарафиновой нефти может на 15 град превышать температуру застывания мазута, выработанного из других нефтей. Температура застывания мазута обычно возрастает с увеличением его плотности и вязкости.

Содержание в мазуте воды заметно сказывается на его теплоте сгорания. Каждый процент влаги снижает теплоту сгорания мазута примерно на 100 ккал, из которых около 94 ккал обусловлено уменьшением содержания горючей массы топлива и 6 ккал – расходом тепла на испарение 1 % воды.

При водном транспорте мазута или его разогреве острым паром в топочном мазуте марок 40 и 100, а также в топливе для мартеновских печей допускается содержание до 5 % H₂O.

Расчеты, основанные на экспериментальных данных, показывают, что при хранении мазута в обвалованных железобетонных резервуарах при температуре 60–70 °С годовые потери тепла составляют 150–210 тыс. ккал на тонну мазута.

Введение присадок позволяет значительно снизить температуру застывания (до 15–21 °С) и повысить текучесть мазута, но эта мера не сможет решить большинства проблем имеющихся на мазутном хозяйстве.

Холодное хранение мазута может найти широкое распространение при использовании мазута в качестве резервного топлива, а также на мазутных ГРЭС и ТЭЦ со значительным запасом топлива метод холодного хранения мазута является экономически целесообразным.

УДК 620.9

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИИ БАСЕЙНА

С.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Помещения закрытых плавательных бассейнов относятся к категории помещений с влажным режимом, имеющим свои отличительные особенности при формировании в них тепловых и влажностных потоков, определяющих выбор того или иного технического решения по обеспечению требуемых санитарно-гигиенических условий.

Процесс формирования тепло-влажностного режима в таких помещениях описывается системой уравнений теплового и влажностного балансов.

Объектом исследования был детский бассейн, общей площадью помещения 128,68 м². Размеры водного зеркала бассейна – 60 м². Количество одновременно находящихся людей в бассейне – 20 человек. Освещение осуществляется люминисцентными лампами по периметру бассейна. В проходах между чашей бассейна и душевыми кабинами, а также в дорожках по периметру бассейна предусмотрены подогреваемые полы.

Так как изменить строительное решение не представляется возможным, для обеспечения невыпадения конденсата в зону остекления решено подавать сухой воздух с температурой выше температуры внутреннего воздуха равномерно распределенными настилающимися струями с относительно высокой скоростью, обеспечивая этим повышение

температуры ограждения и низкую степень контакта внутреннего влажного воздуха с низкотемпературной поверхностью остекления. Исходя из полученных результатов по необходимому количеству воздуха для ассимиляции влаговыделений в зимний период, спроектировали одну приточно-вытяжную установку на $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, которая будет работать в зимний период с 20 %-ой рециркуляцией внутреннего воздуха, а летом полностью на наружном воздухе. Из-за малой разности влагосодержания приточного и внутреннего воздуха в летний период, для ассимиляции влаговыделений требуется воздух в количестве $84986 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для принятого решения необходимо снизить расход приточного воздуха за счет осушения приточного воздуха в зале бассейна.

Удаление влаги из приточного воздуха в летний период планируется производить зональными осушителями General Climate предназначенными для осушения воздуха в помещении бассейнов (в количестве 5 штук).

УДК 621.1

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШИННОГО ЗАВОДА

Р.Ш. МИНГАЗУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

Автомобильной шиной обычно называют резинокордную упругую оболочку, наполненную сжатым воздухом и укрепленную на ободе колеса автомобиля. Шины обеспечивают возможность движения, торможения и управления автомобилем. Рассмотрим процесс приготовления покрышки. Перед формованием покрышки подогревают при помощи горячего воздуха, нагретого до $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Длительность подогрева покрышек – 120 мин. Процесс осуществляют в специальных камерах; при этом покрышки висят на неподвижных вешалках или движутся на конвейере. Установлено, что большинство резиновых смесей могут без существенного ухудшения качества находиться при повышенных температурах в течение определенного времени. Подогрев покрышек не только облегчает формование, но и ускоряет процесс вулканизации. Температура диафрагмы также имеет большое значение. Чем тоньше покрышка, тем выше может быть температура в диафрагме. Диафрагма плохо проводит тепло, и поэтому следует создавать, возможно, большой температурный перепад между теплоносителем и изделием. При продолжительной

вулканизации толстостенных изделий температура первых слоев равна температуре диафрагмы, а температура внутренних слоев значительно ниже; поэтому в этих случаях в диафрагме нежелательно поддерживать высокую температуру. Обычно поддерживают температуру теплоносителя от 158 до 200 °С.

После этого диафрагму заполняют перегретой водой (под давлением 20–22 атм). Используется перегретая вода, нагретая до 175 ± 5 °С при «циркуляционной» системе.

Для снижения давления в трубопроводе перегретой воды, предлагается вместо воды с давлением 20–22 атм перейти на пар с давлением 8–10 атм. При этом эксплуатация трубопроводов будет в более «мягких» режимах, чем в настоящее время. Также сможем уйти от промежуточного теплообменника, который участвует в процессе приготовления перегретой воды, тем самым получим экономию пара и уменьшим затраты при приготовлении воды на производстве.

УДК 620.9

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЗРИТЕЛЬНЫХ ЗАЛАХ ТЕАТРОВ

Ю.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Самой большой проблемой при проектировании театров является организация воздухораспределения в зрительных залах.

Театр, как объект для проектирования системы вентиляции, имеет несколько сложностей: высокие потолки, большая концентрация людей, высокие акустические требования.

В ходе обследования нескольких театров сделан вывод, что практически во всех существующая схема воздухораспределения «сверху–вниз», используемая до сих пор, не обеспечивает комфортные условия воздушной среды в зонах размещения зрителей. Недостатки, выявленные при обслуживании зрительного зала данной схемой, следующие: расход свежего воздуха в 2–3 раза больше, чем это требуется по санитарным нормам; концентрация углекислого газа, температура и влажность выше допустимой. Однако данная схема имеет одно важное преимущество, которое зачастую перевешивает все технические недостатки – относительно низкая цена.

В последнее время появляется все больше сторонников схемы организации воздухообмена «снизу–вверх». Данная схема вентиляции обладает рядом преимуществ: воздух обслуживает ограниченную по высоте зону – до 2 м от пола, качественному и равномерному воздухораспределению способствуют конвективные потоки от зрителей, воздух подается через решетки, расположенные под каждым креслом и, наконец, скорость подачи воздуха очень мала – не более 0,3–0,5 м/с. Несмотря на очевидные преимущества использования данной схемы, для кондиционирования требуются большие расходы воздуха, а также низкоскоростные воздухораспределители характеризуются большими габаритами и высокой стоимостью.

Необходимо отметить, что для обеспечения эффективного воздухообмена рекомендуется использовать максимально рассредоточенный способ подачи и забора воздуха. Не следует подавать воздух с помощью несколько мощных решеток. Наилучший вариант – использование ультрасовременных устройств воздухораспределения, вмонтированных в спинки-«каналы» кресел, наподобие эжекционного доводчика.

УДК 622.32

ПОТЕРИ НАПОРА В МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЧЕРЕЗ НИХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СМЕСЕЙ

Р.И. МАКСИМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

При перекачке неньютоновских эмульсий и других жидкостей по трубопроводам значительная доля потерь энергии приходится на потери в запорных устройствах (вентили, задвижки), отводах (колена, угольники и т.д.).

Установлены зависимости коэффициента местного сопротивления от конструкций трубопровода, физико-механических свойств перекачиваемой жидкости, средней скорости движения и числа Рейнольдса. Большинство этих зависимостей получено в результате опытов, проведенных на воде, масле, воздухе, на глинистом и цементных растворах, на нефти и реже – на неньютоновских эмульсиях и других вязкопластичных жидкостях.

Поскольку в технической литературе отсутствуют достаточно полные сведения по расчету коэффициентов гидравлического сопротивления

элементов нефтепроводов, проектанты вынуждены пользоваться данными, полученными для воды, что приводит к существенным ошибкам при определении общего сопротивления нефтепровода.

Для определения потерь напора при резком и плавном поворотах трубопроводов в процессе движения через них неньютоновских эмульсий проводили специальные экспериментальные исследования.

Критерий Илюшина, как и обобщенное число Рейнольдса, можно использовать для гидравлической характеристики потока неньютоновских эмульсий лишь до тех пор, пока не произошла полная его турбулизация. В турбулентном потоке аномальной жидкости, протекающей через зоны внезапного изменения конфигурации потока, превалирующую роль играют инерционные силы, по сравнению с которыми и силы вязкости, и силы пластичности становятся пренебрежимо малыми. В области же структурного и переходного режимов движения вязкопластичной системы, когда основными параметрами, определяющими гидродинамическую картину течения, являются структурная вязкость и предельное напряжение сдвига, одинаково правомерно применение критериев подобия.

УДК 621.165

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

**Т.Т. ЧЕСТОБАЕВ, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. АНУФРИЕНКО**

Цель: поставить задачу модернизации системы водоснабжения Ириклинской ГРЭС.

Задачи: изучить действующую систему водоснабжения, выявить проблемы большой технико-экономической значимости для источника тепловой и электрической энергии.

Источником технического водоснабжения является Ириклинское водохранилище на реке Урал. Нормальный подпорный уровень водохранилища 245 м. Площадь зеркала водохранилища, участвующего в системе охлаждения, прошедшей через конденсаторы турбин воды, составляет около 29,0 кв.км. Забор воды проводится из водохранилища насосной станции первого подъема при открытых отметках уровня воды в водохранилище 245,0–231,0 м летом, 244,0–228,0 м зимой. При горизонтах воды в водохранилище выше 244,5 м вода к блочным насосным станциям

второго подъема (в промежуточный бьеф) поступает по самотечным водоводам, совмещенным с насосной станцией первого подъема. При этом отметка горизонта промежуточного бьефа должна быть выдержана 243,8 м.

Объем подачи воды на технические нужды ГРЭС составляет: в летний период – 84 м³/с, в зимний – 67 м³/с. На нужды одного блока подается соответственно 10,5 м³/с и 8,4 м³/с. Все сооружения системы техводоснабжения ГРЭС рассчитаны на эти максимальные параметры.

Очистные сооружения замазученных вод предназначены для очистки промышленных стоков от масла и мазута в объеме 400 м³/ч.

Степень загрязнения стоков нефтепродуктами по данным проекта должна составлять не более 100 мг/л.

Воды, прошедшие очистку и сбрасываемые на повторное использование в главном корпусе, должны содержать не более 0,3+0,05 мг/л растворенных нефтепродуктов.

Рассматривается проект модернизации системы водоснабжения в двух направлениях:

- 1) строительство обводного канала;
- 2) установка насосов с частотно-регулируемым приводом.

УДК 621.56

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТИПА ТТАИ

А.В. ТРОФИМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

С ростом энергетических мощностей, увеличением производства теплотехнического оборудования все сильнее увеличиваются габаритные размеры, объемы, масса применяемых теплообменных аппаратов (ТА). Поэтому создание более эффективных и компактных ТА, обеспечивающих значительную экономию энергии и металла, является актуальной проблемой. Наиболее перспективный путь решения этой проблемы – интенсификация теплообмена.

Существует мнение о том, что пластинчатые теплообменные аппараты превосходят кожухотрубные теплообменники. На сегодняшний день созданы теплообменные аппараты, которые по своим свойствам превосходят современные пластинчатые теплообменники – это трубчатые тонкостенные аппараты интенсифицированные (ТТАИ).

Теплообменники, маркируемые аббревиатурой ТТАИ, могут найти достаточное применение в промышленности и жилищном хозяйстве. Параметры применения этих типов теплообменных аппаратов следующие: рабочие давления сред – до 1,6 МПа, рабочие температуры среды – от (-40) °С до 200 °С, типы рабочих сред – невязкие капельные жидкости, пар, газ.

Использование в системах отопления и ГВС теплообменных аппаратов ТТАИ позволит, по сравнению с современными пластинчатыми аппаратами, резко уменьшить производственные площади, необходимые для размещения ЦТП и ИТП, отказаться от применения грузоподъемных механизмов и приспособлений, заметно снизить трудоемкость монтажа-демонтажа теплообменников и их техобслуживания, существенно сократить капитальные затраты при комплектовании тепловых пунктов, снизить требования к чистоте воды одного из контуров, уменьшить тепловую инерцию теплообменного оборудования.

Широкое применение ТТАИ способно положительно сказаться на надежности энергоснабжения ввиду доказанной высокой вероятности безотказной работы, а также легкости и низкой трудоемкости обслуживания.

УДК 665.61

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОПЛИВА НА ТОПОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

А.Ю. ПЕТРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Большое количество высоковязкого обводненного жидкого топлива, поступающего в народное хозяйство, трудности и высокая стоимость его обезвоживания заставил искать более простые и менее дорогие пути его использования.

Многолетняя практика успешного сжигания на тепловых электростанциях фрезерного торфа влажностью до 50 % и зольностью выше 10 %, а также влажных и многозольных бурых углей является примером возможности промышленного использования влажного топлива в крупных масштабах.

Однако подсушка топлива вызывается не столько необходимостью создания условий для сжигания топлива, сколько диктуется требованием обеспечения заданной производительности мельничного устройства

и бесперебойной подачи топлива по пылепроводам, так как при подаче по трубопроводам пыли повышенной влажности она прилипает к стенкам пылепроводов.

Влажность жидкого топлива в пределах до 20 % не дает резкого снижения показателей топочного процесса при соблюдении всех других условий его организации. Вместе с тем при использовании обводненного мазута влажностью 15–20 % и выше необходимо организовать топочный процесс так, чтобы исключить трудности, которые обычно возникают вследствие присутствия воды в тяжелом и вязком жидком топливе.

При рассмотрении процесса обезвоживания топливно-водяных смесей отмечалось, что он является процессом деэмульгирования, т.е. разрушения эмульсий, причем деэмульгирование нефтяного топлива (мазута и крекинг-остатков) малоэффективно потому, что в нем содержится известное количество асфальтенов, представляющих собой природные поверхностно активные вещества – эмульгаторы. В таком случае процесс превращения топливно-водяных смесей в эмульсии технически более эффективен и, следовательно, экономически более целесообразен.

УДК 697.3

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

М.Р. САБИТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

В настоящее время во всем мире особое внимание уделяется проблемам энергосбережения и экономии энергоресурсов. Наиболее актуальными являются меры по экономии тепловой энергии. Основная роль в увеличении эффективности использования энергии принадлежит современным энергосберегающим технологиям. Целесообразность реализации энергосберегающих мероприятий нужно всегда проверять на основе технико-экономического анализа. Следует учитывать экономический эффект, достигаемый непосредственно на объекте теплопотребления.

Основные потери тепловой энергии, приходится на ограждающие конструкции объекта теплопотребления. Экономия может быть достигнута выбором теплозащитных свойств наружных ограждений. В результате теплоизоляции наружных стен полистиролом, а также установка пластиковых окон позволила снизить тепловые потери на 65 %.

Оснащение потребителей тепла средствами контроля и регулирования расхода позволяет значительно сократить затраты энергоресурсов. Перерасход теплоты в зданиях происходит, в основном перегрева помещений, особенно в переходные периоды года, не заинтересованности теплоснабжающих организаций в сокращении расхода теплоты. Таким образом, внедрение регуляторов расхода теплоносителя приводит к снижению порядка 60 % теплопотребления.

К снижению потребления тепловой энергии приведет комбинированное использование традиционного теплоснабжения с инфракрасными излучателями. Экономический эффект от применения инфракрасных излучателей достигается снижением потребления тепла, за счет локализации зоны обогрева помещений, а также из-за равномерного распределения теплоты в воздушном объеме помещения. Применение данного мероприятия позволяет сократить теплопотребление на 50 %.

Для получения реальной экономии в системе потребителей тепловой энергии необходимо разработать научно обоснованные нормы потребления энергоресурсов.

УДК 621.1

ЗАЩИТА ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ И ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.И. ЛУКИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. Р.В. АХМЕТОВА

Основными загрязнениями сетевой воды механическими частицами являются: продукты коррозии трубопроводов тепловых сетей, систем отопления, теплообменного оборудования; шламовые отложения; минеральные примеси в виде частиц грунта и песка; посторонние фрагменты и случайные загрязнения.

С началом отопительного периода эти отложения при включении циркуляции теплоносителя в большом количестве попадают в тепловые сети. Концентрация загрязнений в обратной сетевой воде в этот период может многократно превышать нормативные значения по содержанию железа, взвешенных частиц, цветности, прозрачности, мутности.

Вынужденной мерой улучшения показателей качества сетевой воды является промывка сетей большим объемом воды, прошедшей водоподготовку. Это ведет к безвозвратной ее потере. Именно в пусковой период большую опасность для эксплуатации представляет занос

водогрейных котлов механическими частицами, поступающими на котельные с обратной сетевой водой.

Одним из методов снижения загрязнений в теплообменных оборудованьях и сетях является консервация.

Наряду с высокой эффективностью защиты от коррозии этот способ консервации имеет ряд сопутствующих положительных свойств: в процессе консервации и расконсервации происходит удаление с защищаемых поверхностей всех видов отложений и, что весьма важно, пассивации язв за счет удаления продуктов коррозии, покрывающих полость язвенных углублений, а по мере формирования защитной пленки – к прекращению дальнейшего их развития; удаление бугристых отложений с внутренней поверхности трубопроводов приводит к снижению гидравлического сопротивления и, как следствие, к экономии затрат электроэнергии на транспорт теплоносителя; отсутствует необходимость проведения перед консервацией химической очистки подлежащих защите поверхностей.

УДК 665.61

ОСОБЕННОСТЬ ВЯЗКОСТИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Г.М. ХАППАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Важнейшим свойством любой жидкости является ее вязкость. Вязкость определяет текучесть жидкости и затрату энергии на ее перемещение. Для жидкостей, употребляемых в качестве топлива, от вязкости в значительной степени зависит не только прокачиваемость топлив (следовательно, и производительность насосов и трубопроводов), но и работа форсунок, и качество распиливания топлив на выходе них. Вязкость есть внутреннее трение слоев жидкости, характеризующее падение скорости ее движения на единичном участке. Связь между внешним усилием (напряжением) и внутренним трением для ламинарного движения выражается законом Ньютона. Применительно к нефти и нефтепродуктам (керосин, масло, мазут, торфяная и каменноугольная смола) очень распространено измерение относительной вязкости в градусах условной вязкости °ВУ. Вязкость жидкостей уменьшается с повышением температуры. Наибольшей вязкостью обладают крекинг-остатки. По данным Геллера, вязкость крекинг-остатков бакинских

мазатов при температуре 80 °С колеблется в пределах от 43 до 57 °ВУ, а вязкость крекинг-остатков, получаемых от переработки туймазинских мазутов, составляет 40–73 °ВУ. Для снижения вязкости крекинг-остатков до 4 °ВУ температура их подогрева должна достигать 140–150 °С, а для мазута М-100 она составляет 114 °С. В дисперсных системах с повышенной концентрацией высоковязких компонентов вследствие появления пластических явлений их течение начинается только тогда, когда приложенное тангенциальное напряжение перейдет через некоторый предел. Вследствие дополнительного сопротивления сеткообразных структур, возникающего при течении таких жидкостей, появляется новая слагающая суммарной вязкости, которая получила название структурной вязкости. Высоковязкие мазуты и смолы являются представителями смеси высокомолекулярных соединений и их очень высокая вязкость при температуре 20–50 °С объясняется исключительно ростом структурной вязкости. При нормальном давлении во избежание вспенивания и последующего выброса эмульсии из емкости, где производится подогрев, не следует повышать температуру эмульсии выше 90–92 °С. Подогрев водно-мазутных эмульсий выше 100 °С следует выполнять в закрытых емкостях, учитывая возможность повышения давления.

УДК 621.3

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В СИСТЕМАХ ПАРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.И. ВАЛИТОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. Р.В. АХМЕТОВА

Одним из приоритетных направлений энергосбережения является реализация мероприятий по экономии потребления пара промышленным предприятием. Анализ многих энергетических обследований показывает, что без значительных капитальных затрат на предприятиях химической, пищевой и легкой промышленности, строительных материалов и машиностроения можно устранить от 10 до 40 % непроизводительных потерь пара за счет упорядочения организации сбора конденсата, правильным подбором и установкой конденсатоотводчиков.

В подсистеме парораспределения – потенциал энергосбережения составляет 5–15 % (от балансовой суммы поаппаратного потребления теплоты):

– поступающий к соответственно сгруппированным аппаратам греющий пар необходимо разделять по давлению на 2–4 рабочих уровня;

– уровни давления на распределительных гребенках следует поддерживать с помощью редуционно-охладительных установок (РОУ). Для этого необходимы РОУ малой производительности (200–2000 кг/ч), типовое конструирование и применение которых экономически оправдано, так как дросселирование связано с большими потерями;

– гидравлический режим в раздающих магистралях и подводящих трубопроводах должен быть настолько интенсивным, чтобы транспорт пара осуществлялся при незначительном (5–10 °С) его перегреве, когда охлаждение за счет теплоотдачи от ограждения компенсировалось бы перегревом от падения давления;

– для устойчивости потоков теплоносителя, распределенных по параллельным ветвям, необходимо, чтобы наибольшее падение давления приходилось на конденсатоотводчик;

– следует устанавливать конденсатоотводчики для дренажа участков раздающих магистралей внутренних сетей перед разделяющей запорной арматурой, подъемными участками, присоединительной арматурой аппарата. Расчетный режим отвода – перегретый пар (паросодержание конденсата – $X_1 > 1$).

УДК 662.753

СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ ТОРФА И МАЗУТА

Р.Н. МИННУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Установлено, что сжигание смеси торфа и мазута с долей мазута по теплу 20–40 % целесообразно производить отдельно по горелкам, причем на котлах с тремя и четырьмя молотковыми мельницами – в торфомазутных горелках путем установки плоскофакельных форсунок в средние торфомазутные горелки, а на котлах с двумя молотковыми мельницами в целях предотвращения температурных перекосов в топках и газоходах – в двух дополнительных вихревых горелках, расположенных на боковых стенах выше уровня горелок с максимально возможным их удалением от экранных контуров, включенных в солевые отсеки.

Для выдерживания номинальной температуры перегретого пара поверхность нагрева пароперегревателя должна обеспечивать

номинальную температуру перегретого пара при работе на торфе в диапазоне нагрузок 50–100 % и оптимальном топочном режиме с включенными в работу пароохладителями, ибо при доле мазута по теплу 20–40 % условная температура перегретого пара снижается на 15–25 °С.

Для осуществления сжигания мазута в комбинированных торфомазутных горелках в плоских параллельных струях были проведены исследования на стенде и опробованы в эксплуатации различные типы плоскофакельных форсунок. В результате для промышленного внедрения с учетом технологичности изготовления и надежности работы была принята мазутная форсунка парового распыливания, созданная на базе нормализованной короткофакельной форсунки путем изменения количества, диаметра и расположения отверстий на насадке головки. При этом для обеспечения наибольшей скорости воздуха по отношению к каплям распыленного мазута на выходе из форсунки имели средний угол по отношению к ее горизонтальной оси, равный 50 °. В горизонтальной плоскости для предотвращения попадания мазута на боковые стенки амбразур струи мазута были направлены по оси форсунки и расширились только за счет естественного угла раскрытия.

Потери тепла с механическим недожогом при работе на смеси топлив и на одном торфе практически одинаковы и при оптимальных избытках воздуха за пароперегревателем 1,2–1,25 составляют 0,4–0,6 %.

УДК 66.047

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СУШКЕ ЖЕЛАТИНА

М.Т. ХУЗЯХМЕТОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. КОНАХИН

Изготовление желатина состоит из следующих стадий. Упаренный желатиновый раствор насосом подается в расходную емкость, где его температура доводится до 45–50 °С. Из расходной емкости желатиновый раствор идет в теплообменный скребковый аппарат типа «Вотатор». В качестве холодильного агента применяется охлажденная до 2–5 °С вода. Студень с температурой 15–25 °С выдавливается на ленту распределительного конвейера, распределяющего студень равномерно по всей ширине ленточной сушилки. Выходящий из «Вотатора» студень должен быть сухим на ощупь, пряди студня не должны слипаться друг с другом. Далее студень проходит через сушильную камеру, разделенную

на 7 температурных зон. В первую зону сушилки главным вентилятором подается кондиционированный воздух из кондиционера-установки «Катобар». Воздух, начальная температура которого 20–30 °С, многократно пронизывает слой студня в процессе продвижения его через зоны сушильной камеры. С целью увеличения влагоемкости воздуха и скорости сушки температура воздуха из зоны к зоне постепенно увеличивается на 3–5 °С за счет подогрева параметров в зонных калориферах. Выходящий из сушильной камеры высушенный желатин поступает в дробилку. Измельченный желатин направляется в отделение букетировки.

Таким образом, осушка воздуха производится на установке «Катобар». В целях энергосбережения можно применить тепловой насос по замкнутому циклу и использовать низкопотенциальные вторичные энергоресурсы горячего воздуха, выходящего из сушильной установки. Приложение теплового насоса, работающего на низкопотенциальных ВЭРах, позволяет экономить потребление пара, снижает загрязнение окружающей среды тепловыми выбросами и хлористым литием, уменьшить себестоимость 1 т желатина с 379780 руб. до 376967 руб.

УДК 662.6

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МАССООБМЕНА ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ВЗАИМНО МАЛОРАСТВОРИМЫХ СРЕД

М.А. НАСРИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

В практике трубопроводного транспорта постоянно возникают различные задачи, связанные с замещением взаимно малорастворимых сред. Для массообменных процессов между такими средами характерно отсутствие существенной взаимной молекулярной диффузии через поверхность раздела соприкасающихся жидкостей. Наличие вязкостного сопротивления в потоках контактирующих взаимно не растворяющихся жидкостей, как и в случае взаимно растворяющихся жидкостей обуславливает их взаимное вклинивание за счет вынужденной конвекции, но при этом имеются существенные различия. Наличие существенного межфазного поверхностного натяжения в границе раздела несмешивающихся жидкостей со временем приводит к разрушению целостности поверхности их раздела и образованию отдельных пузырей

или скоплений с замкнутой поверхностью. Процесс движения этих скоплений по трубопроводу зависит от многих факторов. Очевидно, что скорость относительного движения указанных скоплений является основным параметром, характеризующим интенсивность массообмена между контактирующими жидкостями. При перекачке по трубопроводу с резко пересеченным продольным профилем в определенных участках трассы возникают зоны, в пределах которых действующие на скопления объемные силы уравниваются поверхностными силами, в результате чего движение скоплений вовсе может прекратиться. Если контактирующие жидкости сильно отличаются по плотности, то остановившиеся скопления являются причиной существенного увеличения гидравлического сопротивления трубопровода. Если трасса трубопровода проходит через водонасыщенные участки, то подъемная сила, создаваемая скоплениями более легкой среды, в ряде случаев может вызвать разрушение нитки трубопровода. Обычно нитка трубопровода, если ее глубина ниже уровня свободной поверхности воды, пролегает в водонасыщенной среде, которая при воздействии усилия проявляет способность к пластическому течению. Если действие силы продолжительно, то деформация водонасыщенной почвы может быть весьма значительной. Это приводит к перемещению трубопровода в вертикальном направлении.

УДК 621.1

ПРОБЛЕМЫ ДЕАЭРАЦИИ ВОДЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

А.В. ОФИЦЕРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.А. АХМЕТОВ

В настоящее время в системе ЖКХ страны эксплуатируется порядка 200 тыс. коммунальных отопительных котельных. Из них 60 % не оснащены водоподготовкой, а в 40 % котельных подготовка воды производится неудовлетворительно. Статистика показывает, что до 50 % объектов коммунального теплоснабжения требуют капитального ремонта. В системах централизованного теплоснабжения многих городов России используется открытая система теплоснабжения, когда отопление и горячее теплоснабжение (ГВС) жилых районов совмещено. Водоподготовка в таких котельных обязательна, однако, система

деаэрации воды неудовлетворительная. В этих системах приходится деаэрировать огромное количество подпиточной воды. Более 90 % деаэрационных установок в системе ЖКХ и в промэнергетике не обеспечивают расчетного качества деаэрирования воды. Многие имеющиеся деаэрационные установки используются как промежуточные баки без осуществления процесса деаэрации.

Применение комплексонов в процессе водоподготовки упрощает эксплуатацию, экономит силы и средства. Однако комплексоноват не нейтрализует полностью агрессивные свойства растворенного в воде кислорода. Большинство старых отопительных котельных, имеющих водогрейные котлы, располагают так же и паровыми котлами. Паровые котлы используются только для обеспечения деаэрации воды, так как в котельных установлены атмосферные деаэраторы, не способные работать без пара. Паровые котлы требуют обязательного умягчения воды в Na-катионитовых фильтрах. Паровые котлы работают, как правило, на малых нагрузках и при низком КПД. Деаэрационная установка ДСА-200 атмосферного типа была реконструирована с переводом ее в вакуумный режим работы. Это позволило отказаться от использования паровых котлов и перевести их в водогрейный режим, отказаться от Na-катионитовых фильтров, применявшихся ранее для паровых котлов. Получена значительная экономия топлива и соли.

УДК 621.1

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

А.Х. ХАЛИУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Б.А. КУМИРОВ

Научно-технический прогресс и развитие цивилизации всегда связаны с получением новых источников энергии и совершенствованием старых. Забота об экологической ситуации на планете и стремление к экономии исчерпаемых природных ресурсов требуют более масштабного внедрения таких перспективных источников энергии, как тепловые насосы.

Теплонасосные установки, осуществляя обратный термодинамический цикл на низкокипящем рабочем веществе, черпают возобновляемую низкопотенциальную тепловую энергию из окружающей среды, повышают ее потенциал до уровня, необходимого

для теплоснабжения, затрачивая в несколько раз меньше первичной энергии, чем при прямом сжигании топлива.

Многочисленные преимущества теплонасосных установок обусловили их широкое и всевозрастающее распространение во всем мире. По самым смелым прогнозам, доля тепловых насосов в теплоснабжении (коммунальном и производственном) развитых стран к 2020 г. достигнет 75 %. Ставится задача не о локальном или ограниченном применении теплонасосного теплоснабжения, а о максимальном отказе от прямого сжигания для этих целей органического топлива. Однако выгодные во всех смыслах тепловые насосы не находят широкого распространения в России, где в большинстве случаев в качестве низкопотенциального источника теплоты в финансовом плане доступен лишь наружный воздух, который в холодное время года малопригоден из-за слишком низких температур.

Целью создания лабораторного стенда является разработка учебной экспериментальной установки, которая позволит изучить режимы работы одноступенчатого компрессионного теплового насоса в условиях холодного российского климата с применением в качестве источника низкопотенциальной теплоты солнечного коллектора. Также предстоит оценить эффективность работы такой системы и возможность применения в качестве самостоятельного источника теплоснабжения.

УДК 621.4

СЖИГАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МАЗУТОВ И ГУДРОНА

Р.Р. ХАМЕТОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

Электростанция «Дунаменти» открытого типа, рассчитана на сжигание гудрона – остаточного продукта переработки нефти.

Кроме гудрона, в котлах предполагалось сжигать мазут, получаемый при переработке туймазинской нефти и надлендельский мазут из нефти венгерского месторождения. В действительности на электростанции сжигался гудрон, получаемый в результате переработки смеси из 70 % туймазинской и 30 % надлендельской нефти.

Температура хранения мазута – 85 °С; гудрона – 115–125 °С. Топливо в емкостях подогревается рециркуляцией после подогревателей первой и второй степеней. Предусмотрены также подогреватели змеевикового типа, расположенные в зоне всасывающих трубопроводов.

Мазутонасосная имеет двухступенчатую схему: из мазутохранилища топливо самотеком поступает через фильтры грубой очистки на всас насосов первого подъема, далее через подогреватели первой и второй ступени и фильтры очистки на насосы второго подъема и далее к котлам. Гудрон подогревается до 180 °С, мазут до 166 °С.

Суммарный расход тепла на подготовку топлива к сжиганию и хранение, в зависимости от сорта топлива и времени года, колеблется в пределах от 120 до 154 ккал/кг. При увеличении расхода топлива на котлы значение этих величин снижается. При расходе топлива 42 т/ч расход тепла на мазутохозяйство (в июле) составил 120 ккал/кг; при расходе 80 т/ч (в декабре) расход тепла – 117 ккал/кг.

За годы эксплуатации, несмотря на высокий подогрев топлив, никаких осложнений в работе подогревателей и тракте подачи топлива не было, причем очистке они не подвергались.

Перевод первых трех котлов, сжигавших надлендельский мазут, на сжигание гудрона привел к изменению КПД на мазуте – 88,6 %, на гудроне – 89,1 %.

Надо отметить что, с переходом на сжигания гудрона с надлендельского мазута не наблюдается случаи коррозии труб пароперегревателя. Преимущества гудрона очевидны: высокий КПД, меньше отложений на поверхностях нагрева.

УДК 697.34

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

А.А. ХАСАНШИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

При разработке схем резервирования тепловых сетей в области обеспечения приемлемого гидравлического режима возникают серьезные затруднения. Необходимо, чтобы при расчетном режиме устойчивость сети, т.е. отношение располагаемого напора в конце сети к располагаемому напору насоса была не ниже 0,5 и чтобы магистрали были соединены перемычками на различных расстояниях от источника питания.

Существуют различные возможности резервирования в схемах сетей ТЭЦ и мероприятия, необходимые для обеспечения теплоснабжения абонентов при аварийных условиях.

Для повышения надежности теплоснабжения схема тепловых сетей должна проектироваться с учетом резервирования основных

тепломагистралей. Основными путями резервирования являются создание переемычек, соединяющих основные магистрали на различных расстояниях от источника теплоснабжения, использование имеющихся районных котельных в качестве резервных источников питания, повышение гидравлической устойчивости сети. Сооружение в отдельных случаях специальных насосных подстанций.

Гидравлические режимы тепловых сетей в аварийных условиях могут рассчитываться при различных предположениях, от которых зависит методика расчета. Если ставится задача разработки мероприятий, обеспечивающих получение абонентами заданных (расчетных или уменьшенных) расходов воды, то подающая и обратная магистрали рассчитываются отдельно. Если ставится задача определить расходы у абонентов, которые установятся при тех или иных аварийных условиях, то проводится одновременный расчет всей сети как единой гидравлической системы. Такие расчеты должны выполняться проектными организациями при проектировании схемы тепловых сетей района, а также эксплуатационными организациями при разработке противоаварийных мероприятий.

УДК 621.4

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕМУ ТРУБОПРОВОДУ

Л.Ф. ХУЗИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

При последовательной перекачке различных нефтепродуктов смешение контактируемых потоков может происходить как вследствие продольной конвективной диффузии, так и благодаря массообменным процессам между потоком нефтепродуктов и твердой фазой пристенных отложений. Процесс смешения потоков вязкой жидкости в отличие от характера смесеобразования при последовательной перекачке нефтепродуктов существенно зависит от многих других факторов: от объемов последовательно перекачиваемых партий, интенсивности образования пристенных отложений и характера распределения их вдоль трассы трубопровода, компонентного состава пристенного вещества, кинетики растворения пристенных отложений в потоке перекачиваемых нефтепродуктов.

Промышленные эксперименты по последовательной перекачке нефтепродуктов показали, что интенсивность смесеобразования в зоне раздела в десятки, раз превышает интенсивность смешения светлых нефтепродуктов. Проведенные опыты показали, что перекачку нефтепродуктов, возможно, осуществлять в промышленных масштабах при применении механических разделителей, которые при движении в зоне раздела потоков замедляют интенсивность взаимного проникновения перекачиваемых продуктов вследствие продольной диффузии и оказывают эффективное разрушающее воздействие на слой пристенных отложений. Рассмотрев методики организации технологии перекачки, были сделаны выводы, что фактические потери нефтепродукта вследствие путевого смещения с другим нефтепродуктом и смыва пристенных отложений от первоначального объема партии и что скорость движения разделителей по трубопроводу устойчива. Это означает, что уплотняющие узлы разделителей на протяжении всего пути достаточно надежно герметизируют границу раздела потока. Для обеспечения эффективной последовательной перекачки различных нефтепродуктов с разделителями по трубопроводу необходимо запускать их серией в начале партии продукта.

УДК 665.775.5

ХРАНЕНИЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.В. ЯКИМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ф. ШАГЕЕВ

В рамках реализации программы «Энергоресурсоэффективность Республики Татарстан на 2006–2010 гг.», утвержденной приказом Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 02.05.2006 г. № 357, а также в соответствии с Посланием Президента Республики Татарстан Государственному Совету Республики Татарстан, которому предстоит разработать «Программу освоения ресурсов природных битумов на период до 2020 года» с включением мероприятия по подготовке запасов, рентабельной добыче, переработке и транспортировке сырья, реализации конечной продукции.

За рубежом широкое применение в качестве котельных топлив нашли водные эмульсии (оримумельсия) на основе природных битумов. Есть опыт использования водомазутных эмульсий (ВМЭ) в промышленности, успешно сжигают обводненные высоковязкие нефтепродукты (в том числе

и гудроны с любыми характеристиками). Показано, что присутствие механоактивированной воды в количестве до 20 % повышает КПД котлов и печей на 2–5 %, ликвидирует нагарообразование, повышает полноту сгорания, снижает уровень вредных выбросов и т.д. Получение прямых эмульсий, где дисперсионной средой является вода, может в значительной степени снять проблему вязкости жидкого топлива.

Ввиду того, что изменения теплофизических свойств водобитумной эмульсии при относительно низких температурах могут привести к выходу из строя всей системы хранения нефтепродукта необходимо разработать мероприятия для достижения заданной температуры в резервуарах.

В настоящее время циркуляционный метод является надежным и высокоэффективным способом подогрева ВБЭ в резервуарах, соответствующим требованиям современной теплоэнергетики. При циркуляционном подогреве возникают вихревые токи, приводящие к интенсивному перемешиванию и равномерному подогреву ВБЭ во всем объеме резервуара. Скорость подогрева ВБЭ в резервуаре при циркуляционном подогреве значительно выше, чем при использовании змеевиковых подогревателей. Благодаря этому сокращаются потери тепла в окружающую среду.

УДК 628.8(02)

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРИТОЧНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ТЕПЛОВОЙ СТАНЦИИ

Н.А. БАБУШКИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Работа приточно-вентиляционных установок на тепловых электростанциях является очень неудовлетворительной.

На ряде станций полностью отказались от организованного подогрева наружного воздуха в приточно-вентиляционных установках и вход в них герметично заделали. Но есть станции, где еще не разуверились решить проблему организованного подогрева воздуха в приточно-вентиляционных камерах и продолжают работать над этой проблемой.

В настоящей работе была сделана попытка экспериментальным и расчетным путем выяснить основные причины неудовлетворительной работы приточно-вентиляционных камер, намечены пути устранения их причин.

В работе использованы материалы исследований, проведенных совместно ПТО Нижневартонской ГРЭС.

На станции имеются приточные установки 2-х типов, отличающиеся количеством используемых калориферов, а также их размещением. При вентиляторном побуждении движения воздуха в среднюю группу калориферов поступает воздух из главного корпуса. При этом горячая вода подается на первый по ходу воздуха так называемый «горячий» калорифер, а затем частично охлажденная вода подается на второй – «холодный» калорифер.

В качестве нагревательных установок используются калориферы типа КСк-4-11-02-ХАЗА с механической прокачкой воздуха (возможны варианты с естественной тягой). Это калориферы 4-хрядные 4-х или 6-тиходовые, предназначены для нагрева воздуха в системах воздушного отопления и условиях холодного климата.

В процессе эксплуатации приточно-вентиляционных установок были отмечены следующие недостатки:

1. Перемерзание отдельных трубок.
2. Шум и повышенная вибрация вентиляторов, быстрый выход их из строя.
3. Недостаточная эффективность по съему тепла и увеличенная температура обратной воды.

UDC 662.96

POWER EFFICIENT COOLING CONVERTER GAS

N.A. BABUSHKIN, TPU, Tomsk

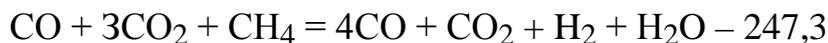
Research supervisor assistant professor L.I. MOLODEZHNIKOVA,
academic supervisor, assistant professor T.M. NEKRASOVA-BECKER

Converter gases are formed at the steel plant and represent a valuable energy resource, consisting of 90 % of the CO. Converter gases are a natural product of the oxygen way to produce steel.

Converter gases have a temperature of 1600 °C and contain 80–250 g/m³ of dust when exiting the converter. The high temperature prevents the use of the converter gas without preliminary cooling. Nowadays the cooling of converter gases in metallurgical production is carried out in the screen surface of the boiler along with steam generation.

The danger of this method lies in the fact that the water circuits are located above the converter, so if the water gets into the steel with the temperature of 1600 °C, this can cause an explosion.

There is a more efficient way of cooling converter gases – energy accumulation. This means that hot converter gases supply a certain amount of natural gas and an endothermic reaction occurs:



As a result, the gas temperature sharply decreases to 1000 °С, so the concentration of CO₂ decreases too and thus the CO content increases.

The process of energy accumulation is carried out by directing a stream of natural gas in the general flow of converter gases.

To prevent the carbon-black formation water steam in an amount less than the stoichiometric flow rate is added in the center of the gas jet.

Thus, for 1 m³ of converter gas 0,07 m³ of natural gas and 0,03 m³ of water steam are required.

There are no problems associated with mixing the converter flow and natural gas in the proposed method of cooling.

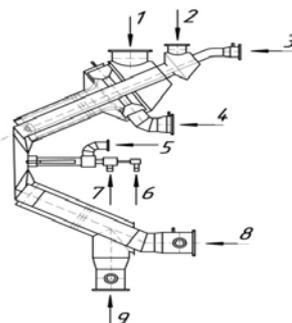
As a result of energy accumulation special steel is saved, the cost of water treatment gets reduced, and the steam which is typically not used in oxygen-converter production is not produced. In addition, droplets of metal are granulated by a rapid decrease in temperature, so there is no slugging in the stack.

УДК 621.19:075.9

ПЛОСКОФАКЕЛЬНОЕ СЖИГАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТОПКЕ ГАЗОПЛОТНОГО КОТЛА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ КГМ-125-10-540 ОАО «СКБК»

Г.П. КАЗАНКИН, А.А. МАКСИМОВ,
А.Р. АХМЕДЬЯНОВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Е.Б. АГАПИТОВ

Горение газовой смеси в котле КГМ-125 обеспечивают три горелочных блока, представляющие собой многотопливные плоскофакельные горелки, разработанные НПО «ЦКТИ» г. Москва. Плоскофакельная горелка по существу состоит из двух прямоточных горелок, объединенных в один блок, в нижнюю часть которого по концентрической трубе подается доменный газ, а в верхнюю часть – природный и коксовый газы. Устойчивость горения доменного и коксового газов, обеспечивается периферийным их зажиганием эжектируемыми раскаленными продуктами сгорания.



Моготопливное плоскопламенное горелочное устройство:

1 – подвод воздуха для сжигания коксового газа (вторичный воздух); 2 – подвод воздуха для сжигания природного газа; 3 – подвод природного газа; 4 – подвод коксового газа; 5 – подвод воздуха к пилотной горелке; 6 – подвод природного газа на пилотную горелку; 7 – подвод коксового газа на пилотную горелку; 8 – подвод воздуха для сжигания доменного газа; 9 – подвод доменного газа

При эксплуатации котла с таким плоскофакельным типом горения топлива обнаружился целый ряд существенных недостатков:

- фактическая паропроизводительность котла достигала не выше 75 % от номинального значения, так как горелки не обеспечивают заданной тепловой мощности;

- при увеличении доли коксового газа в смеси выше 40 % наблюдались образования сернистых отложений на трубках водяного экономайзера;

- концентрация NO_x в уходящих газах выше допустимого уровня (125 мг/м^3) и достигает значений $170\text{--}210 \text{ мг/м}^3$ при горении различных газов и их смеси.

Для решения этих проблем авторами предлагается выполнить следующее:

1. Установить в горелках на подводе воздуха лопаточные завихрители с полууглом раскрытия $25\text{--}30^\circ$, на горелке доменного газа установить насадку с отверстиями диаметром 18 мм, а на нижней и верхней частях горелочного блока выполнить диффузорные надставки, для оптимальной турбулизации спутных потоков газов и воздуха на горение.

2. Удалить два ряда труб с каждой стороны трубных пакетов воздухоподогревателя на расстоянии 1200 мм от его боковых стенок.

После внедрения данных мероприятий удалось нагрузить котел до 120 т/ч.

СЕКЦИЯ 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

УДК 920.91

ПРОЦЕССУАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА

В.В. АЛЕКСАНДРОВ, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. д-р пед. наук, проф. **В.И. ЗЕМЦОВА**

В Государственном стандарте высшего профессионального образования по направлению «Теплоэнергетика» инженер должен быть подготовлен к решению следующих эксплуатационных задач: разработка эксплуатационной документации; управление работой оборудования, сетей и систем, диагностика производственных объектов; планирование и участие в проведении испытаний и определении работоспособности установленного оборудования; планирование ремонтов и замены оборудования.

Для подготовки инженера к решению данных задач целесообразно рассмотреть структуру эксплуатационной деятельности инженера. Можно выделить следующие компоненты данной деятельности: когнитивный, процессуальный и психологический. Процессуальный компонент деятельности содержит умения инженера. Умения, по Р.С. Немову – это элементы деятельности, позволяющие что-либо делать с высоким качеством.

На основе анализа структуры эксплуатационной деятельности инженера, его квалификационных характеристик, интервьюирования можно выделить следующие эксплуатационные умения:

– умение организовывать эксплуатационную деятельность (определять цель, этапы эксплуатационной деятельности, планирование деятельности);

– умение контролировать техническое состояние оборудования (осуществлять контроль, анализировать, изучать, обобщать и систематизировать результаты контроля);

– умение регулировать работу оборудования (определять режим работы оборудования, приводить оборудование в работоспособное состояние, анализировать причины сбоев в работе и определять методы предупреждения отказов);

– умение осуществлять профилактику оборудования (прогнозировать работу оборудования, осуществлять испытания оборудования, проводить мероприятия предупреждающие повреждение оборудования);

– умение использовать эксплуатационную документацию.

По уровню развития данных умений можно судить о готовности студента-выпускника к решению эксплуатационных задач.

УДК 697.4.059.38

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Р.М. ХАБИБУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. ВАЛИЕВ

Правильный выбор варианта развития и реконструкции системы централизованного теплоснабжения города является одним из главных факторов определяющих его нормальное функционирование. От этого выбора зависит качество обеспечения теплотой абонентов промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, уровень потребления материальных и энергетических ресурсов, производительность труда на предприятиях, улучшение экологической обстановки в городе и многое другое.

Качественное проектирование системы централизованного теплоснабжения возможно лишь при условии ее предварительного математического описания и использования соответствующих средств вычислительной техники.

Эффективным методом исследования тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения является их анализ на основе теории графов.

Сложность при выборе и построении трассировки тепловых сетей заключается в том, что число вариантов, получаемых при переборе, весьма велико и полный технико-экономический анализ большого числа вариантов из-за необходимости ввода огромного количества информации довольно затруднителен.

В работе рассмотрены некоторые методы нахождения оптимального решения подобных задач, в частности метод «ветвей и границ», сущность которого состоит в замене случайного перебора целенаправленным. При этом очень важным является наличие заранее определенных критериев, с помощью которых имеется возможность в процессе перебора

отбрасывать множество решений, в которых нет оптимального. Также в работе рассмотрены существующие методы дорасчетной оптимизации тепловой сети с целью уменьшения числа ее вариантов и определено, что для уменьшения числа рассматриваемых трассировок тепловой сети важно правильно выработать критерии для их предварительного отбора.

УДК 697.34

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Д.В. ЖУКОВ, ОмГТУ, г. Омск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. ШАЛАЙ

Система централизованного теплоснабжения представляет собой комплекс различных сооружений, установок и устройств, технологически связанных между собой в общем процессе производства, транспорта, распределения и потребления тепловой энергии. Важным параметром, определяющим эффективность работы системы теплоснабжения, является ее надежность, под которой понимается способность системы к бесперебойному снабжению потребителей тепловой энергией необходимого количества и качества.

По данным статистики и многочисленных аналитических материалов износ оборудования систем теплоснабжения составляет около 60–70 % и продолжает увеличиваться из-за значительного снижения объемов замены трубопроводов. Проведенные исследования показали, что основная часть повреждений происходит именно в процессе изменения температуры теплоносителя из-за изменения напряжений в трубопроводах.

В отечественных системах теплоснабжения широкое распространение получило центральное качественное регулирование тепловой нагрузки, при котором основным параметром регулирования является температура сетевой воды, задаваемая по усредненной прогнозируемой температуре наружного воздуха в соответствии с температурным графиком, который, как показано, не учитывает особенностей динамики тепловых процессов.

Разработанная математическая модель и реализованная программа теплового режима отапливаемого здания с учетом нестационарных процессов позволяет прогнозировать динамику изменения температуры внутреннего воздуха внутри помещений при любых прогнозируемых изменениях температур наружного воздуха.

В результате проведенных исследований показана возможность и необходимость регулирования отпуска тепловой энергии с учетом динамических характеристик системы теплоснабжения без снижения качества теплоснабжения потребителей, что дает возможность эксплуатировать оборудование в «щадящем» режиме со снижением повреждаемости трубопроводов и повышением экономичности при производстве, транспорте и распределении тепловой энергии.

УДК 621.316

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ ДИАГНОСТИКИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Г.И. ЛОГУНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Рынком приборов диагностики линий электропередачи (рефлектометров) являются в первую очередь сетевые компании, в ведении которых находятся областные и городские электрические, а также крупные промышленные предприятия с разветвленным кабельных хозяйством. Наличие у указанных компаний рефлектометра упростит процесс обнаружения широкого спектра дефектов линий электропередачи уже на ранней стадии их развития (обрывов, коротких замыканий, утечек на изоляторах, некачественных присоединений и других) и ускорению определения мест их возникновения. Для сетевых компаний это снизит издержки из-за недоотпуска электроэнергии и своевременной замены поврежденного оборудования, не допуская системных аварий с крупными материальными потерями. Для промышленных предприятий прибор существенно снизит время простоя оборудования, необходимое на обнаружение места повреждения питающих линий и соответственно уменьшит сопутствующие материальные затраты возникающие в связи с недопроизводством продукции, а также значительно снизит риск технологических аварий при своевременном обнаружении зарождения дефекта, что особенно актуально для производств с непрерывными технологическими процессами.

Конкурентными технико-экономическими преимуществами разработанного нами рефлектометра на базе программно-аппаратного комплекса Lab View по сравнению с другими существующими приборами («Рейс» фирмы ООО «Стелл», «ИРК-ПРО Гамма» фирмы ООО «Связьприбор» и другими) являются:

- 1) высокая чувствительность прибора, что позволяет выявлять повреждения на ранней стадии их возникновения;
- 2) высокая точность определения мест возникновения дефектов;
- 3) относительно низкая себестоимость прибора.

УДК 62.1:006.354

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЦТ МИКРОРАЙОНА ВЕРБОВСКИЙ ГОРОДА МУРОМ

Д.С. КАРЕВ, ВлГУ, г. Владимир

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. МЕЛЬНИКОВ

В отопительный период 2008-2009 гг. специалистами ВлГУ была проведена работа по энергетическому обследованию системы централизованного теплоснабжения микрорайона Вербовский города Муром. В ходе проведения инструментального обследования системы транспорта тепловой энергии микрорайона с помощью ультразвукового расходомера были произведены замеры расходов теплоносителя на выходе из всех девяти смесительных станций системы теплоснабжения, также с помощью контактного термометра были замерены температуры теплоносителя на входе в смесительные станции, на выходе из смесительных станций и температура теплоносителя в обратном трубопроводе тепловой сети. Одновременно с этим были сняты показания штатных манометров, установленных на входе в смесительные станции, на выходе из них и на обратном трубопроводе тепловой сети, идущем от смесительных станций на котельную. По результатам инструментального обследования были определены фактические тепловые нагрузки, присоединенные к каждой смесительной станции микрорайона. Сравнение фактических и расчетных тепловых нагрузок по смесительным станциям показывает, что в системе теплоснабжения микрорайона происходит нарушение распределения тепловой энергии, у большинства потребителей наблюдается недотоп, который в некоторых случаях достигает 32 %. У части потребителей наоборот осуществляется перетоп, максимальное значение которого достигает 31 %. Данные нарушения распределения тепловой энергии вызваны гидравлической разладкой системы.

В результате наладочного теплогидравлического расчета определены диаметры отверстий диафрагм на входах и выходах из систем отопления каждого потребителя, рассчитаны необходимый располагаемый напор и напор в обратном трубопроводе на источнике тепловой энергии.

Повышение экономической эффективности будет достигнуто за счет сокращения расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя из-за снижения удельного расхода сетевой воды и отключения излишних насосных агрегатов.

УДК 534.631

ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В.Н. ТЫРЫШКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Сегодня существует огромное количество методов для диагностирования и оценки остаточного ресурса теплоэнергетического оборудования. Узким местом этих методов является то, что они предназначены для диагностики дефектов с определенными, заранее заданными, параметрами. Одним из путей решения этой проблемы является совместное применение уже существующих методов, вейвлет-преобразований, и искусственного интеллекта, нейронной сети.

Результатом вейвлет-преобразования одномерного числового ряда (сигнала) является двумерный массив амплитуд – значений коэффициентов. Распределение этих значений в пространстве дает информацию об изменении относительного вклада вейвлетных компонент разного масштаба во времени и называется спектром коэффициентов вейвлет-преобразования, масштабно-временным (частотно-временным) спектром и скейлограммой.

Для реализации программы диагностики подшипников была выбрана вероятностная нейронная сеть (PNN). Сеть PNN может использоваться для параллельной реализации известных статистических методов.

Сети PNN удобно использовать в задачах классификации, они быстро обучаются, допускают наличие ошибочных данных и обеспечивают полезные результаты даже на малых наборах учебных данных.

Для диагностики подшипников качения и трубопровода была разработана программа в LabVIEW. В ней реализовано получение скейлограммы диагностируемого оборудования и ее обработка с помощью сети PNN. Так как для сети PNN не требуется обучение в том смысле, какое требуется для сетей с обратным распределением ошибок, отсутствует необходимость в дополнительных расчетах.

Анализ экспериментов по влиянию дефектов на параметры колебаний показал устойчивое определение дефекта на ранней стадии зарождения с помощью нейронной сети типа PNN и подтвердил возможность применения данного метода для диагностики теплоэнергетического в автоматическом режиме.

УДК 621.182

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НЕРАВНОМЕРНОСТЕЙ В ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ТП-81

И.В. ТРУШИНА, СГТУ, г. Саратов

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.М. ХЛЕБАЛИН;

канд. техн. наук, доц. Г.В. АНТРОПОВ

Котельный агрегат ТП-81 – серийный агрегат ТКЗ с естественной циркуляцией. Компоновка газоходов П-образная. Пароперегреватель расположен в горизонтальном соединительном газоходе, его конвективная часть состоит из четырех ступеней.

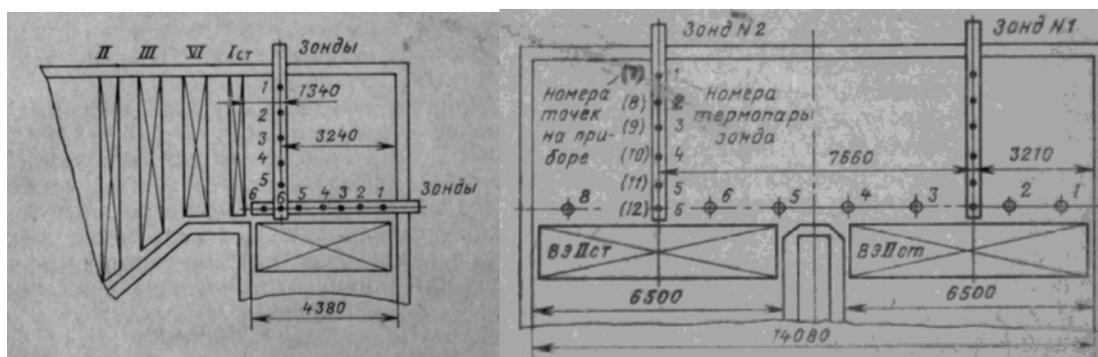


Схема пароперегревателя ТП-81 и расположения температурных зондов

Для измерения температур среды до и за ступенями пароперегревателя и определения тепловосприятия в коллекторах устанавливалось 16 глубинных термопар. Для оценки неравномерности температурного поля продуктов сгорания по ширине газохода и определения температуры газов за перегревателем в поворотном газоходе (ГПК) в горизонтальной и вертикальной плоскостях было установлено 60 газовых жезловых термопар с открытым спаем. Температура газов на выходе из топки измерялась ОПИР и отсосной термопарой. Опыты проводились в эксплуатационном режиме нагрузок

80–100 % при температуре острого пара $t_{пе} = 555–560$ °С и избытках воздуха в ГПК $\alpha_{ГПК} = 1,26–1,36$. Были построены графики изменения температуры газов для каждого из 11 опытов. Наибольшие выгодные температуры и температурные развертки по пару отмечены в области пика температур газов. Полученные при обработке данных испытаний перегревателя котла ТП-81 значения коэффициентов тепловой неравномерности $\eta_{ш}$, равные в среднем 1,2, подтверждают необходимость дальнейшего накопления экспериментальных данных для возможного уточнения некоторых нормативных рекомендаций.

Со стороны аспиранта был проведен анализ работ по оценке тепловых неравномерностей в элементах конвективных пароперегревателей мощных энергетических котельных агрегатов.

УДК 532.075.8

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРЯЩЕЙ КАПЛИ С ПУЛЬСАЦИОННЫМ ПОТОКОМ ГАЗА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

О.С. ПОПКОВА, КГЭУ, г. Казань

В настоящее время проводятся теоретическое исследование движения жидкой капли в длинной цилиндрической трубе, в которой возбуждаются периодические акустические колебания столба газа (трубка Рийке). Подход ориентирован для задач, в которых зону подвода теплоты можно заменить сечением, в котором «связываются» параметры слева и справа от теплоподвода. Модель процесса учитывает аэродинамическое взаимодействие капли с газовым потоком, а также взаимосвязанные процессы испарения и горения.

В качестве примера рассматриваются капли этилового спирта, которые реагируют с кислородом воздуха. Исследованы влияния начальных значений диаметра капли, ее положения и скорости на время «жизни» капли, на длину факела. Рассмотрен вопрос касания не сгоревшей капли холодных стенок трубки в зависимости от направления вектора начальной скорости, а также изменение скорости капли и скорости изменения тепловыделения в зависимости от безразмерного времени. Приведенный анализ позволяет для заданной форсунки подобрать оптимальный угол ее наклона к оси трубки.

Построены зависимости текущего значения числа Рейнольдса и скорости выделения теплоты от времени.

Приведенная методика позволяет подобрать такие значения геометрических и термодинамических параметров трубки Рийке, которые были бы оптимальны для рабочего процесса горения жидкого топлива.

Для конкретных геометрических параметров реальной установки были рассчитаны теоретические значения параметров устойчивого горения. Была проведена серия натуральных экспериментов, в которых варьировалось положение зоны подвода теплоты. Все экспериментальные точки полностью находились в зоне устойчивого горения, что говорило о качественном и количественном согласии теоретического анализа и результатов натуральных испытаний. Такой вывод позволяет говорить о достоверности предлагаемой методики, о возможности ее использования для оценочных расчетов перспективных камер сгорания.

УДК 620.9:331.101.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

С.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Тепловые насосы используются в различных отраслях промышленности, жилом и общественном секторе. В настоящее время более 10 млн. тепловых насосов различной мощности (от десятков киловатт до мегаватт), эксплуатируется во всем мире. Ежегодно парк тепловых насосов пополняется примерно на 1 млн. штук. Так, например, в Стокгольме тепловая насосная станция мощностью 320 МВт, используя зимой морскую воду с температурой +4 °С, обеспечивает теплом весь город. В связи с тем, что при эксплуатации тепловых насосов необходимо большое количество трубопроводов различного назначения, возникает вопрос об использовании новых материалов.

В последние годы, многие производители тепловых насосов пришли к тому, что использование различных полимерных материалов является наиболее выгодным для изготовления трубопроводов, в отличие от стали. К таким материалам можно отнести: полиэтилен и сшитый полиэтилен, полипропилен, полибутен, поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид, а также композиты на основе полиэтилена, полипропилена, и полибутена.

Очевидными преимуществами производства трубопроводов из полимерных материалов, являются: во-первых, высокая стойкость материалов к давлению и температуре, для горячего водоснабжения до 75 °С, а для отопления – 90 °С при давлении до 0,6 МПа с учетом 25 лет эксплуатации. Во-вторых, их экологичность, полимеры не подвержены коррозии, тогда как стальные трубы имеют этот недостаток. В-третьих, долговечность этих материалов, к примеру, если для трубопровода использовать трубы из ПЕ100РС, их долговечность будет более 100 лет, тогда система с тепловыми насосами непосредственно прослужит от 25 до 50 лет и больше.

На сегодняшний день наиболее эффективной, альтернативной, энергосберегающей технологией отопления и кондиционирования является тепловой насос, изготовленный с использованием полимерных материалов.

УДК 62.67

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЕАКТОР ПОЛИТРУБНОГО ТИПА

А.А. ШАЙХУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Биоэнергетический реактор политрубного типа для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза простой по конструкции, не требующей высоких капитальных затрат на ее производство, надежной в эксплуатации и обеспечивающей высокоэффективный и стабильный процесс разложения биомассы круглый год.

Технический результат достигается тем, что реактор вариантов установки для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза выполнен в виде заглубленной в грунт изогнутой полиэтиленовой трубы, процесс выгрузки, удаления «корки» и перемещения органической массы вдоль нагревательного элемента в нем выполняется избыточным давлением сжатого газа, в качестве которого предлагается использовать метан из газовых баллонов или биогаз, полученный в результате анаэробного сбраживания. Данное конструктивное решение позволяет минимизировать теплотери в окружающую среду, обеспечить надежное поддержание температуры в реакторе. Кроме того, имеется возможность повышения производительности установки без внесения существенных дорогостоящих конструкторских изменений, путем добавления к основному реактору дополнительного и соединение его со схемой общими коллекторами.

Использование реактора политрубного типа позволяет конструктивно просто решить вопрос загрузки и выгрузки биомассы, обеспечить надежную работу, осуществить высокоэффективный и стабильный процесс разложения биомассы круглый год, ввиду простой конструкции узлов, осуществить автоматическое дистанционное управление всем технологическим процессом.

УДК 697.4.059.38

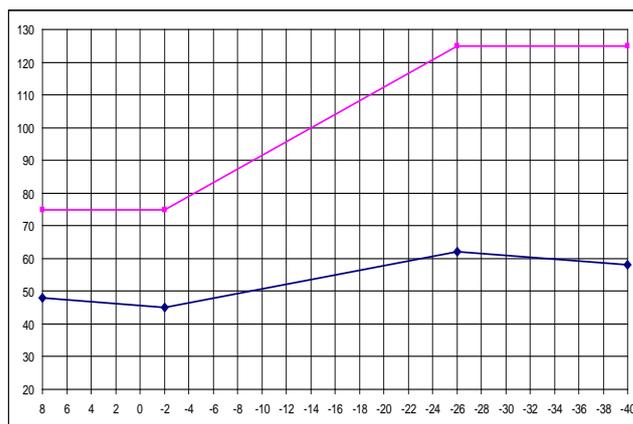
ПРОБЛЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ю.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Изменение тепловой нагрузки абонентов в системах централизованного теплоснабжения зависит от множества факторов. Для обеспечения высокого качества теплоснабжения прибегают к соответствующим методам регулирования.

В тепловых сетях г. Томска было принято решение о переводе температурного графика 150/70 на график со срезкой на 125 °С в подающей линии. Это было вызвано техническим состоянием источника теплоснабжения.



Температурный график г. Томска

Температурный график г. Томска показан на рис. Перевод температурного графика на график со срезкой привел к уменьшению диапазона качественного регулирования.

Анализ температурного графика показал, что при срезке при температуре наружного воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже необходимо изменять расход в тепловой сети, для обеспечения тепловой нагрузки. Однако сетевые насосы работают в постоянном режиме, т.е. нарушен принцип центрального качественного регулирования, а центральное количественное регулирование осуществить невозможно. Чтобы обеспечить требуемую тепловую нагрузку приходится увеличивать диаметры сопел элеваторов и диафрагм на абонентских вводах в здания.

В связи с тем, что современные системы оснащаются автоматизированными абонентскими вводами, необходимо отметить, что автоматика, как правило, на срезку не реагирует. С понижением температуры автоматика увеличивает расход воды из сети, чтобы обеспечить необходимую тепловую нагрузку. Это приводит к нарушению режима теплоснабжения абонентов, т.е. часть из них не обеспечивается необходимым количеством тепла из-за пониженных параметров теплоносителя.

УДК 62.67

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

А.Ю. ШУЛЬГАЧ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время уделяется пристальное внимание к использованию нетрадиционных источников энергии, что в большей мере связано не с повышением их эффективности, а повышением тарифов на традиционные энергоресурсы. В связи с этим актуальность исследований повышения эффективности использования нетрадиционных источников энергии для фермерского хозяйства значительно возросла. Среди наиболее приемлемых направлений для региона Северного Кавказа можно считать использование таких нетрадиционных источников как солнечная энергия, энергия ветра и энергия, получаемая за счет биотехнологий. Использование солнечной энергии весьма эффективно в случае летнего периода для решения проблем горячего водоснабжения. Наиболее активно расширяется производство и использование солнечных нагревательных систем в Австралии, Израиле, США и Японии. Однако использование простейших солнечных коллекторов, использующих прямое преобразование солнечной энергии в тепловую энергию, за счет

нагрева воды в плоских коллекторах не всегда эффективно. Наиболее перспективным и эффективным на наш взгляд, является использование биотехнологий для получения энергии. В этом направлении можно выделить технологии связанные с анаэробным сбраживанием отходов.

Технологии, связанные с анаэробным сбраживанием отходов достаточно успешно используются в различных областях производства. Отметим, что продуктом переработки по такой технологии является растительные отходы, экскременты животных и птицы и получение на этой основе высококачественных обеззараженных органических удобрений и горючего газа на энергетические нужды. Этот метод позволяет почти полностью сохранить в готовом удобрении все компоненты питательных веществ для растений, которые содержались в исходном сырье. Получаемые органические удобрения могут быть использованы как для основной заправки почвы, так и для подкормки с поливом растений в период вегетации всех культур и при внутрпочвенном внесении. Вырабатываемый биогаз может быть использована в качестве топлива для котлов и двигателей внутреннего сгорания.

УДК 621.56

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА

В.Н. ИГНАТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Искусственное охлаждение – это процесс переноса теплоты от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой посредством получения совершения внешней работы.

Машинное охлаждение является охлаждением при помощи рабочего вещества, постоянно возвращаемого в холодильной машине в исходном состоянии. В испарителе холодильной машины тепло от охлаждаемой среды, подводится к рабочему веществу, которое в холодильной технике принято называть холодильным агентом. В результате подвода тепла к холодильному агенту он кипит, превращаясь в пар. Пары холодильного агента отводятся из испарителя компрессором, сжимаются в компрессоре и направляются в конденсатор, где парообразный холодильный агент вновь превращается в жидкость.

При сжатии холодильного агента в компрессоре совершается работа, которая воспринимается холодильным агентом в виде теплоты. Таким образом, от поверхности конденсатора в теплоотводящую среду отводится тепло, эквивалентное совершенной работе в компрессоре и отведенное от охлаждаемой среды в испарителе.

Основой процесса охлаждения является теплообмен между двумя средами – охлаждаемой и охлаждающей. Любой процесс, сопровождающийся поглощением тепла, может быть использован для охлаждения.

Охлаждение среды достигается при помощи разнообразных физических процессов: при помощи фазовых превращений, сопровождающихся поглощением тепла (плавление, парообразование, растворение соли); десорбцией газов, расширением сжатого газа, дросселированием (эффект Джоуля-Томсона), посредством вихревого эффекта, размагничивания твердого тела, посредством термоэлектрического эффекта (эффекта Пельтье).

УДК 620.179.1

ДЕФЕКТОСКОПИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ УДАРНО-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.Р. ЗАГРЕТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью работы является повышение чувствительности, локальности и воспроизводимости ударно-акустического метода. Технический результат достигается тем, что ударная и приемная системы первичного преобразователя ударно-акустического дефектоскопа конструктивно совмещены, а обработка и анализ сигнала производится электронно-вычислительной техникой с применением программной среды LabVIEW.

Система регистрации и управления функционально состоит из персонального компьютера, АЦП – ЦАП, блока управления электроударником с усилителем сигнала и первичного преобразователя.

Блок управления имеет возможность ручного запуска электроударника. При включении соответствующего режима на блоке управления, управление электроударником производится через персональный компьютер. В этом случае длительность и количество импульсов, задается в программе управления и регистрации сигнала, написанной в графической среде программирования LabVIEW.

Для проведения экспериментов была выбрана исправные сектора композитная вертолетная лопасть, на которых было сделано по 5 измерений параметров собственных колебаний для разных участков, имеющих разный изгиб и толщину, и получено по 5 значений спектров, по которым сформированы эталонные спектры. После чего были исследованы элементы вертолетной лопасти с дефектами в виде несплошностей и непроклеев.

Формирование эталонного спектра, сравнение спектра с эталоном производилось в программе, написанной в графической среде программирования LabVIEW. Для сравнения применялись следующие критерии: статистика амплитуд, площадь спектра, статистика знаков (Фишера), коэффициент корреляции, ранговая сумма Вилкоксона-Имана и корреляция Спирмена.

Предлагаемый метод позволяет проводить неразрушающий контроль не только клееных композитных материалов, но и любых изделий сложной формы на любой стадии жизненного цикла.

УДК 620.179.1

ДИАГНОСТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.А. ТЕРЕХИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.В. АКУТИН

Характерной особенностью процессов, происходящих в объектах теплоэнергетики, является: непрерывный характер основных технологических потоков (носителей тепловой и электрической энергий) и дискретный характер вспомогательных технологических потоков, обеспечивающих работу основных потоков; сложность технологического процесса и недостаточная его изученность, что не позволяет ограничиться линейным управлением по состоянию и др. Старение оборудования тепловых электростанций, которые относятся к объектам повышенной опасности, на данном этапе становится одной из основных проблем отечественной энергетики. При этом следует учитывать, что в последнее десятилетие объем капитальных вложений в энергетический комплекс снизился практически в три раза с одновременным сокращением расходов на капитальные ремонты.

Отсюда вытекает актуальность задачи повышения эффективности управления теплоэнергетическими процессами, успешное решение которой позволяет повысить качество производимой тепловой и электрической энергии продукции и уменьшить расход энергетических ресурсов, а также необходимость внедрения в теплоэнергетический комплекс систем диагностики и контроля, позволяющих оценивать возможность или невозможность дальнейшей эксплуатации оборудования. Данные задачи позволяет решить среда программирования LabVIEW.

LabVIEW имеет обширные библиотеки функций для решения различных задач: ввод/вывод, обработка, анализ и визуализация сигналов; контроль и управление технологическими объектами; статистический анализ и комплексные вычисления и др. Основными преимуществами использования графической оболочки LabVIEW являются: относительная простота и доступность; наглядность (простая и мощная графика); простейшие и наглядные средства отладки; актуальность и перспективы. LabVIEW поддерживает огромный спектр оборудования различных производителей и имеет в своем составе (либо позволяет добавлять к базовому пакету) многочисленные библиотеки компонентов.

УДК 621.178

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

А.М. ШАКИРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Водоподготовка – это обработка воды, поступающей из природного водоисточника на питание паровых и водогрейных котлов или для различных технологических целей. Водоподготовка производится на ТЭС, транспорте, в коммунальном хозяйстве, на промышленных предприятиях. Водоподготовка заключается в освобождении воды от грубодисперсных и коллоидных примесей и содержащихся в ней солей, тем самым предотвращается отложение накипи, унос солей паром, коррозия металлов, а также загрязнение обрабатываемых материалов при использовании воды в технологических процессах.

Длительная бесперебойная эксплуатация современного теплоэнергетического оборудования в значительной степени определяется интенсивностью процессов накипеобразования и образования отложений

на поверхностях нагрева водоподогревательного и парообразующего оборудования, уноса солей, кремниевой кислоты и окислов металлов паром из испаряемой воды, образования в проточной части паровых турбин отложений из перешедших в пар примесей воды и коррозии металла.

Основными задачами рациональной организации водоподготовки и водного режима теплоэнергетического оборудования являются предотвращение: образования накипи и отложений кальциевых и магниевых соединений и окислов железа и меди на теплопередающих поверхностях, соприкасающихся с водой и паром, в том числе на трубах конденсаторов турбин и на тепловыделяющих элементах атомных реакторов; образования шлама в оборудовании и трубопроводах тепловых электростанций, котельных и тепловых сетей; коррозии внутренних поверхностей водоподготовительного и теплоэнергетического оборудования; отложений в проточной части турбин соединений меди, железа, натрия и кремниевой кислоты.

УДК 621.187

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Н.Х. ИЛЬЯСОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для определения концентрации неорганических загрязнений технической воды, была разработана и изготовлена экспериментальная установка, принцип которой основана на увеличении скорости выпадения в осадок неорганических соединений путем воздействия на них возбуждаемых генератором акустических колебаний.

Стоячая волна (резонансное колебание) образуется при распространении продольных акустических (звуковых) волн в цилиндрической трубе, закрытой с одного конца. Возрастание силы звука в цилиндре будет происходить всякий раз, когда длина цилиндра равна целому числу полуволн частоты акустического колебания. В качестве объекта исследования использовалось замутненная вода. Известно, что акустические колебания разной частоты вызывают в жидкости качественные и количественные отличные друг от друга процессы, каждый из которых и характеризует свой режим воздействия.

Для построения автоматической системы возбуждения резонанса используется программа LabVIEW, так как она позволяет разрабатывать прикладное программное обеспечение для организации взаимодействий измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображение информации и результатов расчетов, а также моделирования, как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом.

В результате разработки программы на языке LabVIEW получилось виртуальный прибор автоматизированного определения резонансных частот экспериментальной установки.

УДК 621.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА СУБСТРАТА В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

С.Р. КАЛАЧЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Основной емкостью в биогазовой установке принято считать реактор. Для непрерывного выделения биогаза из первичного субстрата необходим подогрев массы в среднем до температуры 37–42 °С. При такой температуре сохраняется работоспособность большинства анаэробных бактерий.

Поддержание данной температуры в реакторе может осуществляться несколькими способами:

- использование внешних теплообменников
- подача в реактор горячей воды или пара
- использование внутренних теплообменников

Использование внешних теплообменников в качестве подогревающих устройств, следует применять только в сочетании с системой принудительной циркуляции субстрата, что хотя и влечет за собой поддержку нужной температуры брожения, но и повышает материальные затраты. Подача непосредственно в реактор горячей воды или пара ведет в первом случае к порой нежелательному разбавлению субстрата, а во втором перенасыщению газа жидкостью.

Наиболее целесообразно использовать встроенные теплообменники которые будут находиться непосредственно внутри субстрата. Одним из вариантов таких устройств являются встроенные воздухоподогревательные тэны, находящиеся в промежуточной гильзе.

Принцип действия такого устройства. Электрический воздушнонагревательный тэн, находящийся в гильзе подключенный к автоматическому регулятору температуры нагревает воздух в гильзе. Мощность тэна варьируется от 300Вт до 3000Вт в зависимости от размера реактора. При крупных размерах реактора допускается использовать несколько тэнов, в отдельных гильзах. Воздух в гильзе через ее стенку передает тепло биомассе. Как только субстрат нагрет до оптимальной температуры, и начался процесс брожения. Автоматический регулятор отключает тэн от сети.

УДК 620.171.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ПРИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ОБОРУДОВАНИЯ

М.В. РОМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. А.В. БУСАРОВ

Применение метода вейвлет-анализа сигналов при виброакустическом контроле энергетического оборудования позволяет производить более глубокую диагностику и обнаруживать дефекты, которые с помощью альтернативных методов выявить не представляется возможным, а так же позволяет избежать громоздких математических вычислений и значительно сократить время на обработку результатов.

Вейвлет-преобразование – преобразование, похожее на преобразование Фурье (или гораздо больше на оконное преобразование Фурье) с совершенно иной оценочной функцией. Основное различие лежит в следующем: преобразование Фурье раскладывает сигнал на составляющие в виде синусов и косинусов, т.е. функций, локализованных в Фурье-пространстве; напротив, вейвлет-преобразование использует функции, локализованные как в реальном, так и в Фурье-пространстве.

Вейвлет-преобразования рассматриваются как разновидность временно-частотного представления и, следовательно, относятся к предмету гармонического анализа; как функцию (взятую будучи функцией от времени) в терминах колебаний, локализованных по времени и частоте. Они обычно делят на дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) и непрерывное вейвлет-преобразование (НВП).

ДВП – реализация вейвлет-преобразования с использованием дискретного набора масштабов и переносов вейвлета, подчиняющихся некоторым определенным правилам.

НВП – реализация вейвлет-преобразования с использованием произвольных масштабов и практически произвольных вейвлетов.

Применение вейвлет анализа по сравнению с преобразованием Фурье представляется весьма перспективным для контроля качества при изготовлении и ремонте энергетического оборудования с целью выявления дефектов различного типа (трещины, коррозии и т.д.) и позволит проводить анализ сигнала без учета влияния посторонних помех.

УДК 697.9

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Н.В. БЕЛЯНИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры.

Роль кондиционеров в нашей жизни невозможно переоценить. Рынок климатической техники огромен, от обычных бытовых сплит систем, способных работать только на охлаждение, до мультizonальных систем кондиционирования с автоматизированным центром управления. Функциональность современных кондиционеров развивается очень динамично, с внедрением инновационных технологий в системы кондиционирования.

Основной функцией является не только борьба с пылью, но и разного рода запахами. В последнее время достаточно широкое распространение получила функция – ионизация воздуха. Благодаря непосредственной службе бытовых ионизаторов, из воздуха осаждаются частицы пыли, происходит совершенное уничтожение болезнетворных бактерий, аллергенов и микроорганизмов, какие приводят к многообразным недугам.

Неоспоримым преимуществом использования кондиционеров является возможность точного поддержания температуры в помещении, что в свою очередь обеспечивает комфортный микроклимат. Современные

кондиционеры могут регулировать температуру с точностью до одного градуса, а промышленные и так называемые прецизионные кондиционеры делают это еще точнее. При отсутствии климатической техники возникает постоянная необходимость проветривания помещения, что с учетом экологической обстановки в больших городах, открытое окно повлечет за собой проникновение в помещение газов от автотранспорта, грязи и пыли.

УДК 621.577

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

С.А. БОРМОТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время идет постоянное увеличение стоимости на электроэнергию и природный газ, что ведет к значительным затратам. В нашей стране нам всем часто приходится слышать и сталкиваться с проблемами лимитов энергии и газа, сложностью прокладки газовых труб. Стоимость подключения даже при наличии лимитов очень высока.

Самый эффективный путь экономии энергии в частном доме – это уменьшение стоимости затрат на отопление и приготовление горячей бытовой воды. Энергоэффективные технологии в этой области дают наиболее заметный результат. Тепловой насос позволяет собирать бесплатную энергию с участка земли около вашего дома, причем неважно, какого размера участок.

Тепловой насос работает по принципу холодильника, просто более мощного. В обоих есть испаритель, компрессор, конденсатор и дросселирующее устройство. Цикл работы у холодильника и насоса абсолютно одинаков, отличаются только конструкция и параметры настройки в требуемых условиях.

Холодильник работает, выкачивая тепло наружу, тепловой насос работает по такому же принципу, только наоборот – он нагнетает тепло с улицы или из грунта в Ваш дом.

Тепловой насос перекачивает низкопотенциальную тепловую энергию грунта, воды или даже воздуха в относительно высокопотенциальное тепло для отопления объекта. Примерно 3/4 отопительной энергии можно получить бесплатно из природы: грунта, воды, воздуха и только 1/4 энергии необходимо затратить для работы самого теплового насоса.

Иными словами, владелец теплового насоса в среднем экономит не менее 75 % средств, которые, при отоплении своего дома, магазина, цеха и т.п. традиционным способом, он бы регулярно тратил на дизтопливо или электроэнергию.

УДК 621.577

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭЦ

М.Ф. ВАЛИУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. ВАЛИЕВ

В системе оборотного водоснабжения ТЭЦ низкопотенциальная теплота отводимая от конденсаторов паровых турбин сбрасывается в окружающую среду, в основном через башенные градирни. Доля теплоты сбрасываемой подобным образом в общем балансе ТЭЦ довольно значительна, но из-за низкой температуры (20–25 °С) использование ее вызывает определенные затруднения, в основном связанные с не востребованностью в производстве.

Задача повышения температуры может быть решена с использованием тепловых машин работающих по обратному термодинамическому циклу.

Одним из способов использования теплоты оборотной воды является включение в систему оборотного водоснабжения парокомпрессионных или абсорбционных тепловых насосов.

Для повышения потенциала теплоты оборотной воды в парокомпрессионном тепловом насосе необходимо затратить дополнительное количество электрической энергии.

Для повышения потенциала теплоты оборотной воды в абсорбционном тепловом насосе необходимо использовать способности одних веществ поглощать другие вещества (менять свою концентрацию).

То есть для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть возможные схемы использования низкопотенциальной теплоты и оценить их эффективность.

В работе рассмотрены схемы включения тепловых насосов в систему оборотного водоснабжения ТЭЦ, определены основные достоинства и недостатки различных вариантов повышения потенциала сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения и проведено предварительное исследование их тепловой эффективности.

УДК 621.6

ОБСЛУЖИВАНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

С.О. ГАПОНЕНКО, КГЭУ, г. Казань

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

Стабильная ежедневная работа биогазовой установки требует высокого уровня дисциплины обслуживающего персонала для получения высоких объемов биогаза и биоудобрений и долгой службы установки. Многие проблемы случаются из-за ошибок в эксплуатации. Часто такие проблемы могут быть сведены к минимуму путем:

- выбора простой конструкции установки, адаптированной к местным климатическим условиям и имеющемуся сырью;
- использования высококачественных материалов и приборов;
- хорошего обучения персонала и получения консультаций профессионалов по эксплуатации установки.

Работы по пуску биогазовой установки могут быть начаты только тогда, когда установка в целом и ее элементы будут признаны пригодными к эксплуатации и соответствовать требованиям безопасной эксплуатации.

Для оптимизации процесса сбраживания могут быть использованы некоторые известные методы пуска:

- введение в реактор активной закваски от нормально действующего реактора;
- добавление реагентов, таких как известь, углекислый газ, щелочь и другие;
- заполнение реактора теплой водой и постепенное добавление в нее навозных стоков;
- заполнение реактора свежими навозными стоками;
- заполнение реактора горячими газами и постепенная загрузка навозных стоков.

Подготовку газгольдера для заполнения газом в составе модуля можно производить только после приемки испытания в соответствии с техническими условиями и после освидетельствования органами Госгортехнадзора.

УДК 697.952.4

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Р.Р. ГАТАУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Вентиляция помещений – один из важнейших факторов обеспечения жизнедеятельности человека, независимо от того, к какому типу относится это помещение: жилое оно, коммерческое или производственное.

Системы вентиляции бывают трех типов: приточная вентиляция, вытяжная вентиляция и приточно-вытяжная вентиляция.

Приточная вентиляция ориентирована на то, чтобы обеспечить приток свежего, насыщенного кислородом воздуха в помещение. Однако во многих случаях этого бывает недостаточно для того, чтобы обеспечить нормальные условия труда. Как только речь заходит о производствах, связанных с выделением токсических, вредных веществ, выбросом большого количества пыли, и непрофессионалу становится понятно, что лишь притоком свежего воздуха тут комфортные условия не обеспечишь.

Но если необходимо удалять вредные примеси, неприятные запахи, газы и прочие вещества – соответственно, применение вытяжной вентиляции становится жизненной потребностью. Вытяжные системы вентиляции, точно так же, как и приточные, могут иметь различное исполнение, хотя делятся на виды они немного по другим принципам. Вытяжная система вентиляции может устанавливаться как на отдельное рабочее место, так и для всего помещения (цеха, офиса, склада). Если вытяжная система вентиляции устанавливается на конкретное рабочее место, она называется местной, а если «работает» на все помещение – это обще обменная вытяжная вентиляция.

СЕКЦИЯ 4. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

УДК 621.186

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПАРОПРОВОДОВ

К.Е. КАМАЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. И.Х. САИТОВ

Существующий подход к прогнозированию работоспособности и увеличению эксплуатационного ресурса высокотемпературных технических устройств теплоэнергетики отличается большим многообразием руководящих документов, методов, методик и средств исследований и испытаний. Все это значительно затрудняет процесс диагностирования и не всегда позволяет правильно оценить состояние технических устройств и, следовательно, надежно прогнозировать срок их службы. Проблема усугубляется отсутствием научно обоснованной концепции надежного прогнозирования работоспособности длительно работающего металла объектов исследования.

Также трудность в выборе оптимальных решений связана с отсутствием современной нормативно-технической документации по сварочной технологии ремонта. Действующие отдельные НТД, не охватывают обширную номенклатуру повреждающихся элементов трубопроводов и, кроме того, по отдельным позициям ремонтных технологий устарели и требуют уточнения или переработки. Существующая качественная оценка металла, заложенная в методах на основе анализа поврежденности микроструктуры, не дает полной картины о НДС процесса разрушения. Действующий сейчас РТМ 108.031.112-80 позволяет эффективно определять расчетный ресурс с учетом фактической геометриигиба – толщины стенки и овальности. Однако при расчетах фактические характеристики металла – длительная прочность и пластичность – учитываются не в полной мере. Используемые для прогнозирования ресурса критерии длительной прочности и коэффициенты снижения прочности не учитывают развития процессов локализации деформаций ползучести, накопления повреждений структуры, появления микродефектов, возникновения дополнительных напряжений и наличия дефектов технологического происхождения. Поэтому задача совершенствования мероприятий по поддержанию надежности отремонтированных трубопроводов, а также методов прогнозирования остаточного ресурса остается актуальной.

УДК 620.1

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ ВАЛОВ КОНСОЛЬНЫХ НЕФТЯНЫХ НАСОСОВ ТИПА НК 65/35-125

Р.А. НАСЫРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. И.Х. САИТОВ

Насос центробежный нефтяной одноступенчатый консольный типа НК 65/35-125 предназначен для перекачивания нефти, сжиженных углеводородных газов, нефтепродуктов и других жидкостей, сходных с указанными по физико-химическим свойствам. Перекачиваемая жидкость не должна содержать твердых взвешенных частиц размером более 0,2 мм. Массовая доля твердых взвешенных частиц в жидкости не должна превышать 0,2 %. Температура перекачиваемой жидкости 193–673 К (от –80 °С до 400 °С).

Одним из наиболее серьезных отказов консольных нефтяных насосов является поломка валов. Сегодня доля отказов насосов, связанная с разрушением валов, по различным оценкам, находится в интервале от 1–1,5 % до 14–40 %. В среднем по Западной Сибири доля отказов валов находится в интервале 0,5–1,5 %. Есть регионы, где отказов больше.

Обзор исследования поломок валов рассматриваемого типа насосов, показывает, что существует несколько основных механизмов их разрушения:

- усталостное разрушение, обусловленное сроком службы насосов (до 57–60 % от общего количества поломок);
- вязкое разрушение, когда валы заклиниваются в процессе работы (до 37–40 %);
- дефекты материала (до 3 %).

Усталостное разрушение всегда начинается с поверхности. Всему предшествует стадия создания трещины на поверхности вала. Когда усталостная трещина создается в процессе коррозии поверхности материала, то такой механизм разрушения называется коррозионно-усталостным.

Вязкое разрушение возникает, когда статические напряжения превышают предел текучести материала и вал начинает необратимо деформироваться.

Срок службы консольных нефтяных насосов определяется износом их деталей, т.е. остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо из-за разрушения поверхностного слоя при трении. Износ валов проявляется возникновением различных дефектов: валы становятся изогнутыми, скрученными, а также изломанными вследствие усталости материала.

УДК 620.1

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ МОЩНОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ТЭС

Р.А. НАСЫРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. И.Х. САИТОВ

Для обеспечения надежной работы мощных паровых турбин требуется тщательная оценка динамических характеристик каждого ротора в отдельности и валопровода в целом с учетом податливости его опор.

Как известно, пар внутри турбины имеет высокую температуру. Ротор турбины вращается во вкладышах на масляной пленке, температура масла которой как по соображениям пожаробезопасности, так и необходимости иметь определенные смазочные свойства, не должна превышать 100 °С. Поэтому, вращающиеся концы каждого из роторов соответствующего цилиндра необходимо вывести из невращающегося статора.

Вкладыши подшипников выносятся из корпусов цилиндров и размещают их в специальных сооружениях – опорах. Своим основанием нижняя половина корпуса опоры устанавливается на фундаментную раму. В расточку корпуса на специальных колодках помещается нижняя половина вкладыша. Внутренняя поверхность всего вкладыша имеет цилиндрическую или овальную форму и залита баббитом. По своим свойствам баббит представляет из себя сплав на основе олова или свинца, обладающий низкой твердостью и имеющий невысокую температуру плавления. Баббит отлично прирабатывается и обладает высокими антифрикционными свойствами. В то же время он обладает низким сопротивлением усталости, что влияет на работоспособность подшипников.

Для определения напряженно-деформированного состояния валопровода мощной паровой турбины проведено математическое моделирование ротора и его опорных сооружений в пакете прикладных программ «ANSYS» с применением метода конечных элементов. Задача контактная; в качестве валопровода рассмотрен вал, который представляет из себя толстостенный цилиндр постоянного сечения. В корпусах опор валопровода размещены стальные вкладыши цилиндрической формы. Внутренняя поверхность вкладышей залита баббитом – легкоплавким антифрикционным сплавом на основе олова, допускающего вращение ротора на очень низкой частоте вращения даже при отсутствии смазки.

УДК 620.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ВАЛОПРОВОДОВ С МЕМБРАННЫМИ МУФТАМИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Е.А. ДЕСЯТНИКОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. **И.Х. САИТОВ**

Газоперекачивающие агрегаты (ГПА) в составе с газотурбинной установкой и центробежным нагнетателем предназначены для транспортирования природного газа по магистральным газопроводам.

В качестве объекта исследования рассматривается ГПА-16 «Волга», имеющий газотурбинный привод. На соединении вращающихся валов газотурбинного двигателя и нагнетателя установлен вал с мембранными муфтами.

В работе исследуется вал с мембранными муфтами на возникновение возможных поломок, которые могут привести к остановке газоперекачивающего агрегата. Основные неисправности возникают из-за вибрации, приводящей к расцентровке муфты и образованию в ней зон разрушения.

Основные виды расцентровки: радиальная и торцевая. Радиальной расцентровкой называют взаимное смещение осей, а торцевая расцентровка определяет угол перегиба общей оси валов агрегата. В общем случае присутствуют обе составляющие.

Каждый вид расцентровки в свою очередь делится на горизонтальную и вертикальную. Также в каждом из видов возможно множество вариантов смещения, зависящих от угла наклона (для торцевой расцентровки) или расстояния между осями (для радиальной).

Исследование проводится с применением уточненного метода конечных элементов. Цель исследования – установление закономерностей разрушения вала с мембранными муфтами в зависимости от сочетания и значений группы выделенных параметров (величины несоосности, взаимного угла осей валов турбины и нагнетателя, скоростей разгона и торможения, и т.д.). Результатом исследования являются новые методы конструирования.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СВАЕБОЙНОГО ТРУБЧАТОГО МОЛОТА

А.П. ЗАХАРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Б.В. ИЛЬЧЕНКО

Трубчатые дизель-молоты с ударным распыливанием топлива и со свободным падением ударной части широко применяются в России и за рубежом для забивки в грунт различных свайных элементов.

В трубчатом молоте основной рабочей частью является поршень, который движется в трубе-цилиндре и ударяет по шаботу. При ударе поршня о шабот топливо распыляется в камере сгорания, а затем воспламеняется, а образующаяся при взрыве энергия подбрасывает поршень вверх. Таким образом, на вбиваемый материал действуют три вида энергии: компрессия, удар и взрыв, которые соединяются в эффективную общую энергию.

Целью работы является проведение исследования прочностной надежности элементов конструкции дизельного молота. На данном этапе задача заключалась в исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) камеры сгорания дизельного молота под действием энергии взрыва.

Камера сгорания представляет собой кольцевую полость, образованную кольцевыми выточками в сферах поршня и шабота, при их полном контакте (в момент удара).

Исследование НДС камеры сгорания проводилось в программном комплексе «ANSYS». Задача решалась в линейной постановке с использованием осесимметричной расчетной схемы. Расчет НДС камеры сгорания проводился в момент взрыва топлива при нагрузке давления газов 7–8 МПа. При построении сетки конечных элементов использовался плоский восьмиузловой элемент PLANE183 второго порядка из библиотеки конечных элементов ПК «ANSYS».

В результате проведения исследования было получено распределение интенсивности напряжений в кольцевой дюзе, что позволило четко определить зоны концентрации напряжений.

По результатам проведенного исследования НДС камеры сгорания предложены практические рекомендации по модернизации кольцевой дюзы с целью увеличения ее прочностной надежности.

УДК539.4:621.311.22

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДЕАЭРАТОРА ВИХРЕВОГО ТИПА

А.З. КИРЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. ЛАПТЕВ

Реконструкция технических объектов в теплоэнергетике, связанная с усовершенствованием технологических и тепловых схем основывается на совершенствовании конструкций аппаратов и их узлов.

При создании конструкции интенсивного деаэратора был использован принцип противоточного движения фаз с закруткой, как конденсата, так и греющего пара. Интенсивный нагрев конденсата паром происходит сначала через стенки раздаточных труб, а на завершающем этапе при их непосредственном контакте в вихревых элементах, размещенных в нижней части деаэраторной колонки. Поток конденсата распределяется по контактными элементами в водяной камере, образованной двумя плоскими днищами, расположенными в верхней части деаэратора.

Предложенная конструкция деаэраторной колонки состоит из ряда стандартных элементов, поддающихся расчету на прочность с использованием действующих нормативных документов (эллиптическая крышка, цилиндрическая обечайка, подводящие и отводящие патрубки), а также колонка содержит отдельные нестандартные узлы, для которых составляются объективные расчетные схемы для определения прочности.

Плоские круглые днища водяной камеры могут быть ориентировано рассчитаны с использованием теории расчета на прочность трубных решеток, разработанной Л.М. Качановым и А.А. Захаровым. Для уменьшения толщин днищ использовались анкерные связи, в виде стержней, приваренных на среднем диаметре.

Для получения максимально точного результата толщины днища в области приварки к цилиндрической обечайке и в местах закрепления к анкерным связям использовались так же численные методы, реализацию которых проводим в программных пакетах, позволяющих рассчитывать элементы и узлы конструкций сложной геометрической формы.

УДК 621.3

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Р.Н. ГАНИЕВ, Е.Н. ГАВРИЛОВ, НХТИ, г. Нижнекамск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Н. ДМИТРИЕВ

Одним из основных этапов проектирования асинхронного частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) является выбор типа исполнения и мощности электрической машины. В настоящее время при проектировании асинхронных электроприводов становится актуальным использование специальных асинхронных электродвигателей для частотного регулирования (АДЧР). Это вызвано жесткими технологическими требованиями современных механизмов. К примеру, асинхронные ЧРЭП главного движения современных станков с ЧПУ требуют регулирования скорости в диапазоне 1:10000 со скоростью двигателя около 20000 об/мин. Исследования показали, что применение машин общепромышленного исполнения в данном случае неприемлемо ввиду следующих характерных особенностей. При работе на высоких скоростях возникают проблемы с механической износостойкостью подшипников, при работе на низких скоростях – с охлаждением машины; при питании асинхронной машины от преобразователя частоты, изоляция обмоток машины подвержена негативному влиянию высших гармонических составляющих выходного напряжения источника, что неизбежно ведет к преждевременному износу изоляции; стандартная асинхронная машина имеет значительные магнитные потери в стали, вызванные прохождением токов Фуко по замкнутому магнитному контуру ротор-подшипник-статор, что снижает КПД машины.

Перспективность применения специальных машин типа АДЧР очевидна ввиду отсутствия вышеперечисленных особенностей асинхронных машин за счет: применения более прочных подшипников, с соответствующей смазкой и уплотнением, рассчитанных на высокоскоростные нагрузки; использования специального вида изоляции обмотки статора, устойчивой к разрушительному влиянию высокочастотных составляющих напряжения; применения подшипников с изолированными кольцами, что препятствует прохождению магнитных токов, снижающих полезную мощность машины; применения «наездника» для увеличения теплообмена машины на низких скоростях. Кроме того, машина, предназначенная для частотного регулирования, не требует учета запаса по большим кратностям пускового тока. Отпадает необходимость в изготовлении глубоких пазов на роторе двигателя, так как двигатель при частотном управлении испытывает «мягкий» пуск, счет чего уменьшается материалоемкость машины при той же эквивалентной мощности.

УДК 539.4

РАСЧЕТ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ ANSYS

Е.В. СМИРНОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. НОЗДРИН

В работе исследуются вопросы применения программного пакета Ansys к расчету элементов конструкций из материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ). Этот пакет позволяет производить численный расчет механических конструкций с помощью метода конечных элементов. Разбиение проводится одним видом конечных элементов – SOLID185, который используется для трехмерного моделирования объемных конструкций. Расчетный элемент имеет свойства пластичности и гиперупругости и определяется узлами, обладающими тремя степенями свободы в каждом узле.

Для реализации возможности сопоставления численных расчетов с экспериментальными данными в качестве объекта исследования выбрана дуга из никелида титана. Дуга жестко закреплялась в середине и нагружалась двумя расходящимися по направлению силами, приложенными на концах дуги.

Перед применением программного модуля Ansys к элементу с ЭПФ создается математическая модель дуги. Используются термомеханические характеристики материала: модуль Юнга, коэффициент Пуассона, а также напряжения начала и окончания мартенситного и аустенитного переходов, возникающих в материале при разных температурах. На первом этапе расчет производится при температуре ниже температуры полного мартенситного перехода, равной 12 °С. Результат расчета на этом этапе показывает изменение упругопластических свойств материала и геометрических параметров дуги (размах между свободными концами). На втором этапе расчета при температуре выше температуры полного аустенитного перехода, равной 26 °С, объект восстанавливает свои первоначальные свойства и геометрические параметры.

Получены значения напряжений и перемещений, в том числе перемещений свободных концов дуги, которые сравниваются с данными эксперимента. Отмечается удовлетворительное совпадение результатов расчета и эксперимента.

СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

УДК 536.24+699.86

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА В ПОМЕЩЕНИИ

А.В. ДЮПИН, ИжГТУ, г. Ижевск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. КОРЕПАНОВ

На сегодняшний момент проблема энергоресурсосбережения является особенно актуальной, что подтверждается созданием федеральных программ по энергоресурсосбережению на государственном уровне. Остро стоит вопрос в энергосбережении средств на обеспечение комфортных условий в жилых зданиях, так как до 40 % энергоресурсов страны расходуется на отопление.

Наиболее перспективным методом энергосбережения является внедрение в строительные конструкции зданий новых материалов – теплоаккумуляторов, использующих теплоту фазовых переходов, в виде микрокапсул с температурой фазового перехода 17–25 °С.

При включении данных аккумуляторов в общие ограждающие конструкции происходит экономия энергии на охлаждение (обогрев) помещения летом (зимой). Аккумуляция теплоты происходит: в переходный период в точке излома температурного графика, когда в тепловой сети температура теплоносителя выше необходимой для обогрева здания, тем самым, уменьшая перетоп; в летний период для снижения нагрузки на систему кондиционирования.

При проектировании ограждающих конструкций необходимо определение оптимальных размеров и параметров строительных изделий с теплоаккумуляторными материалами.

Для решения поставленной задачи разработана математическая модель нестационарного теплового состояния помещения. Уравнение теплового баланса помещения решается методом Рунге-Кутты. Нестационарная задача теплопроводности ограждений с внутренними источниками теплоты фазового перехода решена методом конечных разностей.

В результате решения задачи получены температурные поля в стенах, температуры в помещении и тепловые потоки. Выполнен анализ эффективности применения теплоаккумуляторов с фазовыми переходами.

УДК 621.577

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС И ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ВЭР ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

И.И. ФИЛОНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. ПЛОТНИКОВА

Современные предприятия целлюлозно-бумажного производства являются крупными потребителями топлива, тепловой и электрической энергии. Поэтому проблема повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов является актуальной. Наиболее энергоемкими стадиями целлюлозно-бумажного производства являются участки варки целлюлозы, сушки бумаги и производство спирта. Так, для целлюлозно-бумажного комбината с годовой производительностью 165 тыс. т бумаги и 140 тыс. т целлюлозы на участке варки сульфатной целлюлозы потребляется 1,46 МВт тепловой энергии, в производстве газетной бумаги – 2,5 МВт, в производстве спирта – 0,84 МВт.

В процессе производства целлюлозы образуются такие ВЭР, как пар вторичного вскипания при выдувке целлюлозы, горячий щелок, отходящие газы печей для сжигания серосодержащих продуктов. Тепловыми отходами участка производства бумаги являются теплота конденсата греющего пара и теплота отработанного влажного воздуха, покидающего сушильную часть. ВЭР производства спирта – это нагретая вода, образующаяся в результате охлаждения щелока, а также при конденсации водно-спиртовых паров метанольной и спиртовой колонн.

Для повышения эффективности энергоиспользования предлагается организовать теплоутилизационный комплекс с применением тепловых насосов. Тепловой насос может быть использован для утилизации теплоты отработанного влажного воздуха сушильной установки, а именно для доведения параметров влажного воздуха до требуемых параметров греющего сухого воздуха. В процессах разделения при производстве спирта вариантом включения теплового насоса является использование энергии верхнего продукта колонн для подогрева нижней части. Выбор варианта включения тепловых насосов зависит от влияния системы утилизации на характер протекания технологических процессов. В результате использования тепловых насосов в процессах сушки возможно достижение экономии энергоресурсов до 80 %, а включение теплового насоса в схему производства спирта позволит снизить затраты энергии на разделение до 75 %.

УДК 669.162.218+510

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ В СЛОЕ ТБО

Р.Н. ГАБИТОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.П. ГУСЕНКОВА

Твердые бытовые отходы наносят значительный ущерб окружающей среде. Для их утилизации применяются различные способы. Один из способов является сжигание в слое, сопровождающееся процессами фильтрации. Целью является определение гидравлического сопротивления слоя ТБО в зависимости от перепада давления, скорости движения газа, пористости.

Экспериментальная установка состоит из шахты, окон для загрузки и выгрузки ТБО, воздуходувки, заслонки для изменения расхода газа. Твердые бытовые отходы моделируются в виде пористого слоя из шаров с различными видами укладки. Шахта представляет собой стальную трубу, в нижней части которой расположена металлическая сетка для фиксации слоя ТБО. Газ, идущий в слой, подается воздуходувкой. Расход газа регулируется заслонкой. В процессе экспериментального исследования измеряются следующие параметры в слое и по сечению шахты: избыточное давление, Па; температура слоя, °С; плотность слоя, кг/м³; температура газа на входе в слой, °С; расход газа, м³/с.

Вывод. При расчете процесса фильтрации в слое различной пористости получены коэффициенты гидравлического сопротивления, которые можно использовать для решения задачи теплопроводности.

Работа выполнялась в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 669.162.218+510

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТОМ СЛОЕ

Р.Н. ГАБИТОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.П. ГУСЕНКОВА

При решении задач тепломассопереноса важно учитывать движение газов в различных пористых телах. Процесс фильтрации газа в пористых

телах зависит от их пористости, гидравлического сопротивления слоя, скорости движения газа, перепада давления.

Целью исследования является определение зависимости гидравлических сопротивлений тел от пористости, скорости движения.

В программном комплексе FlowVision решалась задача трехмерного моделирования течения газа в пористом теле. Рассматриваются три варианта структуры пористых тел. В первом случае структура представляет собой шары с шахматной укладкой, во втором – с коридорной укладкой, в третьем – неупорядоченную укладку.

Результаты расчета сравнивались с результатами экспериментальных исследований. В установку, представляющую собой шахту, загружались шары диаметром 40 мм, в слой подавался воздух, при этом измерялись следующие параметры: расход газа на продувку, его давление на входе в слой и на выходе, температура.

Вывод. Результаты расчета процесса фильтрации газа в пористом слое в вычислительном комплексе FlowVision сравнивались с полученными экспериментальными данными.

Работа выполнялась в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 536.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТАЯНИЮ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ МАСС ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИКРОВОЛН

М.С. ХАМУРЗИН, В.В. ЛАПОЧКИНА, КГТУ им. А.Н.Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

На сегодняшний день существует и разрабатывается ряд патентов на снеготаяльные устройства. Весьма важной является проблема больших затрат энергии для таяния снежно-ледяной массы. Исходя из этого, решением данной проблемы является применение СВЧ-микроволн в виду особых взаимоотношений воды и СВЧ-излучения. Из-за значительной асимметрии молекулы воды она обладает исключительной поляризацией, что делает ее идеальным материалом для микроволнового воздействия. Таким образом, действительно представляется возможным сократить затраты энергии.

Экспериментальные исследования проводились в течении двух зим сезонов: 2007–2008 и 2008–2009 годов. В исследовании были рассмотрены: снег, лед, вода, а также в различных сочетаниях, например, снег со льдом и т.д. Забор проб производился, как и с автодорог, тротуаров, где снег более загрязненный (содержит соли, нефтяные фракции, грунт, глину, песок), так и с мест менее подверженных загрязнению – локальных мест во дворах, где нет непосредственного человеческого воздействия. В качестве пробы забирался поверхностный снег, и снег находящийся в более глубоких слоях, так называемых ранних слоях.

Из полученных графиков можно сделать выводы о том, что:

– наиболее эффективный режим работы магнетрона 100 % и наименее эффективный 40 % соответственно;

– самым быстротаящим из исследуемых объектов: снега, льда, а также их сочетания является «чистый, сухой» снег.

– на перевод снега в жидкое состояние затрачивается меньше времени по сравнению со льдом;

– в процесс таяния пагубно сказывается наличие примесей (нефте содержащих веществ, грунта, глины, песка и т.д.) в обрабатываемой смеси.

– своевременный отвод талой воды позволил снизить время таяния до 20 %.

УДК 519.766.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТАЯНИЯ СНЕГА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИКРОВОЛН

М.С. ХАМУРЗИН, В.В. ЛАПОЧКИНА, КГТУ им. А.Н.Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Актуальна, представляет теоретический интерес и имеет практическую направленность проблема разработки и исследования математических моделей СВЧ нагрева диэлектриков. Обоснованность и достоверность полученных результатов определяется корректным использованием математических методов, удовлетворительным совпадением результатов численного моделирования с результатами экспериментов.

Порядок действий при создании математической модели:

– Аппроксимация дифференциальных уравнений.

Для решения поставленной задачи использовали приближенный, численный, метод решения дифференциальных уравнений в частных производных, а именно метод сеток, или метод конечных разностей.

– Расщепление задачи

С целью сокращения затрат машинного времени использовали конечно-разностные схемы, у которых эти затраты на каждом шаге по времени пропорциональны числу узловых точек (экономичные схемы). Одной из таких схем является локально-одномерная схема.

Локально-одномерная схема является «типичным представителем» широкого класса схем, применяемых для решения многомерных задач и задач расчета совместно протекающих процессов, описываемых несколькими уравнениями. Отличительная особенность этих схем – сочетание сильных сторон явных схем (малые затраты машинного времени на шаге по времени) и неявных схем (безусловная устойчивость).

После применения локально-одномерной схемы получаем, что необходимо найти решение системы уравнений, получающейся на каждом временном слое при расчете по неявной схеме, по каждой из координат.

Результатом работы явилось программное обеспечение (ПО), предназначенное для расчета поля температур внутри СВЧ волновода, частично заполненного диэлектриком. Оно написано на языке программирования высокого уровня Java в виде приложения.

УДК 54.006

МИКРОВОЛНОВЫЙ АНАЛИЗАТОР СОСТАВА СЫРОЙ НЕФТИ

М.С. ХАМУРЗИН, КГТУ им. А.Н.Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Разработка нефтяных месторождений в последние годы столкнулась с проблемой ухудшения физико-химических свойств сырой нефти (СН) в виду увеличения количества воды в разрабатываемых месторождениях. Для решения возникшей проблемы существуют различные способы разрушения СН на компоненты, но наиболее эффективный способ является применение СВЧ, на основе метода азеотропной дистилляции. Поскольку данный метод обеспечивает сепарацию с высокой точностью и вероятностью 100 %-го разделения СН на компоненты. По сравнению с микроволновым анализатором определения фракционного состава СН. расширена охладительная камера. В результате чего, произошло сокращение времени полного разделения, а также повысилась точность результатов эксперимента.

Из полученных результатов заключили о наиболее лучший режим работы магнетрона с точки зрения быстрого выделения воды – 100 % мощности магнетрона. Таким образом, полное прекращение выделения воды из СН происходит в среднем при истечении 30 минут при общем объеме 200 мл Вода / Нефть = 50 / 50 %. При режимах работы на 50 %, 70 % время полного окончания выделений воды в среднем составило 40 минут и 50 минут соответственно. При соотношении Вода / Нефть = 75 / 25 % и режимах 100, 70, 50 % время окончания выделения воды составило 40, 55, 70 мин. По расчетам поглощенной мощности в единице объема наблюдается закономерность его увеличения при большем содержании воды в сырой нефти. Необходимо отметить, что скорость протекания процесса разделения можно повысить путем применения пористых материалов в сосуде с обрабатываемой смесью.

УДК 536.24+536.27

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБЧАТО-КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ

Н.В. БОГДАНОВА, А.Р. ЗАЙНУЛЛИН, В.Ю. БАШКИНОВ,
В.Н. ТАРАКАНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Х. ГИЛЬФАНОВ

Трубчато-кольцевые каналы широко используются в энергетических объектах в нестационарных условиях из-за работы насосов, компрессоров, при пульсирующих режимах работы, в период запуска, смены режима, включения, выключения и т.д.

В данной работе рассматривается нестационарное течение жидкости в трубчато-кольцевом канале, моделирующем нефтяную скважину.

При расчете потоков в нестационарных режимах течения возможны три подхода: нестационарный – с учетом деформации пространственно-временных величин при изменении граничных условий во времени, квазистационарный – когда параметры соответствуют мгновенным характеристикам потока с дальнейшим расчетом по стационарным зависимостям, стационарный – по среднему расходу за период колебаний по формуле Дарси-Вейсбаха с расчетом коэффициента сопротивления по Блазиусу.

В основе математической модели – теория пограничного слоя с двухслойной его моделью для несжимаемой жидкости. Система

нестационарных интегральных уравнений неразрывности и движения в плоском приближении численно определяет развитие пограничного слоя и течения в целом по продольной координате при заданных начальных и граничных условиях. Для замыкания системы уравнений используется соотношение для закона трения на основе гипотезы турбулентности Прандтля. Определяются толщина вязкого подслоя, безразмерная скорость на его внешней границе, характерное число Рейнольдса, коэффициент трения, параметр гидродинамической нестационарности, потери статического давления.

Изменение этих величин по продольной координате наблюдается на начальном участке в 15–35 диаметров. На стабилизированных участках течения гидродинамические и кинематические параметры постоянны. После реализации расчетов потерь давления результат аналогичный квазистационарный на 3 %, стационарный на 37 %, что неприемлемо для практических оценок.

УДК 532.6

СОЗДАНИЕ ГЕНЕРАТОРА АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММ НАГРЕВА ТЕЛ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ С ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ТРЕТЬЕГО РОДА

Т.В. ТАТАРИНОВА, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ГОРБУНОВ

В настоящее время существует множество вычислительных пакетов для решения задач теплообмена. Они являются хорошим инструментом для конструирования и оптимизации работы оборудования. Одним из важнейших критериев компьютерного моделирования процессов является точность и время выполнения. Но чаще всего анализ точности решения поставленной задачи отсутствует.

Для решения этой проблемы необходимо сравнивать результаты, полученные в многофункциональном комплексе, с результатами физического эксперимента. Это требует наличия соответствующего оборудования и больших денежных затрат. Иногда физический эксперимент провести просто невозможно. Для некоторых задач анализ точности проводится в сравнении полученных результатов с аналитическим решением.

Пояснить этот вопрос можно на примере многофункционального комплекса FEMLAB, рассмотрев нагрев заготовки (в виде бесконечной пластины) в течение 1000 секунд с граничными условиями третьего рода (температура среды – 1273 К, приведенный коэффициент теплоотдачи – $300 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) с одной стороны и граничных условиях второго рода (условие адиабаты) с другой, толщина пластины – 0,1 м. Аналитическое решение для данной задачи можно составить при помощи пакета MathCAD. Считая данное аналитическое решение истинным, легко определить точность решения многофункционального вычислительного комплекса FEMLAB в зависимости от количества узлов, количества шагов по времени, вида сетки, метода решения и других параметров.

Для проверки точности решения задач нагрева тел в многофункциональных вычислительных комплексах требуется генератор аналитических решений.

УДК 669.162.218+510

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЛОЯ С НЕИЗВЕСТНОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

С.В. ФЕДОСЕЕВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ГОРБУНОВ

В последнее время появилось много вычислительных комплексов для решения задач гидрогазодинамики и теплообмена. С их помощью можно определять параметры процессов, такие как векторы скоростей, поля температур, давлений, концентраций. При помощи некоторых вычислительных комплексов могут быть рассчитаны процессы в шахтных печах с неподвижным слоем и с не известной структурой. Примером такой структуры является слой агломерата, слой ТБО и т.д.

Целью исследования является выявление возможности использовать фрактальную геометрию для описания пористых структур с не известным характером пор. Определение для таких структур гидравлического сопротивления и сравнение полученных результатов с известными экспериментальными данными.

В многоцелевом вычислительном комплексе решалась задача нахождения гидравлического сопротивления слоя с известной структурой в виде шаров с диаметром 45 мм с шахматной укладкой с линейными

размерами $a*b*h = 0,9*0,9*0,9$, результаты которой сравнили со слоем заданной фрактальной геометрией. Скорость течения газа на входе в слой принималась равной 1,5 м/с.

Результаты решения задачи для слоя составленного из шаров с известными экспериментальными данными совпали с результатами решения задачи для пористой фрактальной структуры в виде кубов с мерой фрактала равной трем.

Вывод. Для слоев с неизвестной пористой структурой решая задачу нахождения гидравлического сопротивления можно использовать фрактальную геометрию, но для этого необходимо выбрать структуру и меру фрактала, которая лучше описывает слой с неизвестной пористой структурой.

Работа выполнялась в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 532.6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОНА-УЛОВИТЕЛЯ ПОСЛЕ ПЕЧИ СФЕРОЛИЗАЦИИ ПОЛЫХ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.С. ЯЛХОВСКИХ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ГОРБУНОВ

Полые стеклянные микросферы (ПСМ) представляют собой мелкодисперсные легкосыпучие порошки, состоящие из тонкостенных (0,5–2,0 мкм) стеклянных частиц сферической формы диаметром 10–150 мкм.

Технологическая схема получения ПСМ включает различные этапы. Одним из основных этапов производства является извлечение ПСМ из потока продуктов сгорания газа движущихся после печи сферолизации, так как ПСМ являются не только готовым продуктом, но и выбросами в окружающую среду. На данном технологическом этапе эта задача является одной из наиболее важных.

На ОАО «НПО Стеклопластик» в системе газовой очистки используются последовательно установленные одиночный циклон СКЦН и батареи циклонов СЦН-50, СЦН-40. Математическое моделирование работы данных циклонов по улавливанию ПСМ из потока газа (т.е. получение готового продукта), а также физические эксперименты показали, что эффективность их работы составляет порядка 65–70 %.

Таким образом, потери годного продукта к абсолютной величине составляют около 280 кг/сут. При численном расчете системы газоочистки печи сферолизации были построены точные математические модели циклонов и проведена верификация данных получаемых при физическом эксперименте и расчетным путем. Результаты сравнения показали, что расчет системы газоочистки в численно-программном комплексе дает допустимую погрешность по сравнению с экспериментом. В результате было принято решение о модернизации газоочистной системы на основе математического моделирования. Изучив рынок промышленных аппаратов газовой очистки, обобщив опыт внедрения производств ПСМ в России и за рубежом, было принято решение о замене одного циклона на более эффективный циклон фирмы «Планета-Эко». Была построена математическая модель данного аппарата и проведены численные исследования его работы, что позволило качественно оценить очистку печных газов в новой газоочистной системе и принять решение о ее скорейшем внедрении.

УДК 536.423

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ В РЕКУПЕРАТОРАХ С СЕКЦИОНИРОВАННЫМИ КАПИЛЛЯРНЫМИ КАНАЛАМИ В ЗОНЕ КИПЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Е.А. ШАКИРОВА, Л.А. МАРЮШИН, А.М. КОСТЮКОВ,
МГИУ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.Д. КОРНЕЕВ

Результаты наших исследований показали, что одним из перспективных вариантов решения задачи повышения энергоресурсосбережения в элементах конструкций рекуператоров является организация в них процесса кипения в системе капиллярных щелевых каналов с величиной щелевого зазора не превышающей капиллярной постоянной кипящей жидкости. При этом величина коэффициента теплоотдачи, при прочих равных условиях, может в 3–5 раз превосходить интенсивность теплообмена при кипении в традиционных условиях. Использование плоскопараллельных капиллярных каналов с эвакуацией пара в продольном направлении ограничено допустимой высотой канала. Обычно, она составляет 0,1–0,2 м – это связано с кризисом теплообмена при кипении в каналах большей высоты.

С целью увеличения допустимой конструктивной высоты поверхности теплообмена, канал разбивается на ряд секций, высота каждой из которых выбирается так, чтобы при рабочих значениях плотности теплового потока гарантировалось отсутствие кризиса теплообмена.

Необходимо выбрать такие значения величины щелевого зазора между стенками капиллярного щелевого канала и значения высоты каждой секции канала, которые обеспечивали бы максимальные значения α при кипении жидкости в канале и гарантировали отсутствие кризиса теплообмена.

На основе выполненного анализа получено критериальное уравнение для расчета характеристик теплообмена в зоне кипения рекуператоров с секционированными капиллярными каналами проточного типа:

$$\text{Nu} = \frac{1}{k} \left(\text{GaBoRe}^{**} \left(1 + \sqrt{\frac{\frac{\text{Ga}L}{24\text{Re}^{**}}}{1 + \frac{1}{12}\text{Re}^*}} \right)^{-2} \right)^{\frac{1}{3}},$$

где $\text{Ga} = gb^3/\nu_{\text{ж}}^2$ – число Галилея, $\text{Nu} = \bar{ab}/\lambda_{\text{ж}}$ – число Нуссельта, $\text{Bo} = \sigma/g\rho_{\text{ж}}b^2$ – число Бонда, $\text{Re}^* = A_0qb/r\rho_n\nu_{\text{ж}}$ – первое модифицированное число Рейнольдса, $\text{Re}^{**} = A_0qh/r\rho_n\nu_{\text{ж}}$ – второе модифицированное число Рейнольдса, $L = Hb/h^2$ – безразмерный параметр формы канала.

УДК 622.276.4.001:532.11

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ОЧИСТКЕ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

А.И. ХАЙБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.В. ПРОЩЕКАЛЬНИКОВ

Большинство методов очистки призабойной зоны направлено на предотвращение или удаление асфальтеносмолопарафиновых веществ (АСПО), отложившихся на внутрискважинном оборудовании (стенках НКТ и обсадной колонны, в порах коллектора, а также штангах и насосе).

Одним из наиболее эффективных способов ликвидации отложений парафина считается использование растворителей. Хотя они являются дорогостоящими методами, экономические показатели которых зависят от множества меняющихся во времени факторов (цены на растворитель, стоимости перевозок, складирования и др.), тем не менее, использование растворителей позволяет удалять АСПО не только из скважинного оборудования, но и призабойной зоны скважины. Существует большое разнообразие составов для удаления АСПО, включающих такие реагенты как бензол и его гомологи, газовый бензин с поверхностно-активными веществами, углеводородные растворители с добавками коксохимического сырья, отходы производства вторбутилового производства и многие другие.

Разработана экспресс-методика для расчета температурной зависимости вязкости как для технически очищенных растворителей, так и для растворителей на основе кубового остатка ректификации бензола и этиленбензола. Данный метод применим как для растворителей алифического ряда, так и для ароматического.

В работе рассчитана кинетика растворения на основе тепловой модели Прандля и энергетическая эффективность при нагреве индукционным нагревателем. Наиболее выгодным растворителем является вода.

УДК 621.036.7

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ОТБОРА ПАРА В ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКЕ

И.И. ВАЛИЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.В. ПРОЩЕКАЛЬНИКОВ

Эффективность работы ПТУ зависит от конфигурации осуществляемого термодинамического цикла, параметров используемого водяного пара и качества изготовления каждого из ее агрегатов. При повышении экономичности ПТУ важную роль играет уменьшение внешней необратимости цикла, обусловленной большой разностью температур при передаче теплоты от горячих продуктов сгорания топлива к рабочему телу. Для этого следует повышать среднюю температуру воды и пара T_{1cp} в процессе подвода теплоты от верхнего теплового источника. В цикле Ренкина имеется участок, где теплота от горячих газов передается воде в интервале низких температур – от температуры в конденсаторе, близко к температуре окружающей среды, до температуры насыщения

в котле, что существенно снижает $T_{1\text{ср}}$. Этого можно избежать, применяя схему ПТУ с многократным отбором пара. В этом случае отобранный пар смешивается с водой в подогревателе, нагревая ее до температуры насыщения, соответствующий давлению этого пара. Поэтому после каждого подогревателя имеется насос, повышающий давление воды до давления в следующем подогревателе, а после последнего (по ходу воды) подогревателя – питательный насос (ПН), подающий воду в котел. Для нахождения характеристик регенеративного цикла необходимо определить доли пара α_i , направляемые в каждый регенеративный подогреватель, которые определяются из теплового баланса, составляемого для каждого подогревателя. Так для первого подогревателя, в котором смешиваются поток $(1-\alpha_i)$ воды и поток α_i пара можно записать

$$\alpha_1 h_{01} + (1 - \alpha_i) h_{02'} = 1 h_{01'} \Rightarrow \alpha_1 = (h_{01'} - C) / (h_{01} - h_{02}),$$

Аналогично для второго подогревателя

$$(1 - \alpha_1 - \alpha_2) h_{2'} + \alpha_2 h_{02} = (1 - \alpha_1) h_{02} \Rightarrow \alpha_2 = (1 - \alpha_1) / (h_{02'} - h_{2'}) (h_{02} - h_2).$$

Температура T_{01} , до которой производится регенеративный подогрев, обычно бывает задана. В смешивающих подогревателях при смешении воды и отобранного из турбины пара вода подогревается до состояния насыщения, соответствующего давлению пара. Из-за отбора части пара в подогреватели работа запишется

$$A = (h_1 - h_2) - \sum_{i=1}^n \alpha_i (h_{0i} - h_2),$$

где $\alpha_i (h_{0i} - h_2)$ недовыработка работы паром i -го отбора. Термический КПД регенеративного цикла может быть представлен в виде:

$$\eta_t^{\text{рег}} = \frac{(h_1 - h_2) - \sum_{i=1}^n \alpha_i (h_{0i} - h_2) - \sum_{i=1}^n l_n}{(h_1 - h_2)},$$

где $\sum_{i=1}^n l_n$ есть суммарная работа насосов.

Регенеративный подогрев питательной воды является одним наиболее эффективных методов повышения экономичности цикла. Поэтому современные ПТУ должны иметь развитую систему регенерации, включающие в себя восемь-девять подогревателей. Применение регенерации позволяет увеличить КПД установки на 14–16 %

УДК 622.245.54

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАВОДНЕНИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.П. КУХЛЕВСКИЙ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. ГУРЬЯНОВ

Для решения задачи повышения нефтеотдачи используется широкий набор технологий, основанных на методах физического, химического и теплового воздействия на призабойную зону и пласт в целом.

Совокупность отрицательных факторов ведет к тому, что на завершающей стадии разработки нефтяных месторождении значительная доля извлекаемых запасов нефти остается невыработанной. Все факторы обращают внимание на необходимость комплексного подхода к решению задач интенсификации притока, повышения нефтеотдачи и энергосбережения в скважинной добычи нефти при различных методах заводнения.

Особое место занимают добывающие и нагнетательные скважины, на которых установлено оборудование, потребляющее энергию и изнашивающееся во времени. Усовершенствование процесса заводнения нефтяных залежей – одна из важнейших проблем современной науки и практики разработки нефтяных месторождений. Работа скважин и установленного оборудования должна происходить в оптимальных режимах, соответствующих минимальным затратам энергии, максимальной продолжительности межремонтного периода и т.д. Производительность глубинных насосов должна соответствовать заданным дебитам скважин. В связи с этим становятся актуальными разработки по улучшению технологических показателей работы насоса и всей установки в целом. В результате расчета была выявлена зависимость основных параметров (давление, газосодержащие, температура, расход жидкости и газа, коэффициент наполнения) по глубине скважины, учитывая ограничения на газосодержащие и коэффициент наполнения. Выбрана оптимальная глубина установки глубинного насосного оборудования, которая обеспечивает рациональный выбор технологии добычи нефти.

Использование пульсационной техники для комплексной обработки скважин и циклического заводнения пласта решает ряд актуальных и важных задач энергосбережения. В работе рассматриваются вопросы

энергосбережения в зависимости от режимов эксплуатации месторождения путем численного эксперимента и оптимизации параметров: закачки воды, дебита и подбора оптимальной глубины спуска насосного оборудования, положения водонефтяного контакта, забойного и пластового давления. В результате сравнительного анализа непрерывной и пульсационной закачки решается задача энергосбережения и выбора оптимальных режимов пульсационного воздействия на пласт с целью повышения нефтеотдачи, и как следствие, оказывает помощь в решении задач по поддержанию оптимальных условий эксплуатации нефтепромыслового оборудования и обеспечению высоких технико-экономических показателей добычи нефти.

УДК 622.279

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПУЛЬСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

АХМАД АЛИ НИДЖРС, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. ГУРЬЯНОВ

Нефтяная скважина, включающая в себя обсадную (ОТ) и насосно-компрессорную (НКТ) трубы, заполненные жидкостью, как физический объект, представляет собой колебательное звено с присущими ему свойствами. Наличие колебательных движений жидкости в скважине позволяет, например, организовать обработку скважины и призабойной зоны в «мягком», структуросберегающем режиме

Установка для пульсационной очистки нефтяной скважины включает в себя силовой блок для нагнетания жидкости в скважину насосом и блок управления где размещены клапан управления для стравливания давления, гидроаккумуляторы-накопители потенциальной энергии, бак питатель, пульт управления. МПУ снабжена надежной системой автоматического регулирования. МПУ осуществляет различные гидродинамические режимы.

Пульсационный режим.

В этом режиме происходит знакопеременное движение жидкости в прямом (при нагнетании) и в обратном (при сбросе давления) направлениях. Знакопеременное движение приводит к возникновению нестационарных перетоков между трещинами и блоками пласта, что создает условия для разблокирования зон загрязнения, целиков, насыщенных нефтью и пластовой водой

Пульсационный режим с протоком. В этом режиме жидкость движется в одном и том же направлении, как при нагнетании давления, так и сбросе давления через байпасную линию, обеспечивая тем самым одновременно обработку призабойной зоны и эвакуацию продуктов загрязнения зумпфа на поверхность.

Частотный режим. Этот режим проявляется в виде дополнительных гармоник повышенной частоты вследствие повышения давления в системе и может осуществляться с использованием пакера в затрубье. Это приводит к повышенной интенсификации процессов очистки ствола и декольматации призабойной зоны. Технически этот режим может быть осуществлен с использованием двух дополнительных гидропневмоаккумуляторов, что предусмотрено в техническом проекте.

Режим пульсационного заводнения. Пульсационное (циклическое) заводнение осуществляется при низких (при периоде порядка суток) частотах. Параметры работы МПУ в этом режиме отличаются лишь периодом закачки (до 1–2 сут) и расходом рабочей жидкости (50–200 м³/сут). Пульсации могут осуществляться также с помощью насосных агрегатов 9Т, ЦА-320, или от источника кустовой насосной станции КНС.

Испытания пульсационной установки проводились на экспериментальном стенде в ЗАО «ТАТОЙЛГАЗ» с 2000 г.

Приемистость отдельных скважин после обработки повышалась до 10–25 %. При обработке скважин в ЗАО «ТАТОЙЛГАЗ» наблюдалась эвакуация нефти и «шлама» на поверхность. В результате декольматации (разукопоривании) порового пространства в каналах призабойной зоны пласта первым выходит газ, накопившийся в закупоренном пропластке, а затем вязкая водонефтяная эмульсия и жидкость с пленкой нефти.

Проведенный анализ вышедшей из скважины технологической жидкости с пленкой нефти дал следующие результаты: CaCO₃ – присутствие; значительное содержание Fe₂O₃ – max; Fe₂S – max (6 г/л); глина, песок, CaSO₄ – отсутствие. Малое содержание CaCO₃ свидетельствует о неэкстремальном воздействии пульсации, создаваемой МПУ на подвижные вещества в коллекторах и на сами коллекторы, что подтверждает структуросберегающий характер пульсационного воздействия на коллектор

Минералогический состав водосодержащего флюида в основном совпадает с типовым минералогическим составом механических примесей во флюидах нефтяных месторождений Татарстана, сформировавшихся вследствие закачки большого количества воды.

УДК 658.26

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ДЕТАНДИРОВАНИЯ

К.И. ПРОСВИРНИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Н. АКМАЕВ

В настоящее время получение электрической энергии с применением ресурсосберегающих, природоохранных технологий становится все более актуальным. И одно из таких направлений – использование потенциальной энергии природного газа высокого давления магистральных газопроводов с применением детандер-генераторов. Детандерами принято называть любые генераторы, работающие на перепаде давления газа. В основном, детандеры применяются там, где избыточное давление является побочным продуктом и должно быть понижено каким-либо путем, для дальнейшего использования рабочего тела–газа. Поскольку при работе детандера практически не происходит расходования топлива, получаемая в результате энергия является «экологически чистой». Известно, что перед подачей потребителю высокое давление газа понижается (редуцируется). При этом потенциальная энергия сжатого газа теряется безвозвратно. А ведь ее можно использовать для «бестопливного» получения электроэнергии.

Давление в магистральном газопроводе составляет 50–70 атмосфер, а в сетях потребителя должно составлять 1–3 атмосферы. В настоящее время избыточное давление просто сбрасывается с большой потерей энергии. Сброс давления осуществляется в два этапа: сначала до 12–15 атмосфер для распределительных сетей и далее до давления, необходимого конечному потребителю. При пропуске газа через турбину детандера сброс давления осуществляется за счет передачи энергии турбине, которая вращает генератор электрического тока. Очень незначительное количество газа при этом используется для подогрева рабочего тела на выходе из турбины.

Эти агрегаты понижают давление газа до требуемого потребителю, выполняя функцию газораспределительных пунктов и станций, и одновременно вырабатывают электроэнергию. Причем газ не сжигается, а только используется в качестве рабочего тела, поступая далее потребителю. Соответственно, окружающая среда не загрязняется продуктами сгорания топлива. Эффективность производства электроэнергии по технологиям с применением детандеров в два раза выше, чем на современных электростанциях.

В настоящее время турбодетандеры оцениваются специалистами, как один из перспективных видов турбинной продукции с большим рынком сбыта. Рынком наиболее востребованной мощности ряда 1,5–6,0 МВт.

Следует отметить и инвестиционную привлекательность этого сегмента рынка. По разным оценкам ресурс внедрения детандер-генераторной технологии России и СНГ оценивается в 5000–8000 МВт. А это – загрузка энергомашиностроительных предприятий на многие годы, новые рабочие места. Срок окупаемости проектов – от 3 до 5 лет. Для потребителей же это – производство, прежде всего, на собственные нужды относительно дешевой экологически чистой электроэнергии. А для России – экономия газа, который можно отправить на экспорт.

Рассмотренная технология выработки электроэнергии, на базе детандирования используется в проекте преобразования промышленных котельных в мини-ТЭЦ.

УДК 621.33.

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Р.Ф. ИСМАГИЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. ГУРЬЯНОВ

В настоящее время к очистке сточных вод предъявляют большие требования. Это стимулирует создание высокоэффективных методов и физико-химических способов очистки. Выбор оптимального метода очистки сточных вод зависит от технико-экономических показателей, количества и химического состава сточных вод, технологической возможности, так же от требования к качеству очищенной воды при ее использовании для оборотного водоснабжения или сброса в водоем.

Для эффективной очистки воды предусматривательно использовать на предприятиях коагуляцию, флокуляцию, сорбцию и осаждение примесей в оптимальных гидродинамических режимах. Однако одним из важных этапов очистки является процесс сорбции. Это единственный способ позволяющий удалить нефтепродукты вплоть до следовых количеств.

Эффективность сорбционной установки определяется рациональным технологическим решением – выбора способа, ведения процесса, режимом взаимодействия воды с адсорбентом, конструкции аппаратов.

Проведенные предварительные лабораторные исследования технологического транспортирования антрацита в виде плотного слоя, пульсацией жидкой фазы показали возможность создания нового класса установок с высокими технико-экономическими показателями.

УДК 66.0

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ ПУТЕМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЕГО ЭТАПОВ

Э.Р. КАМАЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Я. МУТРИСКОВ

Основные направления развития производства азотной кислоты видны из анализа ее себестоимости и тесно связаны с оптимизацией отдельных стадий производственного процесса.

Первую стадию процесса – каталитическое окисление аммиака следует рассматривать как совокупность параллельных экзотермических реакций, протекающих в соответствии с закономерностями гетерофазного катализа (реакции между газами на поверхности твердого катализатора относят к реакциям гетерогенного типа).

Окисление аммиака на платиновом катализаторе – это одна из наиболее быстрых каталитических реакций. Преимущества платиновых катализаторов – высокая активность и избирательность обеспечивают достаточно высокую (до 98 %) степень превращения аммиака в NO при исключительном малом времени контактирования. К недостаткам платиновых катализаторов, кроме высокой стоимости, относят их повышенную чувствительность к отравлению. Вторая стадия производства азотной кислоты проходит две ступени: реакции быстро и медленно. С повышением температуры скорость реакции не возрастает. Это объясняется тем, что увеличение температуры смещает равновесие более быстрой экзотермической стадии димеризации влево, что снижает концентрацию димера NO. Поэтому более медленная стадия – экзотермическое окисление димера, определяющая скорость процесса в целом, при повышении температуры протекает еще медленнее. Условиями, определяющими успешное протекание самой медленной стадии в производстве азотной кислоты, можно считать отвод тепла и повышение давления. Именно те же условия определяют и смещение равновесия вправо в третьей стадии производства азотной кислоты –

экзотермическое поглощение NO или NO₂ водой. Стадия поглощения это пример некаталитической, обратимой, экзотермической реакции, протекающей с уменьшением объема.

Основной расходной статьей себестоимости азотной кислоты можно считать затраты, связанные с производством аммиака, которые, так же как и при определении себестоимости аммиака, зависят, в основном, от выбранного метода получения водорода. Отсюда ясно, что все мероприятия, связанные с совершенствованием технологии синтеза аммиака и его сырьевой базы, являются главным условием снижения себестоимости азотной кислоты.

На экономические показатели процесса существенное влияние оказывает выбор используемого давления. При повышенных давлениях уменьшается объем аппаратуры, снижается расход металла, возрастает интенсивность процесса в целом, но существенно увеличивается и расход платины.

Основными направлениями, над которыми сегодня работают в азотно-кислотной отрасли, можно считать: 1) разработку высокоактивных, избирательных, не содержащих платину катализаторов для окисления аммиака; 2) увеличение единичной мощности агрегатов по производству азотной кислоты комбинированным методом; 3) утилизацию энергии отходящих газов; 4) создание энерготехнологических схем.

УДК 67

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.М. ЛОКМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Я. МУТРИСКОВ

Экономический рост может быть достигнут тремя путями: экстенсивным (наращиванием массы ресурсов, используемых в производственном процессе, без изменения эффективности их использования), переходным (наращиванием массы ресурсов, используемых в производственном процессе, и повышением эффективности их использования) и интенсивным (повышением эффективности использования всех видов ресурсов без наращивания их производства).

Под рациональным ресурсоиспользованием следует понимать такое использование ресурсов, которое не допускает подрыва самовосстановительного потенциала отдельных видов ресурсов и их деградации, позволяет обеспечить их максимально эффективное использование. Однако эта формулировка касается только возобновляемых ресурсов. Применительно к невозобновляемым или условно-возобновляемым ресурсам под рациональным ресурсоиспользованием следует понимать такое их использование, которое не допускает их исчерпаемости, предусматривает ресурсосбережение (вовлечение ресурсов в повторный оборот и снижение норм расхода ресурсов) и постепенную замену на нетрадиционные возобновляемые ресурсы. Современный уровень использования природных ресурсов показывает, что в целом в готовый продукт переходит всего 4–5 % добываемого исходного сырья.

В основе расточительного (нерационального) использования природных ресурсов лежит противоречие между потребностями общества и его технологическими возможностями. Как показывает развитие материального производства, наблюдается устойчивый рост потребностей общества за счет деградации окружающей среды, поскольку технологический уровень производства не соответствует задаче создания системы рационального природоиспользования.

Рост потребления природных ресурсов в ближайшей исторической перспективе невозможен из-за несовершенства технологических процессов, используемых современным обществом. Предлагают два направления выхода из сложившейся ситуации:

1. Мировое сообщество будет сознательно сдерживать рост потребления природных ресурсов ввиду отсутствия технологических и экономических рычагов решения данной проблемы.

2. Сокращение абсолютных объемов потребления природных ресурсов будет происходить за счет внедрения и использования ресурсосберегающих технологий.

Под эффективностью ресурсоиспользования понимается отношение всего количества используемых обществом ресурсов, добытых и восстановленных, к общим затратам на добычу и восстановление. Чем выше эффективность, тем дешевле достается людям каждая единица ресурса, тем больше остается им для личного и общественного потребления.

УДК 620.9: 664.3.033

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р.Р. ГАНИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Ю. ПОРФИРЬЕВ

Возрастающий дефицит энергоресурсов, рост цен на твердое, жидкое и газообразное топливо диктуют необходимость внедрения энергосберегающих технологий, создания новой энергосберегающей техники и вовлечения в топливно-энергетический баланс вторичных энергоресурсов и нетрадиционных природных источников энергии на базе теплонасосных установок (ТНУ).

Известно, что для реализации технологических процессов в молочной промышленности, в технологических процессах производства, переработки и хранения молочной продукции требуются значительные количества низкопотенциальной тепловой энергии. В применяемых здесь системах тепло- и хладоснабжения используются, как правило, отдельные схемы получения теплоты и холода в автономных котельных, теплогенераторах, электронагревателях и холодильных машинах соответственно. При этом теплота конденсации рабочего тела холодильных машин нередко рассматривается как отходы, не подлежащие утилизации, а сжигание дефицитного органического топлива происходит в низкоэффективных котельных или индивидуальных топочных агрегатах и сопряжено с загрязнением окружающей среды.

Принимая во внимание, что большинство из указанных потребителей теплоты и холода во многих случаях сами являются источниками низкопотенциального вторичного тепла, а также то обстоятельство, что часто встречается необходимость одновременного производства и применения теплоты и холода, внедрение высокоэффективных и экологически чистых энергоисточников на базе теплонасосных установок (ТНУ) представляется наиболее актуальным. Выполненные расчетные исследования и анализ богатого мирового опыта внедрения и эксплуатации ТНУ различного функционального назначения, подтверждают целесообразность их применения с целью экономии энергоресурсов, комплексного решения экологических и социальных проблем во многих отраслях экономики.

Основными же преимуществами теплонасосных установок является:

1. Экономичность. Чтобы передать в систему отопления 1 кВт тепловой энергии, тепловому насосу нужно лишь 0,2–0,35 кВт электроэнергии.
2. Экологическая чистота. Тепловой насос не сжигает топливо и не производит вредных выбросов в атмосферу.
3. Минимальное обслуживание. Для работы теплонасосной станции мощностью до 10МВт требуется не более одного оператора в смену.
4. Легкая адаптация к имеющейся системе отопления. Короткий срок окупаемости. В связи с низкой себестоимостью произведенного тепла тепловой насос окупается в среднем за 1,5–2 года.
5. Отсутствие загрязнения окружающей среды. Использование в качестве рабочего вещества озонобезопасных хладагентов.
6. Высокая степень автоматизации.
7. Высокая надежность.
8. Практически отсутствие эксплуатационных затрат.
9. Малые габаритные размеры.

УДК 620.9: 664.12

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТАХ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р.Р. МУХАМАДИЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **В.Ю. ПОРФИРЬЕВ**

В энергоемких составляющих технологического процесса производства сахара (подогрев сока на всех этапах очистки, уваривание utfелей) остро стоит задача интенсификации теплообмена.

Научной основой интенсификации теплообмена является поиск и использование новых физических эффектов в процессе изучения природы процессов, происходящих в теплообменных аппаратах, в результате появляется возможность не только изменять режим работы аппарата, но и разрабатывать новые конструкции теплообменников и рациональные схемы включения.

Процесс теплообмена является сложным физическим процессом, зависящим от многих факторов. При заданных значениях поверхности теплообмена и температурном напоре интенсивность процесса характеризуется коэффициентом теплопередачи (K), который зависит,

в основном, от соотношения термических сопротивлений, поэтому для интенсификации процесса теплопередачи необходимо прежде всего уменьшить термическое сопротивление с той стороны, с которой оно является наибольшим. Коэффициент теплопередачи всегда меньше любого из коэффициентов теплоотдачи (a_1 и a_2) и снижается с уменьшением коэффициента теплопроводности, увеличением толщины стенки, а также с увеличением отложений на ней.

Коэффициент a_1 можно увеличить за счет: рационального отвода неконденсирующихся газов; применив гидрофобизацию поверхности; изменив форму поверхности теплообмена – устройство каналов для стока конденсата, накатки, оребрение, проволочное оребрение; рационального подвода пара и др.

К режимным методам интенсификации можно отнести применение вибраций, наложение колебаний различной частоты, реверс потока, выбор оптимальных скоростей пара и конденсата и др.

Паровой нагрев жидкости в тонком плоском слое (пластинчатые теплообменники) также является очень эффективным, и этот способ повышает K на 20–30 % по сравнению с обычными трубчатыми аппаратами.

Методы интенсификации теплообмена, которые внедрены в производство или испытаны на опытных установках:

- 1) пульсационный эффект;
- 2) использование газожидкостного потока;
- 3) снижение накипеобразования;
- 4) влияние электрокинетического химического потенциала на интенсивность парообразования;
- 5) интенсификация теплообмена при применении активированной жидкости;
- 6) применение полимерных присадок для интенсификации теплообменных процессов;
- 7) применение акустических колебаний;
- 8) ударно-струйная генерация пленки;
- 9) применение кавитации;
- 10) применение электрического поля при уваривании utfелей;
- 11) исследование двойного электрического слоя;
- 12) применение тонкопленочного течения на основе эффекта Крауссольда.

Конденсация на струях применяется в пароконтактных подогревателях, конденсаторных установках, градирнях. Способ основан

на применении форсуночных устройств (распылителей) и насадочных приспособлений.

Интенсификация при кипении растворов зависит, прежде всего, от гидродинамических условий. Кипение в трубах – весьма распространенный способ теплообмена, применяемый в выпарных аппаратах.

Ударно-струйная генерация пленки – наиболее эффективна в выпарных аппаратах. Способ заключается в получении на теплообменной поверхности тонкой пленки жидкости за счет удара о нее струи, выходящей из сопла или отверстия, используется эффект дополнительного растекания струи в пленке жидкости при ударе ее о поверхность нагрева.

Метод реверса потока – эффективный прием для чистки поверхности теплообменника. Эффективность работы подогревателей с реверсивным движением жидкости почти вдвое выше, чем в аппаратах с пульсационным режимом. Амплитуда пульсационной скорости возрастает в 2 раза и создается новый физический эффект, дающий возможность интенсифицировать теплообмен, кристаллизацию, экстракцию.

УДК 681.5

ИСТОЧНИКИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ

Г.Р. ШАРАЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук А.И. ГУРЬЯНОВ

Решая вопрос о рациональном и эффективном использовании вторичных энергетических ресурсов, крайне нежелательно забывать о том, что наряду с получением холода могут быть осуществлены также циклы трансформации теплоты с низкотемпературного уровня на более высокий и наоборот.

Общедоступным источником низкопотенциальной теплоты является атмосферный воздух, который широко используют для малых теплонасосных установок. Но низкие значения температуры воздуха, малая его теплоемкость и коэффициент теплоотдачи не позволяют достичь приемлемых показателей энергетической эффективности крупных установок.

Источником низкопотенциальной теплоты могут служить слабоминерализованные геотермальные воды, солнечная энергия, запасаемая с помощью гелиоустановок и аккумуляторов теплоты.

В качестве низкопотенциальных источников теплоты можно использовать потоки отработавшего пара турбин, циркуляционного водорода турбогенераторов, масла трансформаторов, масла турбин, продувочной воды. Новые технологии позволяют возвращать теплоту бросовых потоков в цикл станции, а также снизить энергетические затраты на систему подогрева воздуха перед котлами.

УДК. 621.362

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТОВ ПЕЛЬТЬЕ И ЗЕЕБЕКА

Д.Е. ТИТОВ, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. О.О. АХМЕДОВА

Утилизация низкопотенциального тепла и как следствие генерация электрической энергии всегда были и будут актуальными. Благодаря усовершенствованию в последние годы термоэлектрических материалов, появилась реальная возможность сделать это. Нами разработана конструкция термоэлектрического генератора, способного утилизировать низкопотенциальное тепло, теоретически обоснована его работоспособность и полезность, на примере установки в конденсаторе турбины ТЭЦ.

Установка не имеет аналогов. Принцип работы основан на феноменологических эффектах Зеебека и Пельтье.

Установка имеет многоцелевой характер. У нее три функции:

- выработка электроэнергии;
- утилизация тепла;
- нагрев жидкости.

Установку можно применить в любой отрасли промышленности, например, для утилизации тепла сточных вод, молока и других жидкостей. Как пример: с помощью установки можно отнимать тепло у сбросных горячих газов в металлургическом производстве.

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

УДК 665.63:628.33

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Н.З. СЕРАЗЕТДИНОВ, ИММ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук В.Л. ФЕДЯЕВ

Развитие промышленности и сельскохозяйственного производства обусловило дефицит и резкое ухудшение качества водных ресурсов. Одним из основных способов решения этой проблемы является инженерное воспроизведение водных ресурсов, их восстановление в количественном и качественном отношении.

Для обеспечения необходимого качества вода подвергается очистке. Методы очистки принято подразделять на механические, химические, биологические и физико-химические. Механическая очистка (очистка воды от механических примесей), как правило, служит для подготовки воды к более глубокой очистке, но может применяться и самостоятельно. При этом используются различные типы установок в зависимости от требований, предъявляемых к качеству воды: отстойники, центрифуги, гидроциклоны, фильтры. Их совершенствование является актуальной задачей на сегодняшний день.

Одно из направлений решения этой задачи является математическое моделирование процессов, протекающих при очистке, и дальнейшая оптимизация конструктивных параметров, режимов работы установок. Для описания этих процессов используются математические модели движения многофазных сред в областях сложной формы, фильтрации жидкостей через проницаемые перегородки, взаимодействия частиц примесей с препятствиями.

В настоящей работе представляются математические модели, позволяющие описать движение сред в полостях фильтра, а также взаимодействие частиц примесей с фильтровальными перегородками. Обсуждаются методы решения соответствующих задач.

УДК 621.565.931

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОРОСИТЕЛЕЙ ГРАДИРЕН НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯРНЫХ СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР

М.Ю. КИАУКА, КГТУ им. А.Н. Туполева, ОАО КНИАТ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ЗАКИРОВ;
д-р техн. наук, проф. Г.А. ГЛЕБОВ

К настоящему времени технологическое оборудование градирен России и стран СНГ устарело как физически, так и морально и требует замены и разработки новых конструктивных решений. В этом отношении представляются перспективными оросители градирен на основе регулярных складчатых структур, являющихся высокотехнологичными конструкциями и имеющими большую насыщенность единицы объема элементами конструкции.

Экспериментальные исследования одного и того же оросителя градирни, проводимые различными НИИ, отличаются своими результатами, так как проводятся на разных испытательных стендах, поэтому в процессе разработки для получения достоверных и точных результатов при сравнительном анализе разрабатываемого оросителями с существующими необходима разработка экспериментального стенда. Также экспериментальные исследования необходимы на этапе разработки оросителя и для оптимизации его конструкции с целью получения требуемых характеристик.

В процессе работы определялся основной состав устройств и измерительных элементов стенда и проводился их расчет.

В результате исследования была разработана схема стенда, определены его основные геометрические размеры, проведен расчет основного оборудования и измерительных элементов, на основании проведенных расчетов выбраны марки оборудования и измерительных элементов.

Устройство и оснащение стенда позволяют воспроизвести процессы, происходящие в оросителях градирен в широком диапазоне режимов их работы, и получить основные параметры испытываемых оросителей.

Основные характеристики стенда: габариты испытуемых оросителей – $0,7 \times 0,7 \times 0,7$ м; скорость воздуха на входе в ороситель – 0,5–2,5 м/с; плотность орошения – до $10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; температура нагрева воды – до 50 °С.

УДК 621.565.931

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОРОСИТЕЛЕЙ ГРАДИРЕН НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯРНЫХ СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР

М.Ю. КИАУКА, КГТУ им. А.Н. Туполева, ОАО КНИАТ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ЗАКИРОВ;
д-р техн. наук, проф. Г.А. ГЛЕБОВ

В процессе разработки для оптимизации конструкции оросителя градирни на основе регулярных складчатых структур необходимо определение параметров характеризующих его тепломассообменные и аэродинамические свойства в широком диапазоне режимов работы. Так как теоретическое определение этих параметров затруднено, то применяют полуэмпирические методы исследования, для чего необходимо получение опытных данных. Для этого требуется проведение лабораторных испытаний оросителей и разработка методика их проведения.

Оптимизация будет производиться с учетом параметров, которые имеют существующие оросители. В настоящее время исследования, проводимые различными НИИ, отличаются своими результатами, так как проводятся на разных испытательных стендах и по разным методикам. Поэтому для получения достоверных и точных результатов при сравнительном анализе разрабатываемого оросителями с существующими, необходимо испытать образцы этих оросителей на одном стенде при одинаковых условиях и по одной методике.

Также результаты испытаний позволят определить основные технологические характеристики разрабатываемого оросителя, необходимые для расчета градирни при оснащении ее данным оросителем.

В результате исследования был разработан план проведения эксперимента при лабораторных испытаниях и определены аналитические зависимости, которые позволяют по опытным данным получить основные характеристики оросителей и провести их сравнительный анализ.

УДК 621.565.931

**ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЯ ГРАДИРНИ
НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯРНЫХ СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР**

М.Ю. КИАУКА, КГТУ им. А.Н. Туполева, ОАО КНИАТ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ЗАКИРОВ;
д-р техн. наук, проф. Г.А. ГЛЕБОВ

Основной элемент градирни – ороситель, в котором происходит взаимодействие охлаждаемой воды с атмосферным воздухом, в результате чего вода за счет испарения и конвективного теплообмена с воздухом охлаждается, а воздух, нагреваясь и увлажняясь, возвращается в атмосферу. Основное требование к оросительным устройствам можно сформулировать так: максимальная поверхность теплообмена в единице объема при минимальном сопротивлении слоя оросителя прохождению газового потока. В этом отношении представляются перспективными оросители градирен на основе регулярных складчатых структур, являющихся высокотехнологичными конструкциями и имеющими большую насыщенность единицы объема элементами конструкции.

Применение численных методов расчета тепломассообменных устройств позволяет сократить объем экспериментальных исследований в процессе оптимизации конструкции с целью получения требуемых характеристик.

С помощью программы FLUENT было определено аэродинамическое сопротивление каналов экспериментальных образцов оросителя на основе складчатых структур с различной геометрией и при различных скоростях воздушного потока, получены поля распределения статического давления, скорости и интенсивности турбулентности, выяснен качественный характер течения и получена зависимость потерь полного давления от высоты.

После проведения экспериментальных исследований образцов оросителей на основе складчатых структур полученные данные будут сопоставлены с данными, полученными в результате численного моделирования, что позволит создать адекватную математическую модель для описания процессов в каналах оросителя градирни на основе регулярной складчатой структуры.

УДК 669.015

ЭНЕРГОСБЕРЖЕНИЕ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ГЛИКОЛЯ НА УСТАНОВКАХ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

А.Н. КРЫЛОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Разделение пластовой продукции газоконденсатных месторождений на фракции производятся на газоперерабатывающих заводах и промышленных установках с применением абсорбционных, адсорбционных, хемосорбционных, конденсационных и других процессов. С целью извлечения паров воды и предупреждения образования и отложения гидратов на стенках газопроводов производится осушка природного газа.

Рассмотрена установка осушки природного газа диэтиленгликолем. В принципиальной схеме осушки газа поступающий со сборных коллекторов газ сначала проходит сепаратор, а затем направляется в абсорбер. Поднимаясь через тарелки, газ контактирует с регенерированным раствором гликоля, отдает ему пары воды и поступает в магистральный газопровод. Насыщенный водой гликоль поступает в десорбер (выпарную колонну). Регенерированный раствор гликоля снова поступает в абсорбер.

Рассмотрены возможные основные пути повышения эффективности процесса осушки природного газа диэтиленгликолем. Минимальная реконструкция контактных устройств в ряде случаев может снизить энергозатраты на 5–10 %.

Рассматривается техническое решение по замене тарелок в абсорбере на низкопрофильные колпачковые тарелки «Инжехим». Производительность данных тарелок выше на 50 %, эффективность массопереноса на 40 % по сравнению с ситчатыми тарелками и стандартными колпачковыми.

Применяемые в десорбере кольца Рашига морально и физически устарели, поэтому рассмотрена замена данных контактных устройств на регулярные и нерегулярные насадки «Инжехим». Эффективность работы данных насадок на 50–70 % выше по сравнению с кольцами Рашига.

Замена устаревших контактных устройств в абсорбере и десорбере на высокоэффективные тарелки и насадки «Инжехим» значительно повысят эффективность узла осушки природного газа и снизится время регенерации абсорбента.

УДК 628.162.5

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТОПОЧНЫХ МАЗУТОВ

Ф.З. ФАТХИЕВА, И.И. САЛЯХОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, проф. Э.Р. ЗВЕРЕВА

Мазут является основным, вспомогательным, растопочным и аварийным топливом на тепловых электростанциях, к качеству которого предъявляются жесткие требования. На сегодняшний день проблема обезвоживания топочных мазутов является весьма актуальной. Образование устойчивых нефтяных эмульсий приводит к большим финансовым потерям. При небольшом содержании пластовой воды в нефти удорожается транспортировка ее по трубопроводам. При наличии воды в горючем снижается теплота сгорания, ухудшается его распыливание и испарение в камере сгорания, происходят перерывы в подаче горючего, вызывающие непровольную остановку двигателя.

Для удаления из жидкостей грубодисперсных взвешенных веществ и нерастворенных органических и неорганических примесей применяют отстойники различных типов. Однако, отстаиванием можно выделить взвешенные частицы с плотностью, большей или меньшей плотности жидкости определенного размера.

Одним из методов обезвоживания нефтяных топлив является разрушение эмульсий с применением деэмульгаторов. До настоящего времени деэмульгаторы не использовались при обезвоживании топочных мазутов. В данной работе были проведены исследования по обезвоживанию топочных мазутов марки М-100 при помощи отечественных деэмульгаторов (Проксамин-385, Дипроксамин-157) различных концентраций и в широком диапазоне температур.

Проведенные экспериментальные исследования показали высокую эффективность (до 90 %) обезвоживания мазутов при помощи водо- и нефтерастворимых деэмульгаторов – Проксамин-385, Дипроксамин-157. Наибольший эффект удаления влаги из мазута достигался при температуре 90 °С в присутствии многофункциональной присадки к топочным мазутам.

УДК 628.162.5

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРИСАДКИ К МАЗУТАМ

И.И. САЛЯХОВА, З.Ф. ФАТХИЕВА, Л.В. ГАНИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, проф. Э.Р. ЗВЕРЕВА

Многофункциональная присадка используется для улучшения эксплуатационных и физико-химических свойств мазутов, повышая его антикоррозионные, депрессорные, вязкостно-температурные и другие свойства.

В данной работе изучались такие свойства присадки, как растворимость, влажность, зольность, насыпная плотность, гранулометрический состав.

Проведенные исследования показали следующий гранулометрический состав присадки – $d^{0,09}$ – 12,18 %, $d^{0,5}$ – 6,37 %, d^1 – 4,99 %, $d^{1,4}$ – 21,84 %.

Изучение растворимости многофункциональной присадки проводилось в дистиллированной, осветленной, водопроводной водах. Присадка состава d^1 , $d^{1,4}$ не растворяется совсем, присадка с размерами частиц менее 0,09 мм растворяется на 0,563 % в дистиллированной, на 0,708 % в водопроводной, на 0,769 % в осветленной водах, присадка состава $d^{0,09}$ растворяется на 0,709 % в дистиллированной, на 0,750 % в водопроводной, и на 0,475 % в осветленной водах, а $d^{0,5}$ растворяется на 0,729 % в дистиллированной воде.

Также были проведено определение внутренней $W^{\text{Л}}$ и внешней влажности $W^{\text{Р}}$ присадки для различного гранулометрического состава. $W^{\text{Р}}$ составила 0,2–0,3 %, а $W^{\text{Л}}$ 0,6–0,7 % для всех видов состава присадки.

Изучение зольности $A^{\text{Р}}$ различных фракций присадки дало следующие результаты в остатке 82,315 %, $d^{0,09}$ – 82,107 %, $d^{0,5}$ – 68,53 %, d^1 – 67,6 %.

Исследование насыпной плотности присадки – у остатка – 0,876 (г/см³), $d^{0,09}$ – 0,833 (г/см³), $d^{0,5}$ – 0,807 (г/см³), d^1 – 0,768 (г/см³), $d^{1,4}$ – 0,824 (г/см³).

Таким образом, можно сказать, что оптимальными свойствами обладает фракционный состав присадки – $d^{0,09}$ и присадка с размерами

частиц менее 0,09 мм (остаток). Следовательно, частицы указанной дисперсности целесообразнее всего использовать в качестве присадки к топочным мазутам.

УДК 628.162.5

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.Р. ИСХАКОВ, Т.М. ФАРАХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, проф. Э.Р. ЗВЕРЕВА

Охрана воздушного бассейна является актуальной проблемой защиты окружающей среды, так как загрязненный воздух обладает наибольшей пространственной мобильностью по сравнению с другими составляющими среды. При сжигании котельного топлива на ТЭС происходят выбросы вредных веществ в атмосферу – диоксида серы, оксидов азота, бенз(а)пирена, углекислого и угарного газов и др.

В теплоэнергетике основными и наиболее токсичными являются выбросы соединений серы и азота. Повышение концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе приводит к раздражению слизистых оболочек и возникновению хронических респираторных заболеваний. Не меньшее воздействие на окружающую среду оказывают выбросы оксидов азота, которые, являясь парниковыми газами, препятствуют отдаче тепла Земли.

В настоящее время стало уделяться большое внимание проблеме очистке и утилизации отходов, строительству и эксплуатации экологически безопасных промышленных предприятий.

Для очистки дымовых газов от вредных примесей в настоящее время существует большое количество технологий, основанных на различных химических и физических принципах. Применяются сухие (фильтрация, адсорбция, термическое и каталитическое окисление, электронно-лучевое воздействие), комбинированные (адсорбционно-каталитические, абсорбционно-каталитические) и мокрые (хемосорбция, абсорбция, промывка) способы очистки. Однако, традиционно используемые аппараты для очистки газов из-за их низкой пропускной способности не могут быть использованы на ТЭС с большим объемом газовых выбросов. Перспективными аппаратами для газоочистки на электростанциях являются аппараты вихревого типа, обладающие большой пропускной способностью, малыми габаритами и высокой эффективностью.

В данной работе рассматриваются различные аппараты газоочистки: вихревые, насадочные и барботажные. Сделана оценка конструкционных и режимных характеристик данных аппаратов для очистки дымовых газов ТЭС. Приводятся сравнительная характеристика по эффективности и энергозатратам.

УДК 621.187.11

ОСВОЕНИЕ ПРОТИВОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ

А.В. КОЛЕГОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Б. ЛАРИН

Химическое обессоливание воды производится по схеме одноступенчатого противоточного Н и ОН-ионирования Shwebbett с блочным включением фильтров. На ВПУ имеются три блока фильтров обессоливания воды максимальной, объемной производительностью 500 м³/ч.

Выбор типа загружаемых ионитов отвечал качеству исходной воды и товарных ионитов. В качестве фильтрующего материала в нижней камере Н-катионитного фильтра используется карбоксильный катионит марки PFC 104. В верхней камере – сильнокислотный катионит PFC 100 Н⁺. В качестве фильтрующего материала в нижней камере ОН-анионитного фильтра используется слабоосновной анионит марки PFA 847. В верхней камере – сильноосновной анионит PFA 400 ОН.

Цель исследований: определение выходных кривых ионирования и обменных емкостей ионитов в условиях противоточной технологии «Shwebbett» после выработки 150000 м³ обессоленной воды при обработке маломинерализованных природных вод с $O_{ж} > 15$ мгО/дм³; восстановление рабочих обменных емкостей ионитов; снижение удельных расходов реагентов.

Анализ данных после года промышленной эксплуатации установки на воде с повышенным содержанием органических примесей ($O_{ж} = 15 \div 25$ мгО/л) показал признаки значительного «старения» ионитов.

Восстановление анионита методом кислотно-щелочной регенерации, позволило увеличить фильтроцикл блока противоточных Н-ОН-фильтров. Замена ионитов на новые не дала сколько-нибудь заметного увеличения фильтроцикла и рабочей обменной емкости, однако, показала улучшение

качества обессоленной воды. Анализ ионообменной смолы показал, что после 150000 м³ выработанной воды анионит А-847 снизил полную сорбционную емкость почти на 25 %, но после восстановительных промывок восстановил первоначальное значение 1,5 ммоль/см³. Значительно снизилась механическая прочность зерен анионита и увеличилось содержание железа. Однако, общее заключение – анионит годен для дальнейшей эксплуатации.

На основании проведенного исследования была рекомендована декарбонизация осветленной воды и установка предвключенного Н-катионитного фильтра с загрузкой катионитом С-104 перед подачей воды на блок противоточных Н-ОН-фильтров.

УДК 621.187.11

ВОДОПОДГОТОВКА ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ЛАБОРАТОРИИ ЦЕНТРА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е.П. БУДЕЕВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. КОЗЮЛИНА

Международный российско-французский учебно-научный центр энергоэффективных технологий «ИГЭУ – De Dietrich» открылся в 2008–2009 годах. Структура центра: лаборатория котельного и теплового оборудования, лаборатория автоматики, лекционная аудитория, библиотека технической литературы, мастерская. В центре установлены 15 водогрейных котлов малой мощности, это котлы серий GT120, GT1200, GT 300/II, CITY 2.24, DTG 13, DTG 1300, DTG 220, DTG 320, С 210, С 310, МС. Мощность данных котлов колеблется от 24 до 280 кВт с КПД > 90 %. Они работают на двух основных видах топлива: природном газе и жидком дизельном топливе. Котлы предназначены для отопления и горячего водоснабжения.

В качестве исходной воды для подпитки контура циркуляции используется водопроводная вода из городского водопровода. Но применение такой воды может привести к образованию накипи на поверхностях нагрева и к протеканию коррозионных процессов. Для определения скорости накипеобразования были проведены следующие испытания. Было определено качество исходной воды на входе в котел и качество теплоносителя на выходе из котла, определены значения общей

жесткости, жесткости кальциевой, общей щелочности, электропроводности, рН, а также содержание железа, сульфатов и хлоридов; рассчитан карбонатный индекс в водопроводной воде, который составил 7,47. Полученные результаты свидетельствуют о протекании коррозионных процессов. Поэтому, необходимо предусмотреть методы подготовки добавочной воды. Рассмотрено и предложено три схемы подготовки воды:

1. Двухступенчатое прямоточное Na-катионирование;
2. H-катионирование с «голодной» регенерацией;
3. Использование установки обратного осмоса (ультрафильтрации).

Таким образом, применение данных схем позволит снизить скорость накипеобразования и скорость протекания коррозионных процессов. В настоящее время рассматривается вопрос о возможности применения обработки воды комплексообразователями (комплексонами), которые образуют комплексные соединения с ионами металлов, находящимися в воде. Что также снижает скорость накипеобразования и скорость коррозионных процессов.

УДК 621.187.11

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ПОДБОР ЭФФЕКТИВНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ КОАГУЛЯЦИИ ВОДЫ НА ТЭЦ-ПВС ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

Е.А. КАРПЫЧЕВ, И.М. КУРДАКОВА, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ю. ОПАРИН

Водоподготовительная установка (ВПУ) производительностью 500 м³/ч была пущена в эксплуатацию в сентябре 2009 г. Разработчиком технологии обработки воды и поставщиком оборудования являлась фирма «Chriwa» (Германия). Коагуляция воды в двух горизонтальных пластинчатых осветлителях номинальной производительностью 300 м³/ч в условиях ТЭЦ-ПВС при использовании коагулянтов сульфата железа с дозой 0,25 мг-экв/дм³ и сульфата алюминия с дозой 0,65 мг-экв/дм³ неэффективна. Происходит активный вынос шлама на механические фильтры, таким образом, качество осветленной воды не соблюдается согласно регламента СТО ВТИ 37.002-2005. При проведении лабораторных опытов использовались следующие реагенты: алюминий сернокислый с флокулянтами компаний SNF (Франция), Ashland (США)

и «General Electric»; гидроксихлорид алюминия; титановый коагулянт; гидроксохлорсульфат алюминия; неорганический коагулянт IC 1172 компании «General Electric». Критериями эффективности выбора типов коагулянтов и флокулянтов, их доз, значения pH и температуры являлись эффективность осветления по окисляемости, содержанию соединений железа в пересчете на Fe и содержанию соединений алюминия в пересчете на Al. В условиях ТЭЦ-ПВС при проведенных лабораторных испытаний определены оптимальные условия коагуляции. Так для сульфата алюминия с флокулянтом 2520TR компании Ashland (США) оптимальным является значение температуры в 25 ± 1 °С (данная температура также оптимальна при коагуляции гидроксихлоридом алюминия) и значение pH от 6,5 до 7,0.

На основании проведенных лабораторных опытов по коагуляции воды с накоплением и без накопления шлама при применении различных реагентов можно заключить следующее:

– Наиболее предпочтительным вариантом при обработке исходной воды ТЭЦ-ПВС УГЭ ОАО «Северсталь» в осветлителях «Chriwa» является коагуляция гидроксихлоридом алюминия с максимальной дозой от 43,0 до 54,0 мг/дм³ в пересчете на Al₂O₃ без применения флокулянтов.

– Коагуляция сульфатом алюминия с дозой от 0,9 до 1,0 мг-экв/дм³ с применением флокулянтов 2520 фирмы Ashland или AN-910 PWG фирмы SNF (или их аналогов) с дозой 2,0 мг/дм³ работоспособна в условиях ТЭЦ-ПВС и может рассматриваться как альтернатива коагуляции гидроксихлоридом алюминия.

– Коагуляция сульфатом алюминия с дозой от 0,9 до 1,0 мг-экв/дм³ без применения флокулянтов не даст большого положительного эффекта из-за меньшей скорости осаждения шлама и, как следствие, возможному его выносу в коагулированную воду.

– Коагуляция смесью сульфата алюминия и сульфата железа (III) в условиях ТЭЦ-ПВС непригодна из-за повышенного содержания в коагулированной и осветленной воде соединений железа.

– Применение гидроксохлорсульфата алюминия, титанового коагулянта и неорганического коагулянта IC 1172 в условиях ТЭЦ-ПВС УГЭ ОАО «Северсталь» неэффективны.

УДК 621.187.11

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОПАДАНИЯ «ОРГАНИКИ» В ВОДНЫЕ ПОТОКИ ТЭС

Н.А. КОРОТИНА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.А. ЕРЕМИНА

Одной из наиболее сложных задач ВПУ ТЭС является удаление из воды органических примесей, способных давать в котле кислые продукты термоллиза, ухудшающие водно-химический режим как котла, так и турбины, или другого оборудования.

Органические вещества и продукты их термоллиза, часто с кислой реакцией среды, способны ускорять коррозионные процессы металла и входить в состав отложений на поверхностях нагрева. В отдельных случаях это может привести к серьезным нарушениям и аварийным остановам теплоэнергетического оборудования. Так в конце 70-х годов на Бийской ТЭЦ-1 имел место случай массового разрыва экранных труб ряда барабанных котлов [1]. Причиной аварии было повышенное содержание органических веществ, в том числе в виде сине-зеленых водорослей, в водоисточнике – воде реки Бия, а также высокое содержание кислорода в конденсате турбины. Реализация комплекса мероприятий, включающего ужесточение контроля за стоками промпредприятий, попадающих в реку выше по течению, наладку работы осветлителя, поддержание щелочно-фосфатного водного режима котлов и ряд других внутристанционных решений, позволили преодолеть критическую ситуацию и выйти на устойчивый режим работы Бийской ТЭЦ-1.

Очистка природной воды от органических примесей на ионитах исследовалась как на лабораторных стендах, так и в промышленных условиях [1]. В лабораторных условиях было показано, что естественные органические примеси частично сорбируются высокоосновным анионитом АВ-17, практически не изменяя обменной емкости по анионам кремниевой кислоты и хлоридам. Однако емкость по органическим анионам быстро снижается с ростом числа фильтроциклов.

Положительные результаты дали опыты с макропористыми ионитами: отечественными (АВ-171, АВ-271, АВ-92, АВ-22) и импортными (ИМАК-55-40, Асмит 259 N, Зеролит FF1P). Органоемкость этих ионитов соизмерима с таковой для активных углей, но при лучшей способности к регенерации. Исследования ВТИ на цепочках ХВО-2

Нижнекамской ТЭЦ-1 [1] показали, что проскок органики в фильтрат при истощении анионита происходит одновременно с проскоком хлоридов. По данным специалистов ВОДГЕО [1], исследовавшим сорбцию органических веществ из воды р. Москвы ионитами на ХВО ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго», снижение окисляемости до 1 мгО/дм³ получено лишь после ФСД.

Оценить содержание органических примесей можно по величине окисляемости воды. Поскольку перманганатная окисляемость не дает полного представления о содержании органических веществ, принято для этой цели использовать такие показатели как содержание углерода – общего, органического и неорганического. Концентрация органического углерода в воде, как растворенного, так и в связанных, коллоидных формах – один из важнейших факторов роста биопленок. Этот параметр считают определяющим для биологической стабильности воды, также как и содержание в воде других питательных веществ. Ограничение роста массы биообрастаний путем удаления из среды питательных веществ представляют собой важнейшую стратегию борьбы с ними.

Отсюда следует другая трудная проблема при проектировании системы очистки – удаление микробиологических загрязнений, либо присутствующих в исходной воде, либо вносимых в очищенную воду в процессе ее дальнейшей обработки. Удаление микроорганизмов не всегда является первоочередной задачей. Однако все системы очистки воды сталкиваются с последствиями микробиологического роста, в особенности бактерий.

В числе мероприятий, применяемых для предотвращения биообрастаний, широко используется купоросование в зоне водозабора, микрофльтрация перед поступлением воды на сооружения, использование флокулянтов для повышения эффекта осаждения микроорганизмов, проведение обеззараживания с обязательным соблюдением контакта обрабатываемой воды с реагентами, например, с хлором или озоном, удаление органических веществ.

Литература

1. Ларин Б.М. Органические соединения в теплоэнергетике: Учеб. пособие / Б.М. Ларин, Ю.А. Морыганова. – Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2001. – 144 с.

УДК 621.1: 628.3

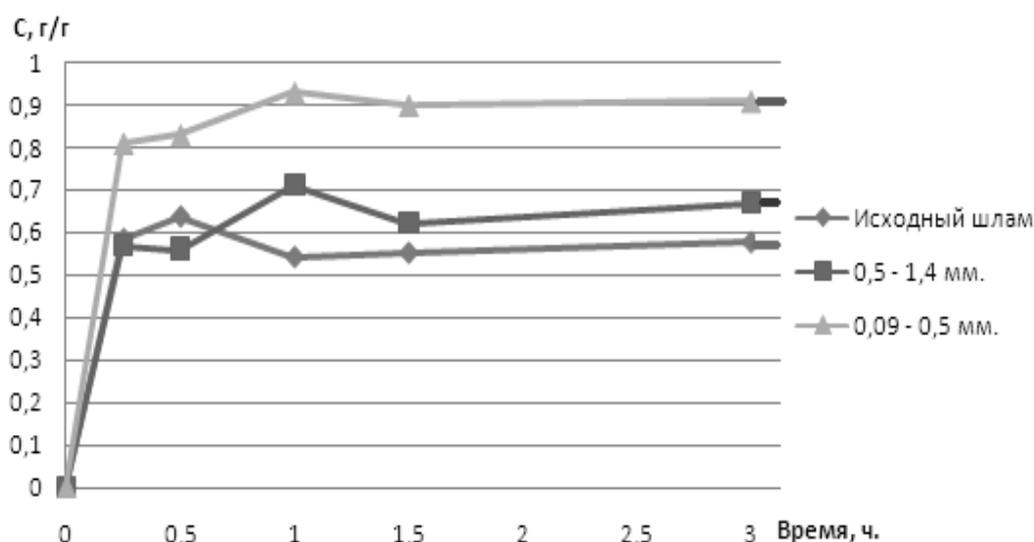
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ШЛАМА ОСВЕТИТЕЛЕЙ ТЭС ОТ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

М.А. ГОЛУБЧИКОВ, Д.Р. ГАРАЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Л.А. НИКОЛАЕВА

В работе в качестве нефтяного сорбента используется высушенный шлам осветителей КТЭЦ-1. Определены основные технические характеристики шлама: влажность, насыпная плотность, гранулометрический состав, зольность, физические параметры пористой структуры шлама, свойства водной выдержки из шлама. При оценке эффективности шлама как сорбента нефтепродуктов экспериментально определены нефтеемкость, сорбционная емкость, влагоемкость и плавучесть.

Сорбционная емкость шлама была определена к ряду нефтепродуктов, составляющих наибольшее загрязнение на ТЭС: мазут, дизельное топливо, турбинное масло, бензин.



Зависимость сорбционной емкости шлама от гранулометрического состава

Шлам характеризуется широким гранулометрическим составом: 0,01–5 мм. В работе определены зависимость сорбционной емкости от гранулометрического состава. Результаты эксперимента представлены на рис. По результатам исследований можно сделать вывод: при использовании отдельной фракции шлама размером 0,09–0,5 мм. сорбционная емкость увеличивается на 20–25 %, что обусловлено увеличением удельной поверхности сорбента.

УДК 628.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМА ОСВЕТИТЕЛЕЙ ТЭС С ЦЕЛЮ ДЕФОСФАТИЗАЦИИ И ДЕАМИНИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р.Я. НЕДЗВЕЦКАЯ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Л.А. НИКОЛАЕВА

Использование отходов производства в качестве вторичного сырья является на сегодняшний день одним из перспективных направлений исследований. Особое внимание уделяется процессам обезвоживания и дальнейшей утилизации шламовых вод, образующихся в значительном количестве в осветлителях ТЭС на стадии предварительной очистки. В данной работе рассматривается возможность использования адсорбционных свойств шлама осветлителей для дефосфатизации и деаминирования сточных вод промышленных предприятий.

В работе представлены основные результаты модельного эксперимента по совместной биологической очистке сточных вод предприятия синтетического каучука им. С.М. Кирова г. Казани и высушенного шлама осветлителей Казанской ТЭЦ-1, который использовался в качестве реагента. Эксперимент проведен на пилотной установке, воспроизводящей работу аэротенков и вторичных отстойников на реальных сточных водах предприятия синтетического каучука. Аналитический контроль проведен в соответствии с унифицированными методами анализа сточных вод, состояние активного ила оценивали путем его микроскопирования.

Введенная доза шлама способствовала значительному снижению в осветленных водах экспериментального аэротенка концентрации фосфатов в среднем на 75 %, ХПК – на 38,2 %, а также концентрация аммонийного азота на 56 %, БПК – на 86,7 %. Микроскопирование активного ила показало, что признаки негативного воздействия введенной дозы шлама на биоценоз аэротенков отсутствуют.

Таким образом, значительный эффект дефосфатизации и деаминирования при введении в сточные воды шлама осветлителей Казанской ТЭЦ-1, образующегося при коагуляции и известковании природной воды р. Волга, был выявлен в дозах от 600 до 900 мг/л.

УДК 621.182

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПРОЦЕСС ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ТЭС

А.П. СМИРНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Н.К. ЛАПТЕДУЛЬЧЕ

Анализ состояния природных водоемов в промышленно развитых районах свидетельствует о стабильном увеличении содержания в них различных техногенных примесей, в частности, нефти и нефтепродуктов. Учитывая, что теплоэнергетика является самым крупным потребителем природных вод, целесообразно рассмотреть влияние указанных примесей на работу ВПУ. В первую очередь нефтепродукты представляют угрозу для механических и ионообменных фильтров.

Данная работа посвящена исследованию поглощающей и удерживающей способности фильтрующих материалов, используемых в процессе водоподготовки: антрацит, применяемый для загрузки механических фильтров, и ионообменные смолы, используемые для обессоливания воды: катионит КУ-2-8 и анионит АВ-16. Для сравнения был проведен эксперимент с отработанным катионитом марки КУ-2-8. Модельные смеси готовились из дистиллированной воды и нефти Ромашкинского месторождения. Исходная концентрация в них нефтепродуктов составляла 0,8–0,95 %. Эксперимент проводился в статических условиях.

Кривые поглощения нефти и нефтепродуктов антрацитом свидетельствуют о том, что в условиях эксперимента этот процесс не достигает равновесного состояния, что очевидно, так как антрацит обладает слабыми сорбционными свойствами, и результирующей процесса является адгезионное налипание нефтепродуктов на его поверхности.

Поглощение нефтепродуктов чистыми катионитом и анионитом активно происходит в первые минуты контакта, причем катионит обладает большей по сравнению с анионитом поглощающей способностью. Поглощающая и удерживающая способность этих сорбентов находятся на одном уровне.

В отличие от чистого отработанный катионит обнаружил в условиях эксперимента увеличение поглощающей при существенной потере удерживающей способности, что подтверждает наличие взаимного влияния поглощенных катионов и поглощаемых нефтепродуктов. Это дает

основание заключить, что процессы поглощения катионов и нефтепродуктов будут конкурировать между собой, и чем ближе к насыщению уровень катионов в катионите, тем в большей степени нефтепродукты будут вымываться из ионообменного фильтра в очищаемую воду.

УДК 620.194

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М.А. ЧУБУКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Н.К. ЛАПТЕДУЛЬЧЕ

Одним из основных путей повышения качества эксплуатации нефтяного оборудования является его защита от коррозии, которая по-прежнему остается главной причиной деструкции и сокращения срока службы металла. Решение этой проблемы в настоящее время и на ближайшую перспективу принадлежит ингибиторной защите, не требующей значительных капитальных вложений и серьезной перестройки процессов добычи, сбора и подготовки нефти. Ингибитор должен обеспечивать защиту металла от коррозии и тормозить его процесс при такой концентрации, которая экономически оправдана, не оказывать вредное влияние на ход технологического процесса переработки нефти, на качество и основные рабочие свойства защищаемого металла. К настоящему времени разработан широкий спектр как водо-, так и жирорастворимых ингибиторов коррозии, однако проблема повышения качества их применения заставляет искать пути снижения удельных расходов ингибиторов при сохранении качества защиты и минимизации негативного эффекта воздействия на окружающую среду.

Хорошими антикоррозионными свойствами обладает тот ингибитор, который обеспечивает получение защитного эффекта 90 % при наименьшей концентрации. Для этого по стандартной методике определялась оценка защитного действия ингибиторов. Все эксперименты проводились при комнатной температуре, эффективность воздействия определялась гравиметрическим методом по изменению массы образцов относительно первоначальной. В качестве объекта исследования был выбран опытный образец ингибитора марки «НАПОР-1007», представляющий собой аммонийную соль синтетической жирной кислоты

в органическом растворителе. Его ингибирующее действие проверялось на стальных пластинках (марка стали 08 КП по ГОСТ 1050-74) с использованием в качестве агрессивной среды модельной высокоминерализованной смеси.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что ингибитор «НАПОР-1007» обеспечивает эффект 90 %-ной защиты при концентрации 0,9 мг/л.

УДК 628.316.1

ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ И ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОРФА ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОГОРОДСКОЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.Х. ЗИЯТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Н.К. ЛАПТЕДУЛЬЧЕ

Наибольшую угрозу природным водоемам в настоящее время представляют нефть и нефтепродукты, поступающие в них как со сточными водами, так и в результате аварийных разливов. Несмотря на все предпринимаемые меры, количество этих продуктов в природных водах постоянно увеличивается. Эффективным способом их защиты и очистки воды от этих примесей является сорбция с использованием доступных и недорогих сорбентов, в частности, торфа, являющегося, как и нефть, природным видом топлива, что облегчает решение вопроса утилизации отработанного сорбента сжиганием.

Данная работа является продолжением исследований по использованию торфа для очистки водных сред от нефтепродуктов. Торф содержит водорастворимые балластные примеси, снижающие его сорбционную емкость, поэтому он подвергается предварительной обработке по разработанной ранее методике. Кроме того, сорбционные свойства зависят от пористости сорбента. Для повышения пористости образцы торфа в течение 3 минут обрабатывали острым паром с температурой 200 °С, высушивали в при 105–110 °С до постоянной массы и производили рассев, отбирая для опытов фракцию с размером частиц 1–2 мм.

Целью данной работы явилось определение поглощающей и удерживающей способности образцов торфа, прошедших различную предварительную обработку, по отношению к воде.

Эксперименты как с отмытым, так и с обработанным острым паром торфом из месторождения Богородское РТ, относящимся к верховому типу, проводились в одинаковых условиях.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. По сорбционной емкости по отношению к воде отмытый торф превосходит пропаренный в 2,5 раза. Кроме того, удерживающая способность отмытого торфа ниже сорбционной емкости. В случае пропаренного острым паром торфа эти величины практически одинаковы.

УДК 621.187.11

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ИОНИТНОЙ ЧАСТИ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ЗАИНСКОЙ ГРЭС

А.С. НОВОСЕЛОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.Н. БУШУЕВ

Водоподготовительная установка (ВПУ) на Заинской ГРЭС, максимальной производительностью $210 \text{ м}^3/\text{ч}$, призвана восполнять потери пара и конденсата в основном цикле с прямоточными колами. В качестве исходной воды используется смесь артезианской воды и воды Заинского водохранилища. До реконструкции ВПУ на Заинской ГРЭС работала по схеме: ультрафильтрация – обратный осмос – две ступени прямоточного Н-ОН-ионирования.

В целях сокращения расходов реагентов на регенерацию, снижения суточного сброса солей, а, следовательно, и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду было предложено заменить вторую и третью ступени ионообменной установки на одну ступень противоточного ионирования работающую по технологии «Аэроклин», запатентованной компанией ЗАО НПП «Биотехпрогресс».

Технология противоточной регенерации «Аэроклин» представляет собой систему с блокировкой слоя смолы инертным материалом. Обрабатываемая вода подается нисходящим потоком со скоростью фильтрования до 50 м/ч , а регенерационный раствор – восходящим потоком. Используется плотноупакованный слой ионообменной смолы с максимальным использованием объема фильтра, при этом имеется возможность применения ионообменных смол разных производителей. Технология не чувствительна к изменению рабочей нагрузки и имеет высокую эффективность регенерации и качество очищенной воды при минимизации эксплуатационных затрат.

Реконструируемая установка ионного обмена представляет собой цепочку из новых поставляемых четырех параллельно включенных противоточных катионитных и анионитных фильтров марки «Гранофил» и двух декарбонизаторов. Н-катионитные фильтры загружены сильнокислотным катионитом «Lewatit MonoPlus S100», ОН-анионитные – сильноосновным анионитом «Lewatit MonoPlus M500», в качестве инерта использован «Гранион IN-60».

Проведенный анализ работы ступени противоточного ионирования показал, что при обеспечении требуемого качества обрабатываемой воды, по сравнению с традиционной технологией происходит: сокращение расхода реагентов на регенерацию в 5–10 раз, воды на собственные нужды ионитной части в 5 раз, объема и солесодержания стоков в 5 раз, числа ступеней обработки (с 2 до 1), количества используемых фильтров (с 25 до 6 шт.), объема загрузки ионообменным материалом в 3,5 раза.

УДК 621.184

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОТЛОВ

В.К. АВАН, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Н. ВИНОГРАДОВ

Одним из условий надежной и безаварийной эксплуатации котлов является раннее обнаружение коррозии труб со стороны воды. Именно поэтому особое внимание уделяется методам коррозионного неразрушающего контроля металла котлов по косвенным показателям. К таким методам относится контроль коррозии по содержанию водорода в паре. С самого начала работы котла происходит окисление котельной стали по ряду возможных реакций. Так как количество водорода, образующегося при взаимодействии стали с водой, пропорционально количеству металла, превращающегося в магнетит, то по количеству выделившегося водорода можно судить об интенсивности коррозии стали и о формах ее протекания.



Образовавшийся водород в основном попадает в пар, однако возможно также насыщение водородом металла. В последнем случае протекание коррозии осложняется водородным охрупчиванием стали.

Содержание водорода может служить количественным критерием оценки скорости процесса образования или разрушения защитной окисной пленки магнетита на внутренних поверхностях нагрева котла. Поэтому представляет большой интерес проведение наблюдений за процессом образования защитного слоя магнетита при длительной работе котла, а также при его растопках, путем определения водорода в воде и паре. При этом повышение концентрации водорода на данном участке может свидетельствовать о повреждении защитной пленки и протекании коррозионных процессов. Для оценки скорости протекания коррозионных процессов целесообразно относить приrost водорода на отдельном участке к внутренней поверхности труб рассматриваемого участка. Скорость коррозии при условиях отбора проб получается усредненной по всему тракту котла. Вместе с тем известно, что отдельные участки котлов водяной экономайзер, НРЧ, СРЧ, ВРЧ, а также ширмы пароперегревателя выполнены из различных марок стали, имеют разную поверхность нагрева, различные гидродинамические и температурные условия. Очевидно, что и скорость коррозии на отдельных участках котла из-за этого будет различной. Следовательно, по абсолютному приrostу водорода на отдельных участках пароводяного тракта можно оценить скорости коррозии только данного участка.

УДК 621.184

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОАГУЛЯЦИИ И УМЕНЬШЕНИЕ ЗАТРАТ НА ВОДОПОДГОТОВКУ

В.К. АВАН, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Н. ВИНОГРАДОВ

Проблема обработки природных вод с повышенным содержанием железоорганических соединений, кремниевой кислоты и взвешенных веществ является актуальной для ТЭС в России и за рубежом. При различных путях решения проблемы водоподготовки таких вод основным является совершенствование работы осветлителей путем наладки режима коагуляции с известкованием в сочетании с дополнительными видами обработки воды: флокуляцией и дозировкой порошкообразных твердых адсорбентов. Из практики эксплуатации осветлителей для обработки воды известно, что применение флокулянтов в количестве 0,5–1,5 мг/л улучшает качество обработанной воды

и параметры шлама. Это позволяет на 10–20 % увеличить производительность осветлителя. В настоящее время, с наряду с отечественным флокулянтom типа ПАА, выпускается целый ряд флокулянтов на основе ПАА с сополимерами катионного, анионного и неионного свойств. Как известно, эффективность флокуляции характеризуется, по меньшей мере, тремя параметрами – глубиной минимума на кривых; устойчивость – концентрация полимера; она свидетельствует о степени осветления дисперсии за определенный момент времени; минимальной концентрацией высокомолекулярного соединения ВМС, вызывающей минимальную флокуляцию; протяженностью области дестабилизации, в которой происходит интенсивная флокуляция. Хорошими флокулянтами следует считать ВМС, обеспечивающие максимальную очистку дисперсной системы при минимальном расходе реагента и достаточно большой протяженности области флокуляции. Для повышения эффективности коагуляции и уменьшения затрат на водоподготовку полезно обратить внимание на использование комбинированных коагулянтов (минеральных совместно с органическими) и зернистых присадок к воде. Перспективность первого подтверждена опытами на воде р. Шексны применительно к водоподготовке ТЭЦ ОАО «Северсталь», но требует тщательной экспериментальной и технико-экономической проработки. Чтобы получить все, и технологические и качественные параметры удовлетворительными, в дальнейшем необходимо продолжить подбор более эффективного флокулянта, так как в настоящее время предлагается многими фирмами несколько десятков различного типа флокулянтов, или даже другой технологии очистки воды.

УДК 66.048

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОВ И ПАРОВ ОТ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ ВИХРЕВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

М.М. ТАРАСКИН, КГЭУ, г. Казань

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

При работе различных энергетических установок и аппаратов часто наблюдается брызгоунос каплей жидкости, что негативно сказывается на эффективности проводимых процессов. Кроме этого актуальной задачей является очистка природных газов от капельной влаги и механических загрязнений.

Для снижения брызгоуноса в аппаратах и очистки газов от дисперсной среды перед подачей в трубопроводы используют различные технические решения. Например, такие, как установка сетчатых демистеров, жалюзийных каплеотбойников, сепарационных насадок, вихревых контактных устройств и т.д.

Основной задачей при выборе конструкций газосепарирующих устройств для заданных условий проведения процесса является достоверный расчет эффективности сепарации дисперсной фазы. Известны различные подходы к составлению математических моделей очистки газов:

1) свободно-инерционные, в основу которых положена концепция свободного инерционного выброса частиц из пристенных турбулентных вихрей;

2) конвективно-инерционные, которые связывают процесс осаждения с инерционными эффектами при вторжении крупномасштабных вихрей в пограничный слой;

3) подъемно-миграционные, связывающие осаждение с их подъемной миграцией и инертностью;

4) эффективно-диффузионные, исходящие из предположения, что в пристенной области коэффициент турбулентной диффузии частиц выше, чем газа за счет инертности;

5) турбулентно-миграционные, в которых учитывается турбулентная миграция частиц к стенке канала как следствие градиента амплитуды пульсационной поперечной составляющей скорости газа.

В работе для моделирования очистки газов от мелкой дисперсной среды фазы, в частности аэрозолей, используется вероятностно-стохастическая модель с привлечением теории турбулентной миграции частиц. Получены уравнения для расчета эффективности сепарации мелких и крупных капель из газов и паров, при использовании вихревых контактных устройств.

СЕКЦИЯ 7. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

УДК 621.311.22

МОНИТОРИНГ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКОЙ ТЭЦ

М.А. ВОЛКОВ, И.И. ГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА

Систему оборотного охлаждения (СОО) с испарительными градирнями можно разделить на два вида: 1) бессточная-сопряженная система с отбором оборотной воды после конденсаторов турбин в химический цех; 2) несопряженная система без отбора оборотной воды в химический цех.

На Набережночелнинской (НЧ) ТЭЦ реализована технология стабилизационной обработки воды в несопряженной СОО с испарительными градирнями путем дозирования многокомпонентной композиции Активфос 640 Т фирмы БК «Джюлини».

В период с 1.06.2009 по 12.06.2009 на системе оборотного охлаждения НЧ ТЭЦ 1-ой и 2-ой очереди проводился производственный эксперимент по оценки эффективности работы системы. В ходе эксперимента замерялись следующие показатели: 1) химический состав воды; 2) температура воды в различных точках системы; 3) расходы воды системы; 4) расход продувки; 5) расход реагентов.

Данные, полученные в ходе производственного эксперимента на СОО 1-ой и 2-ой очереди НЧ ТЭЦ в июне 2009 г., были обработаны с использованием прикладной компьютерной программы. Некоторые результаты представлены в таблице.

Отложения, кг/сутки	1-ая очередь	2-ая очередь
Карбонаты (на CaCO ₃)	-6,3	375,5
Силикаты (на SiO ₂)	9,37	13,99
Органические в-ва (окисляемые)	144,2	147,9
Железосодержащие (на Fe ₂ O ₃)	2,13	1,70
Медьсодержащие (на CuO)	-0,14	0,03
Взвешенные вещества	-44,40	0,98
Фосфонаты	нет	17,3
Коэфф. упаривания по хлоридам	2,14	5,40
Расход добавочной воды, т/ч	382,4	276,7

Из полученных результатов можно сделать некоторые заключения. В СОО 1-ой очереди отложение карбонатов не происходит. Очевидно, что режим работы СОО 1-ой очереди обеспечивает безнакипную работу по карбонатам.

Иная картина наблюдается в СОО 2-ой очереди. Происходит активное осаждение карбонатов. Более того, осаждается дозируемый в воду СОО фосфонат.

В результате обработки данных химического контроля добавочной воды и воды системы за исследуемый период были выявлены причины «сбоя» в работе 2-ой очереди. Прежде всего, следует отметить, что в большую часть времени Актифос 640 Т обеспечивает безнакипный режим работы. Но в определенное время, происходит «сбой» в работе и начинается активное осаждение карбонатов, причем в большинстве случаев это приводит к необходимости останова оборудования для чистки конденсаторов. Причины таких сбоев, по нашему мнению заключается в отсутствии оперативного мониторинга физико-химических процессов в системе и, как следствие, не принятие мер для предотвращения отложений в системе. Для контроля за физико-химическими процессами предлагается использование автоматизированного программного комплекса, который на основании показаний установленных датчиков уровня, расхода воды, электропроводности, температуры и результатов химического анализа в режиме реального времени определяет оптимальный режим регулирования системы.

УДК 621.18:533.36

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ГЛАВНОГО КОРПУСА ТЭС

А.Ю. ГИЛЬМУТДИНОВ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. БУХМИРОВ;
канд. техн. наук, доц. Д.В. РАКУТИНА

Общеобменная вентиляция в главном корпусе тепловой электростанции (ТЭС) представляет собой комплексный процесс аэродинамики воздушных потоков и теплообмена между тепловыделяющим оборудованием, приборами системы теплоснабжения, воздушной средой и внутренними ограждениями корпуса. Математическое моделирование системы вентиляции главного корпуса основано на решении системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса

и Фурье-Кирхгофа и может быть выполнено при помощи современных программно-вычислительных комплексов. В данной работе для расчета процессов тепло- и воздухообмена в главном корпусе ТЭС использован программно-вычислительный комплекс Phoenics.

Модель главного корпуса состоит из турбогенераторного, деаэрационного и парогенераторного отделений. Разделительная стенка между отделениями отсутствует. Модель разработана для условий холодного времени года. Приток воздуха в помещение осуществляется через калориферы, встроенные в стены парогенераторного отделения и работающие «на просос», а также за счет инфильтрации через фрамуги световых проемов турбинного отделения. Удаление воздуха из помещения главного корпуса производится дутьевыми вентиляторами. Тепловыделения от оборудования приняты по проектным данным. Размеры расчетной области $93 \times 21 \times 55$ м, в которой задана неравномерная сетка размером $79 \times 13 \times 59 = 60593$ ячеек. Для решения была применена LVEL-модель турбулентности.

Адекватность разработанной математической модели, была проверена путем сопоставления с результатами экспериментального исследования микроклимата блочной ТЭС. Максимальная относительная погрешность расчета температуры не превышает 10 %.

С использованием данной математической модели проведено исследование различных режимов функционирования системы вентиляции главного корпуса ТЭС, а также разработана регрессионная модель, позволяющая определять какое количество дутьевого воздуха можно забирать из помещения, в зависимости от числа работающих блоков, их нагрузки и температуры окружающей среды при соблюдении санитарных норм в рабочих зонах.

УДК 621.311.22

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА Е-50-0,7-250 ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Т.А. ЖАМЛИХАНОВ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.В. МОШКАРИН;
канд. техн. наук, проф. Б.Л. ШЕЛЫГИН

Применение парогазовых установок (ПГУ) на ТЭС является одним из ключевых направлений развития отечественной энергетики.

При использовании блоков на основе ПГУ необходим выбор наиболее рационального режима работы.

В ходе реконструкции в ОАО «Ивгортеплосеть» внедрены энергоустановки для выработки электрической и тепловой (в виде перегретого пара и сетевой воды) энергии, включающие:

- газотурбинную электростанцию марки «Урал-6000» (ГТУ);
- котел-утилизатор марки «Е-50-0,7-250» (КУ).

В работе анализируются условия работы КУ в трех возможных режимах:

- утилизационный режим работы (режим № 1);
- утилизационный режим работы с дожиганием (режим № 2);
- автономный режим работы КУ (без утилизации газов ГТУ) при сжигании в топочной камере топлива в количестве, соответствующем тепловой нагрузке энергоустановки (режим № 3).

Расчетными исследованиями установлено, что в утилизационном режиме (№ 1) работы ГТУ паропроизводительность КУ не превышает 20 т/ч при максимальной доле парообразования в испарительном потоке 74 %. Требуемая паропроизводительность КУ 50 т/ч достигается за счет дополнительного сжигания топлива (режим № 2). Изучены характеристики КУ в автономном режиме (№ 3), на основе которых определены минимальные значения удельного расхода топлива и наиболее эффективные условия работы энергоустановки.

УДК 621.311.22

ИССЛЕДОВАНИЕ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ ПГУ

Т.А. ЖАМЛИХАНОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.В. МОШКАРИН;

канд. техн. наук, проф. Б.Л. ШЕЛЫГИН

На сегодняшний день особый интерес вызывает оценка влияния применения вертикальной и горизонтальной компоновки котла-утилизатора (КУ) на экономическую эффективность инвестиционного проекта ПГУ.

С помощью программного комплекса Boiler Designer фирмы Optsim-K (г. Москва) были разработаны модели КУ вертикального и горизонтального типа для моноблоков:

– ПГУ-40 с ГТУ SGT-700 фирмы Siemens мощностью 28,33 МВт и КПД по выработке электроэнергии 34,83 %;

– ПГУ-240 с ГТУ SGT5-3000E фирмы Siemens мощностью 190 МВт и КПД по выработке электроэнергии 36,41 %;

– ПГУ-410 с ГТУ M701F4 фирмы Mitsubishi Heavy Industries (МНИ) мощностью 303,4 МВт и КПД по выработке электроэнергии 38,2 %.

Исходные условия для проектирования как вертикальных, так и горизонтальных КУ приняты одинаковыми:

1. Для ПГУ-40 – двухконтурный КУ номинальной паропроизводительностью 45 т/ч; параметры пара высокого давления – 5,5 МПа, 487 °С, низкого давления – 0,62 МПа, 212 °С.

2. Для ПГУ-240 – одноконтурный КУ номинальной паропроизводительностью 260 т/ч; параметры пара высокого давления – 13 МПа, 550 °С.

3. Для ПГУ-410 – трехконтурный КУ с промперегревом номинальной паропроизводительностью 414 т/ч; параметры пара высокого давления – 12,5 МПа, 568 °С, среднего давления (после промперегрева) – 3,12 МПа, 568 °С, низкого давления – 0,52 МПа, 235,3 °С.

Использование вертикальной конструкции КУ является более эффективным: снижается металлоемкость поверхностей теплообмена вследствие более высоких значений коэффициентов теплопередачи, уменьшается аэродинамическое сопротивление, а, следовательно, повышается мощность и КПД всего цикла ПГУ, увеличивается чистый дисконтированный доход от реализации проекта при более низком значении срока окупаемости.

УДК 621.311

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ВПУ ТЭС И ГЕНЕРАЦИИ ЩЕЛОЧИ

Т.Ф. ВАФИН, А.Г. КОРОЛЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА

Для утилизации избытка продувочной воды испарительной установки на Казанской ТЭЦ-3 предложена схема с использованием электродиализа, позволяющая получать обессоленную воду и щелочь.

Основным элементом данной схемы является электромембранная установка (ЭМУ), которая в качестве основного аппарата включает электромембранный аппарат (ЭМА).

Кроме него, установка включает емкости для рабочих и промывочных растворов, насосы для циркуляции растворов, источник питания постоянного тока, приборы контроля, запорную арматуру и фильтрующие элементы. В зависимости от варианта сборки ЭМА гидравлическая схема ЭМУ меняется.

Установка работает в циркуляционном режиме. Контролируется давление на входе и выходе из ЭМА, расход растворов по каждому тракту, напряжение и сила тока в ЭМА. Для контроля за эффективностью и степенью завершенности процесса предусмотрен отбор проб растворов на химический анализ. Растворы в ходе циркуляции очищаются от механических примесей фильтрацией через патронные фильтры. Фильтры устанавливаются на выходе из емкостей перед циркулирующими насосами и крепятся к раме-стойке. Фильтрующий элемент – патрон с гофрированным полипропиленовым нетканым материалом с диаметром пор 2–25 мкм.

Электродиализная установка представляет собой электромембранный аппарат, устанавливаемый на поддон из нержавеющей стали, помещаемый на сборной раме-стойке, в передней части которой монтируется гидравлический пульт, оснащенный манометрами входного и выходного давления, регулировочными вентилями, ротаметрами, пробоотборниками с вентилями.

В нижней части рамы-стойки размещается блок с насосами для подачи рабочих растворов и промывочной воды на аппарат. Насосы оснащены байпасами, и вынесенным отдельно блоком управления насосами.

Источник электрического питания аппарата, также устанавливаемый отдельно, обеспечивает подачу постоянного напряжения на электромембранный аппарат. Установка обвязывается технологическим трубопроводом из пластика и изделиями из него (вентильями, уголками, тройниками, муфтами и т.д.).

Возможно использование гибких химически стойких армированных шлангов для подачи растворов от емкостей до насосов.

УДК 621.438

ДОЗВУКОВЫЕ КАМЕРЫ СМЕШЕНИЯ С ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ ПОТОКА ПЛОХООБТЕКАЕМЫМИ ТЕЛАМИ И ПОПЕРЕЧНЫМ ВДУВОМ СТРУЙ

А.А. МУСИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.Я. ГАЛИЦКИЙ

При проектировании камеры смешения важно уметь предсказать не только степень перемешанности компонентов, но и правильно рассчитать потери на турбулизацию потока, оптимизировать весь процесс смешения.

Во многих технических устройствах требуется подмешивать газообразное или жидкое рабочее тело к основному потоку, распространяющемуся по канал цилиндрической формы прямоугольного или круглого сечения. Для ускорения перемешивания необходимо турбулизировать поток, т.е. создавать в нем неоднородности скорости, помещая в него плохообтекаемые тела или вдувая поперечные струи. Такие турбулизированные течения сопровождаются появлением зон с почти нулевыми скоростями и зон обратными токами жидкости. Именно такие течения характеризуются минимальными относительными потерями на турбулизацию.

Оптимальным с точки зрения равномерности заполнения сечения камеры является такой вдув, когда ось струи после участка разворота оказывается вблизи оси камеры.

Казалось бы, при увеличении числа элементов N можно сделать протяженность камеры сколь угодно малой, однако этому начинает препятствовать целый ряд конструктивных ограничений. По мере увеличения числа элементов растет число отверстий, через которое подается рабочее тело, и относительная длина трубопроводов, по которым рабочее тело подается к этим отверстиям. При одинаковых размерах отверстий и постоянном сечении трубопровода распределение расхода по отверстиям оказывается не равномерным. По мере уменьшения вдоль оси трубопровода расхода в нем растет статическое давление и скорость истечения, а следовательно, и расход через отверстия возрастает. Этот эффект приводит к появлению «глобальной» неравномерности полей концентрации Δc_g , которая имеет поперечный масштаб, соизмеримый со всем размером камеры, и поэтому затухает в \sqrt{N} медленнее, чем локальная неравномерность Δc .

Цена потерь полного давления в камерах смешения хотя и минимальна, но конечна и в первом приближении обратно пропорциональна длине камеры смешения. По мере увеличения загромождения камеры растут потери, но и растет турбулизация потока, что приводит к сокращению длины камеры.

УДК 621.311.22:628.1

АНАЛИЗ ВОДЫ И ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКОЙ ТЭС

Л.И. ГАЙНУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. А.А. ЧИЧИРОВ

Как известно, не все малорастворимые в воде соединения кальция, выделяясь из воды, образуют накипь на поверхностях конструкций оборотного охлаждения ТЭС. К накипеобразователям причисляют силикат и сульфат кальция, а также различные алюмосиликаты и ферросиликаты кальция. Основной фосфат кальция, называемый также гидроксилapatитом, выделяется из воды в виде тонкого шлама, практически не образующего накипи. На таком свойстве этого соединения основано фосфатирование, являющееся одним из наиболее распространенных способов обработки циркуляционной воды.

Для контроля фосфатного режима определяют концентрацию свободных ионов фосфорной кислоты в воде системы оборотного охлаждения. При этом важно иметь в виду, что в результате взаимодействия фосфатов с ионами кальция в воде возникает тонкодисперсный шлам гидроксилapatита. Следовательно, циркуляционная вода содержит как растворенные, так и взвешенные фосфаты. Активную роль в предотвращении кальциевого накипеобразования, естественно, играют только растворенные фосфаты. Взвешенные же являются продуктом реакции: содержащиеся в них фосфаты представляют собой отработавший реагент. Поэтому задачей анализа являлось определение концентрации именно растворенных, т.е. дееспособных, фосфатов.

Концентрацию фосфатов определяли колориметрическим методом, основанным на образовании комплексной гетерополикислоты, которая под действием восстановителей превращается в комплексное соединение синего цвета.

Результаты анализа находили, пользуясь расчетным графиком, который строили, измеряя оптическую плотность растворов, содержащих известную концентрацию фосфатов, т.е. по стандартным растворам.

УДК 621.311

ОЧИСТКА МАЗУТОВ ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Р.Е. ЛИПАНТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. ТУТУБАЛИНА

За последние годы значительно возросла доля высокосернистых нефтей в общей добыче нефти Российской Федерации. Их разведанные запасы обеспечивают возможность получения десятков миллионов тонн жидкого котельного топлива ежегодно.

Однако широкое применение мазутов с высоким содержанием серы в энергетике связано с рядом трудностей. При непосредственном сжигании сернистого топлива в котлах мощных тепловых электростанций, дымовые газы содержат большой процент оксидов серы, включая SO_3 . Это снижает эффективность работы котлоагрегатов, так как повышается точка росы, что сопровождается коррозией, загрязнением низкотемпературных поверхностей нагрева и повышением температуры уходящих газов. В связи с этим, мазуты с высоким содержанием серы, перед сжиганием в топках котлов должны подвергаться сероочистке.

С этой целью, для процесса обессеривания мазута был разработан и испытан электродуговой реактор, снабженный неподвижными и подвижными электродами.

В электродуговом реакторе обессеривание мазута происходит в электрической дуге. В электродуговом разряде под воздействием высоких температур, достигающих в искре 1300–1500 °С, происходит избирательное разрушение сернистых соединений с последующим их переходом в парогазовое состояние.

В реакторе подвергают десульфированию сернистые топлива в межэлектродном промежутке в электродуговом разряде подвижных насыпных графитовых электродов, расположенных над решеткой. При этом неподвижные электроды электрически соединены между собой и расположены вертикально в шахматном порядке.

Применение электродуговых реакторов в технологической схеме подготовки жидкого органического топлива для энергетических котлов тепловых электрических станций является одним из эффективных решений интенсификации процессов тепло- и массообмена; составляющих основу технологии очистки мазутов от канцерогенных и коррозионно-активных соединений серы.

УДК 621.311.22: 621.187

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Д.Ю. МАТВЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время на тепловых электрических станциях (ТЭС) широко применяются автоматизированные приборы химического контроля теплоносителя, однако в тепловой сети контроль водно-химического режима автоматизированными приборами отсутствует, что не дает возможности оценить фактическое состояние трубопроводов.

Анализ состояния действующих на отдельных ТЭС систем контроля и управления ВХР и ВПУ ТЭС показывает, что автоматизация обеспечивает непрерывный контроль и своевременное устранение нарушений водного режима, поддержание показателей качества теплоносителя в соответствии с условиями минимизации коррозионных процессов и процессов образования отложений на теплопередающих поверхностях оборудования.

В современных условиях при возросших требованиях к качеству сетевой воды теплосети особое внимание следует уделять разработке и внедрению автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами водно-химического режима тепловой сети (АСХКУ).

Согласно методическим указаниям по созданию АСУТП водоподготовительных установок (ВПУ) электростанций (СО 34.35.146-2003) современные автоматизированные системы контроля и управления (АСХКУ) включают два основных уровня: нижний (называемый аналитическим) – анализаторы жидкости (приборы химконтроля), и верхний – это технические средства программно-технического комплекса (ПТК).

АСХКУ, измерительная часть которой содержит автоматические анализаторы различных фирм-производителей, позволяет осуществлять непрерывные измерения показателей качества сетевой воды (например, показателя рН, жесткости, содержания растворенного кислорода, натрия, концентраций растворов реагентов).

Реализованная микропроцессорная АСХКУ теплосети выполненная на базе единых технических средств измерительной, аналитической техники и ПТК, является высокоэффективным и надежным средством поддержания заданных режимов функционирования объектов автоматизированного контроля и управления.

УДК 621.438.003

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.А. КЛЮЕВ, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. КАБАНОВА

На сегодняшний день вопросы энергосбережения в энергетике приобретают все большее значение. Одной из причин низких показателей энергетической эффективности является моральный и физический износ используемого оборудования. Перспективным направлением энергосбережения является совершенствование традиционных генерирующих установок путем перевода их на работу по бинарному парогазовому циклу.

В научно-исследовательской работе рассмотрены энергетические парогазовые установки утилизационного типа. Для реализации задачи оптимизации параметров работы парогазовых установок и оценки влияния различных факторов и начальных условий на энергетические показатели ПГУ созданы математические модели работы установки в целом и каждого элемента в отдельности. На основе разработанных математических моделей создан программно-вычислительный комплекс, позволяющий проводить многовариантные итерационные расчеты.

Результатом работы данного программного комплекса является выходной набор графических характеристик и числовых показателей топливной и тепловой экономичности установки в зависимости от варианта исполнения и начальных условий. Предусмотрены варианты компоновки установки котлом-утилизатором одного и двух давлений,

а также просчитана возможность работы установки на очищенном генераторном газе. Создана база данных по маркам газообразного топлива и бурых углей при использовании газификации. Выходной набор числовых показателей позволяет просчитать установку при любом варианте начальных условий, а графические зависимости, в свою очередь, после проведения многовариантных расчетов отражают характер влияния различных параметров на соответствующие показатели.

Использование данного программного комплекса позволяет оценить термодинамическую эффективность энергосберегающих мероприятий по переоборудованию установки на парогазовую технологию в конкретных условиях.

УДК 621.438

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК

А.А. КОВАЛЬКОВ, СФМЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. КАБАНОВА

Анализ тенденций развития энергетических машин свидетельствует о том, что наиболее совершенные установки могут быть созданы с использованием газотурбинных технологий. Вполне обоснованно многие специалисты в области энергетики считают XXI век – веком газотурбинных технологий.

В последнее время все большее применение получает возможность применения ГТУ в составе ТЭЦ для комбинированного производства электрической энергии и теплоты. В газотурбинной теплоэлектроцентрали (ГТУ-ТЭЦ) теплота выходных газов ГТУ используется в КУ только для теплоснабжения внешних потребителей. В настоящее время ГТУ-ТЭЦ находят широкое применение не только в отечественной энергетике, но и за рубежом.

В целом КПД газотурбинных установок зависит от большого числа параметров, среди которых выделяют температуру наружного воздуха, изоэнтропные КПД компрессора и газовой турбины, степень повышения давления в компрессоре, низшей теплоты сгорания топлива и другие.

В научно-исследовательской работе были созданы математические модели как автономной ГТУ, так и в составе ГТУ-ТЭЦ, разработан программный комплекс, позволяющий выполнять комплексную оценку

эффективности ГТУ, подбирать оптимальные параметры работы установок. Технические данные ГТУ и ГТУ-ТЭЦ, а также используемого ими топлива сведены в единую базу данных, которая имеет возможность пополняться.

В области газотурбинных технологий для снижения расхода топлива возможна утилизация теплоты уходящих газов ГТУ-ТЭЦ в случае совместного использования с теплонасосными установками. В работе рассмотрена возможность применения таких установок с оценкой оптимальной степени охлаждения уходящих газов и соответствующей экономии топлива для конкретных условий.

Таким образом, рассмотрение вопросов повышения эффективности и рационального использования ГТУ является одним из приоритетных направлений развития энергетики не только России, но и большинства развитых стран.

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНАЖЕРА БЛОКА К-300-240
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПО ОТКЛЮЧЕНИЮ
СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
И ОТРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПЕРАЦИЙ ПО РАСТОПКЕ
КОТЛОАГРЕГАТА ТИПА ТГМ-84 «А» НА КОМПЬЮТЕРНОМ
ТРЕНАЖЕРЕ ТЭЦ С ПОПЕРЕЧНЫМИ СВЯЗЯМИ**

С.С. ПАЙМИН, КГЭУ, г. Казань

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

Тренажер блока К-300-240 позволяет имитировать режимы пуска блока из различных тепловых состояний, работу по диспетчерскому графику, перевод блока на холостой ход, в растопочный режим с возможностью имитации различных нарушений и отказов основного и вспомогательного оборудования блока, проведение противоаварийных тренировок.

Целью испытаний по отключению регенерации высокого давления на тренажере энергоблока К-300-240 является отработка действий по отключению ПВД при их аварийном и плановом остановах с дальнейшим выводом блока на номинальную электрическую нагрузку и изучение механизмов, происходящих при этих процессах.

Перед тем, как приступить к изучению непосредственно группы ПВД была рассмотрена мнемосхема блока в целом.

После рассмотрения возможных случаев останова ПВД и необходимых действий машиниста блока при этом с обоснованием необходимости и правильности этих действий были произведены испытания по аварийному останову ПВД без разгрузки блока, по аварийному останову ПВД с разгрузкой блока и по плановому останову ПВД. В ходе этого были записаны графики изменения основных величин блока и сделано их описание, которое дало достаточно полное представление о процессах, происходивших при этих испытаниях. При этом была подтверждена необходимость снижения электрической нагрузки блока до 250 МВт при останове ПВД, обусловленная условиями надежной работы турбины. В заключении был произведен расчет энергетических показателей блока с включенными и отключенными ПВД.

Цель работы, выполненной на тренажере ТЭЦ с поперечными связями, заключалась в отработке операций по растопке котлоагрегата типа ТГМ-84 «А», что поможет студентам изучить состав и характеристики основного и вспомогательного оборудования Казанской ТЭЦ-3 и ознакомит их с особенностями растопки барабанного котлоагрегата. В первую очередь в лабораторную работу было внесено краткое описание основного оборудования Казанской ТЭЦ-3. Следующим этапом было составление описания мнемосхем тренажера. Далее осуществлялась отработка действий по растопке котлоагрегата и составление описания этого процесса. В процессе отработки процесса растопки опытным путем было установлено, что график растопки котлоагрегата во время выполнения работы может отличаться от приведенного в описании котла в силу технических особенностей тренажера.

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНО-ГРУППОВОГО СОСТАВА МАСЛА НА ЕГО СТАРЕНИЕ

Л.Р. ИСМАГИЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. ТУТУБАЛИНА

В современном трансформаторном оборудовании нефтяное трансформаторное масло работает в электрическом поле высокой напряженности и повышенных температурах. Поэтому трансформаторное масло должно обладать высокими значениями электрической прочности,

стабильности к окислению, газостойкостью в электрическом поле и низкими диэлектрическими потерями. Перечисленные показатели масла обеспечивают надежность, долговечность и необходимый ресурс работы маслonaполненного электрического оборудования. Эксплуатационные свойства трансформаторных масел в электрических аппаратах под рабочим напряжением взаимосвязаны с их физико-химическими показателями, поскольку между химическим составом масел и их эксплуатационными свойствами существует взаимосвязь. Масла получают из нефтей различных месторождений, отличающихся химическим составом. Трансформаторные масла представляют собой сложную многокомпонентную систему с температурой кипения 300–400 °С. Основными компонентами нефтяных трансформаторных масел являются углеводородные соединения, которые представлены в основном насыщенными и ароматическими углеводородами.

Насыщенные углеводороды трансформаторных масел, составляющие основную часть по массе до 95 %, подразделяются на парафиновые и нафтеновые углеводороды. Содержание ароматических углеводородов в трансформаторных маслах может достигать 40 %. Высокое содержание ароматических углеводородов в масле способствует образованию смолистых веществ и повышению диэлектрических потерь.

Интенсивность старения трансформаторного масла возрастает с увеличением концентрации растворенного в масле воздуха. В результате старения трансформаторного масла образуются продукты, снижающие его эксплуатационные свойства и подлежащие удалению.

В этой связи представляло интерес изучить влияние структурно-группового состава масла на его старение.

УДК 621.311

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ОСТРОГО ПАРА КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТУРБОУСТАНОВОК

А.Р. ШАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Г. ШАГИЕВ

Разнообразие факторов, оказывающих влияние на надежность работы оборудования теплоэнергетических установок, достаточно велико и непрерывно возрастает по мере повышения параметров, изменения режимов работы агрегатов, использования новых конструкционных

материалов и т.д. Все более актуальной становится необходимость разработки математических моделей для оптимизации водно-режимных мероприятий на электростанциях. В процессе работы конденсационной паротурбинной установки любого типа (на ГРЭС, АЭС) имеет место непрерывное поступление разнообразных примесей, загрязняющих рабочее тело паротурбинных контуров. В связи с этим должен быть организован вывод примесей, обеспечивающий поддержание требуемой чистоты рабочего тела, предотвращение отложений или снижение скорости их образования до уровня, не препятствующего нормальной работе установки.

Условия работы металла проточной части турбин отличны от условий работы котельного металла. В проточной части турбины идет расширение пара при резком снижении его давления и сверхзвуковой скорости потока. Эти факторы изменения среды оказывают влияние на растворимость примесей в паре, образование концентрированных растворов отдельных соединений, возникновение отложений на поверхности металла. При условиях высокого его напряжения появляется угроза коррозионного растрескивания.

В данной работе анализируется влияние различных факторов, определяющих эффективность водно-химического режима парогенераторов, и, следовательно, качество питательной воды.

Для конденсационных турбоустановок ГРЭС, работающих на сверхкритических параметрах пара, рассматриваются вопросы оптимизации коррекционной обработки рабочего тела при гидразин-аммиачном водном режиме. Такой водный режим хорошо зарекомендовал себя в теплоэнергетике. Связывание растворенного в воде кислорода с помощью гидразина и изменение величины рН водной среды путем дозирования аммиака позволяет снизить скорость коррозии конструкционных материалов и повысить качество питательной воды.

Также в работе было произведено математическое моделирование, которое позволило рассчитать компонентный состав рабочего тела конденсационной турбоустановки. Определив компонентное соотношение примесей в рабочем теле можно судить, и о характере отложений, и о скорости их образования на поверхностях проточной части турбоустановки. Расчет усложняется тем, что сверить результаты удастся только в случае вскрытия турбины. В работе использован как отечественный опыт изучения отложений на поверхностях турбоустановок, так и зарубежный.

УДК 621.311

МЕТОД ОРГРЭС И ИСПОЛЬЗУЕМАЯ В НЕМ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Э.В. КРЫЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Ш. НИЗАМОВА

Приказом по РАО «ЕЭС России» № 561 от 13.12.95 ранее используемый физический метод был заменен на разработанный фирмой ОРГРЭС новый усредненный метод распределения затрат топлива на ТЭЦ. Он действует и в настоящее время. При более подробном изучении этого метода оказалось, что при его использовании практически у всех установок расходы топлива на производство единицы тепловой и электрической энергии значительно и необоснованно занижаются.

Одной из определяющих величин расчета является коэффициент отнесения затрат топлива энергетическими котлами на производство электроэнергии K_9 . Значение этого коэффициента варьируется в пределах от 0,3 до 0,35. В моей работе рассмотрено искусственное увеличение коэффициента K_9 до 0,5–0,6 с целью ликвидации такой проблемы как занижение расхода топлива на производство единицы тепловой и электрической энергии.

Нормативная техническая документация по топливоиспользованию остается без изменений. В ее состав входят: энергетические характеристики котлов каждой из подгрупп оборудования; энергетические характеристики турбоагрегатов каждой из подгрупп оборудования; зависимости технологических потерь тепла, связанных с отпуском тепла каждой из подгрупп оборудования; зависимости абсолютных или удельных затрат электроэнергии и тепла на собственные нужды каждой из подгрупп оборудования, электростанции в целом; пояснительная записка по разработке энергетических характеристик оборудования и зависимостей затрат электроэнергии и тепла на собственные нужды; графики исходно-номинальных удельных расходов топлива на отпускаемую электроэнергию и тепло; графики минимальных электрических нагрузок каждой теплофикационной подгруппы оборудования; макеты расчета номинальных показателей оборудования и нормативов удельных расходов топлива (макеты 15506-1, 15506-2); план организационно-технических мероприятий по реализации резервов тепловой экономичности и рациональному использованию топливно-

энергетических ресурсов, разработанный на основе обязательных энергетических обследований; отчетные данные о номинальных и фактических удельных расходах топлива за последние 3 года, предшествующих разработке НТД по топливоиспользованию.

Макеты 15506-1 и 15506-2 являются исходными документами в системе сбора по каналам связи, обработки и обобщения информации о тепловой экономичности работы оборудования электростанций, анализа причин изменения удельных расходов топлива.

Подводя итоги, можно сказать, что при введении корректировочной поправки на коэффициент отнесения затрат, методика и техническая документация остаются без изменений, а проблема занижения значений расходов топлива на производство единицы тепловой и электрической энергии исчезает.

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНАЖЕРА К-300-240
ДЛЯ ОТРАБОТКИ ПРОЦЕССА ПУСКА ЭНЕРГБЛОКА
ОТ МОМЕНТА ТОЛЧКА РОТОРА ДО ВЫХОДА
НА НОМИНАЛЬНУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ
И ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИ РАБОТЕ НА ПИТАТЕЛЬНОМ ТУРБОНАСОСЕ
И ПУСКОРЕЗЕРВНОМ ЭЛЕКТРОНАСОСЕ**

Р.Р. ЗАЛЯЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Компьютерный тренажер предназначен для отработки обучающимися навыков управления энергоблоком 300 МВт в режимах пуска из различного теплового состояния, останова, работы по диспетчерскому графику, а также для проведения противоаварийных тренировок. Широчайшие возможности компьютерного тренажера позволяют в полной мере освоить и закрепить учебный материал при подготовке, отработать навыки работы с конкретным технологическим оборудованием станции. Тренажер обеспечивает возможность воспроизведения широкого спектра режимов работы оборудования, управляемого с центральных щитов. Основываясь на точном математическом моделировании, математическая модель тренажера позволяет воспроизвести практически все стационарные и переходные режимы работы оборудования.

Целью работы является практическое ознакомление с процессом пуска энергоблока от момента толчка ротора до выхода на номинальную электрическую нагрузку и анализ процессов, происходящих при плановом и аварийном отключении питательного турбонасоса.

В ходе выполнения данной работы был изучен материал по технологии пусков энергоблоков, мнемосхема блока в целом и мнемосхема металла турбины, мнемосхема питательной установки, при этом рассматривались основные элементы мнемосхем. Изучаются характеристики питательных насосов.

Толчок ротора и разворот турбины производят регулирующими клапанами ЦВД турбины. После толчка осуществляется плавный набор оборотов до 3000 об/мин, не задерживаясь на критических оборотах. При выходе на 3000 об/мин генератор включается в сеть, для этого необходимо нажать на рабочем месте машиниста блока появившуюся панель «синхронизация» и набрать нагрузку 5 МВт. Постепенно энергоблок нагружается до 150–180 МВт, путем увеличения расхода питательной воды и расхода топлива на котел. При нагрузке 170 МВт производится переход с ПЭН на ПТН. Набирается максимально возможная нагрузка, производится контроль основных параметров.

При пуске энергоблока строится таблица, в которой записываются основные параметры оборудования перед толчком при 800 об/мин, перед выходом на 3000 об/мин, после включения генератора в сеть, по истечении выдержки после набора 20 МВт и после набора максимальной нагрузки.

Рассматриваются случаи аварийного останова ПТН с включением ПЭН от автоматического резерва и планового перехода с ПТН на ПЭН. При этом определяются и отрабатываются действия машиниста блока.

В ходе испытаний записываются графики изменения основных величин блока и делается их описание, что дает достаточно полное представление о процессах, происходивших при испытаниях. В ходе испытаний была подтверждена необходимость снижения электрической нагрузки блока до 200 МВт, так как производительность ПЭН меньше ПТН.

Были рассчитаны энергетические показатели при работе ПТН и ПЭН на нагрузке 200 МВт, которые показали, что экономичность станции при переходе в целом снижается, так как расход электрической энергии на собственные нужды при работе ПЭН больше, чем при работе ПТН. При работе блока с включенным ПЭН КПД станции нетто уменьшился на 3,72 %, удельный расход условного топлива увеличился на 3,97 % по сравнению с работой блока с включенным ПТН. Результаты расчетов сведены в таблицу основных величин технико-экономических энергетических показателей энергоблока.

УДК 621.181

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТБОРА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА КОТЛАХ С РЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯМИ

А.Ю. БОЛЬШИХИН, УГТУ-УПИ, г. Екатеринбург
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. СОКОЛОВ

Вследствие нестационарности процесса теплообмена в РВП характер изменения температур газов, набивки и воздуха отличается в периоды нагрева и охлаждения. На выходе из газовой части РВП в сечении, перпендикулярном к валу, имеет место заметная разность температур газов в несколько десятков градусов Цельсия. До наиболее низкой температуры охлаждаются газы, движущиеся в каналах набивки сектора, только что вошедшего с воздушной стороны в газовую часть, т.е. в том месте, где набивка охлаждена до минимальной температуры потока, нагреваемого воздуха. Тогда появляется возможность разделить условно «высокотемпературную» часть уходящих газов от «низкотемпературной» с помощью разделяющей перегородки, которая располагается по всей ширине потока дымовых газов и достигает набивки.

Физически обоснована и выполнена постановка задачи в виде дифференциальных уравнений и готовится решение, связанное с выбором начальных временных и температурных условий, с целью нахождения оптимального размещения перегородки в газовом выходном патрубке. Поскольку размещая ее слишком близко к низкотемпературной зоне, мы рискуем недополучить высокопотенциальные газы. Однако при таком расчете необходимо учитывать и тот факт, что температура уходящих газов на входе в дымовую трубу не должна быть ниже 80–85 °С во избежание образования низкотемпературной коррозии. Решив поставленную задачу, можно искать способы применения полученных рациональным путем уходящих газов, с температурой в диапазоне 120–160 °С.

Практически полезными вариантами решения поставленной задачи могут быть следующие предложения: рециркуляция части дымовых газов после РВП в топку котла вместо принятого отбора газов после водяного экономайзера; подогрев холодного воздуха перед РВП в специальных теплообменниках с предполагаемым использованием трубного пучка, выполненного из стеклянных трубок; подогрев подпиточной (сырой) воды перед химводоподготовкой, которая восполняет потери и утечки теплоносителя как в цикле станции, так и в теплосети.

УДК 621.311.22

**СРАВНЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ
НА СКОЛЬЗЯЩИХ И НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРАХ
ПРИ ЧАСТИЧНОЙ НАГРУЗКЕ
И ОТРАБОТКА ПУСКОВЫХ ОПЕРАЦИЙ ЭНЕРГОБЛОКА
ИЗ ХОЛОДНОГО СОСТОЯНИЯ НА БАЗЕ
КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА БЛОКА К-300-240**

А.А. КОРОВКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Внедрение и использование тренажера энергоблока 300 МВт, моделирующего работу реально действующей тепловой электрической станции, в образовательном процессе студентов является инновационным и уникальным в системе высшего профессионального образования в сфере энергетики и позволяет реализовать полученные студентами знания, навыки и умения в условиях реального и масштабного времени и полномасштабной имитации реального оборудования энергообъекта.

Целью работы является разработка учебно-методического комплекса для обучения студентов и переподготовка оперативного персонала электростанций, включающего в себя:

1. отработку действий по разгрузке на двух параметрах с дальнейшим выводом блока на номинальную электрическую нагрузку и изучение происходящих при этом процессов;
2. практическое ознакомление с процессами пуска энергоблока и эксплуатацией вспомогательного и основного оборудования.

Работы начинаются с изучения технологии тренажера и всех мнемосхем. Рассматриваются механизмы функционирования основного и вспомогательного оборудования, разрабатывается методика проведения операций на тренажере. Описываются действия машиниста и происходящие технологические процессы (прилагаются графики).

После проведения первых испытаний производится расчет энергетических показателей блока при работе на частичной нагрузке на номинальных и скользящих параметрах. По результатам этого расчета строится таблица, в которой изменение величин энергетических показателей блока показано в процентном выражении.

Следующим этапом является лабораторная работа по началу пуска энергоблока, с подробным описанием действий, операций по подготовке

к пуску. После проделанной лабораторной работы каждый студент должен сделать отчет, в котором по памяти описать процесс пуска блока, к отчету прилагаются мнемосхемы (мнемосхема блока, пусковая часть и растопочный узел).

УДК 621.311

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЭС ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ ТУРБИНАМИ

А.Я. ЛАТЫПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Г. ФИЛИМОНОВ

Значительное влияние на общую экономичность тепловой электростанции оказывает оптимальное распределение нагрузки между работающими турбоагрегатами. Экономичное распределение нагрузок, обеспечивающее минимальный расход теплоты, производится на основе метода относительных приростов. Относительным приростом расхода теплоты агрегата называется изменение расхода теплоты при изменении нагрузки на единицу мощности. Достижение наиболее экономичного результата достигается, если в первую очередь загружать турбины, имеющие наименьший относительный прирост, что вытекает из правила равенства относительных приростов. Для принятия решения о распределении нагрузок требуется помимо анализа энергетических характеристик агрегатов, их сопоставление с текущими фактическими показателями, особенно в случае сложных тепловых схем с производственными и теплофикационными отборами.

Для решения этой задачи был разработан алгоритм анализа текущих удельных расходов топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию, внедренный на Казанской ТЭЦ-2. Алгоритм организован с использованием следующих данных:

– суммарного отпуска тепла по паропроводам и тепловодам станции от автоматизированной системы коммерческого учета теплоты. Количество теплоты, отпущенное потребителям по паропроводам определяется на основании зависимостей, заложенных в функциональный вычислитель ВРС-Т, отпуск тепла по тепловодам – как разница тепла, переданного по прямым тепловодам и полученного по обратным.

– отпуска электроэнергии потребителям от автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии. Он определяется как разница выработки генераторов и расхода электроэнергии на собственные нужды, т.е. суммы потребления трансформаторов собственных нужд.

– расхода потребляемого газа из автоматизированной системы коммерческого учета газа по приборам Rosemount с учетом текущего расхода угля по количеству включенных пылевых горелок и положений траверс питателей пыли.

– фактических расходов, давлений и температур в контрольных точках тепловой схемы, полученных за счет вывода показаний приборов в систему отображения сигналов Vacon.

Анализ производится на основании распределения нагрузок по расходу теплоты на мощность нетто, т.е. с учетом затрат на собственные нужды каждого агрегата тепловой и электрической энергии, и динамики изменения удельных показателей экономичности.

УДК 621.311

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ДИСТИЛЛЯТЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА № 3 ЗАИНСКОЙ ГРЭС

А.Ю. КУШНИКОВ, (ф) ОАО «Генерирующая компания»
Заинская ГРЭС, г. Заинск
Науч. рук. А.С. ЮДИН

Проблема образования отложений продуктов коррозии меди на стенках полых элементарных проводников токоведущих стержней с частичной или полной закупоркой проходных сечений актуальна для применяемой на Заинской ГРЭС системы охлаждения обмотки статора турбогенератора ст. № 3. При анализе причин закупоривания каналов токоведущих стержней был всесторонне рассмотрен процесс образования медных отложений, определены причины вызывающие этот процесс, обозначены приоритетные направления и разработаны активные методы предотвращения образования медных отложений.

Главной задачей повышения надежности работы системы охлаждения статора турбогенератора ст. № 3, явилось решение проблемы образования отложений продуктов коррозии меди. Этого смогли добиться

за счет снижения содержания кислорода в дистилляте системы охлаждения статора ТГ № 3. Мною были определены недостатки данной системы и разработаны основные мероприятия, которые привели к снижению содержания кислорода в системе охлаждения статора ТГ № 3.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что она не требует крупных финансовых вложений, трудозатрат, является актуальной и безальтернативной. Возможно ее применение на станциях имеющих турбогенераторы с аналогичной системой охлаждения статора.

После выполненного комплекса мероприятий по снижению содержания кислорода, смогли предотвратить образование продуктов коррозии меди на стенках полых токоведущих стержней. Это позволило увеличить срок службы данных элементов, повысить надежность работы энергетического оборудования за счет предотвращения повреждения генератора и снизить вероятность вывода его во внеплановый ремонт по причине повреждения стержней, что является недопустимым в условиях конкуренции на оптовом рынке электроэнергии.

УДК 621.101.6

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТИПА 600ТП-25-М1-С

А.Ю. ТЕЗЕВ, (ф) ОАО «Генерирующая компания»

Елабужская ТЭЦ, г. Елабуга

Науч. рук. Е.А. СВЕТЧИКОВ

Под усовершенствованным методом определения герметичности трубного пучка подогревателя сырой воды типа 600ТП-25-М1-С и подогревателей, сходных с ним по конструкции, подразумевается метод определения герметичности без выемки трубной системы. В данном методе используется специально смонтированное устройство на подогревателе, позволяющее определять герметичность трубного пучка без его выемки.

Описание устройства: Устройство имитирует крышку корпуса подогревателя со стороны плавающей головки без доньшка. Для изготовления устройства использовалась труба Ду600, также был изготовлен фланец, аналогичный крышке корпуса со стороны плавающей головки. Фланец был сварен с трубой. В трубу была вварена обечайка

по наружному диаметру плавающей головки. Выполнена проточка под сальниковую набивку. Снаружи изготовлена еще одна обечайка по диаметру плавающей головки, которая является грундбуксой и затягивает сальник с помощью шести болтов расположенных по наружному диаметру обечайки.

Метод установки на подогреватель: Производится разборка фланцевых соединения трубопроводов на входе и выходе по сырой воде. С подогревателя снимается крышка корпуса со стороны плавающей головки. Снимается плавающая головка подогревателя. С другой стороны подогревателя снимается распределительная камера. Трубный пучок в корпусе со стороны распределительной камеры зажимается шестью болтами с широкими шайбами толщиной 10 мм. Со стороны плавающей головки устанавливается устройство на резиновую прокладку и штатный крепеж теплообменника. Набивается сальник размерами 10 × 10 мм и зажимается грундбуксой.

Определение герметичности трубного пучка: После установки данного устройства на подогреватель он прессуется со стороны межтрубного пространства. В случае потери герметичности трубок трубного пучка с двух сторон подогревателя можно визуально наблюдать истечение жидкости из негерметичных трубок трубного пучка. Трубки трубного пучка, потерявшие герметичность, глушатся металлическими пробками. Данное сальниковое уплотнение испытывалось при давлении до $P = 10 \text{ кгс/см}^2$.

Ремонт подогревателя сырой воды по способу без установки на подогреватель данного устройства (классический способ) состоял из: отсоединения (присоединения) трубопроводов; разборки подогревателя с выемкой трубной системы; очистки, осмотра, дефектации; устранения дефектов корпуса, водяных камер, трубной системы и крепежа; замены прокладок с их изготовлением; сборки и гидравлического испытания.

Ремонт подогревателя согласно предложенного метода с установкой приспособления на подогреватель будет состоять из: отсоединения (присоединения) трубопроводов (только по сырой воде); разборки подогревателя без выемки трубной системы; очистки, осмотра, дефектации; устранения дефектов корпуса, водяных камер, трубной системы и крепежа; замены прокладок с их изготовлением; сборки и гидравлического испытания.

Если раньше после выемки трубной системы прессовалась каждая трубка трубного пучка, на что затрачивалось большое количество рабочего времени, то в случае с использованием данного устройства прессуются

сразу все трубки трубного пучка, что значительно снижает время, затрачиваемое на ремонт.

Для расчета экономического эффекта были составлены сметы для двух видов: ремонта с установкой устройства и без выемки трубной системы и ремонта по классической схеме с выемкой трубной системы. По составленным сметам и проведенным расчетам видно, что в случае ремонта с установкой устройства существенно снижаются трудозатраты на ремонт и наблюдается экономический эффект, составляющий 5897,92 на один подогреватель.

Выводы:

1. При использовании данного устройства снижаются трудозатраты на ремонт подогревателя.

2. За счет снижения трудозатрат на ремонт наблюдается экономический эффект.

3. Экономический эффект при производстве ремонта данным методом составляет 5897 руб., 92 коп. на один подогреватель, при ремонте четырех однотипных подогревателей экономический эффект составляет 23591 руб. 69 коп.

СЕКЦИЯ 8. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 338.45

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ MITSUBISHI ELECTRIC

Д.А. АБДУЛЛИНА, И.А. КИЛЬДЮШЕВА, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. АНТИПОВ

Энергосбережение – одна из самых актуальных на сегодняшний день задач.

Одним из методов решения данной задачи является снижение потребления электроэнергии при эксплуатации насосов. Наиболее широко используются в качестве приводов центробежных насосов высоковольтные двигатели напряжением 6000 В и мощностью в 400–630 кВт. На большинстве из них регулирование подачи воды происходит все еще с помощью механических заслонок, что достаточно затратно с точки зрения энергопотребления. Это связано с тем, что питающие насосы и электродвигатели к ним устанавливаются с запасом 20–30 % от необходимой мощности, и в то же время энергопотребление двигателей не сильно снижается при механическом способе регулирования.

Решить проблему энергосбережения помогает использование преобразователей частоты, которые позволяют плавно регулировать скорость вращения электродвигателя, а отсюда и расход воды. Так, при уменьшении скорости вращения двигателя с помощью преобразователя частоты на 30 % можно достичь экономии электроэнергии в 50 %. При этом за счет оригинальной функции управления магнитным потоком, разработанной компанией Mitsubishi Electric, энергопотребление снижается еще на 10 %. И это не единственная особенность данных преобразователей, ведущая к снижению энергопотребления и увеличению производительности.

После проведенного нами сравнения и анализа различных видов преобразователей частоты, мы предлагаем остановить свой выбор на оборудовании фирмы Mitsubishi Electric. Именно они обеспечивают эффективное энергосбережение, особенно для насосных и вентиляторных агрегатов. Могут также использоваться практически во всех областях, где применяются электроприводы. Преобразователи частоты Mitsubishi

Electric обеспечивают простое векторное управление, высокую долговечность, совместимость с международными стандартами CE, UL, cUL, ГОСТ. Система управления непрерывно отслеживает превышение выходного тока и автоматически ограничивает его уровень, обеспечивая при этом бесперебойную работу электропривода. В заключение можно отметить тот факт, что модернизация насосных станций с использованием оборудования Mitsubishi Electric не только решает комплекс технических задач, но и дает значительный экономический эффект, а также позволяет в короткий срок окупить произведенные затраты.

UDC 621.644(035)

SILICATE-ENAMEL COATING TUBE

N.A. BABUSHKIN, TPU, Tomsk

Research supervisor assistant professor L.I. MOLODEZHNIKOVA,
academic supervisor, assistant professor T.M. NEKRASOVA-BECKER

The main type of energy transfer (oil, gas, water, steam, etc.) is currently the pipeline transport. This method of transportation is very reliable and cheap.

In Russia today there are about 2 million kilometers of outside and about 15 million kilometers of within house local water supply, sewerage and heating networks. Steel pipes are exposed to intense corrosion, which is more than 0,05 mm/year in water systems.

Heat losses associated with leakage due to internal and external corrosion of pipes, are 15–20 %. Because of this, the service life of heat pipes is 4–10 times lower than the norm.

New types of enamels made it possible to apply them in the pipelines.

Today Russia successfully exploits about 20 thousand kilometers of enameled pipes for various purposes.

Enameled tubes have the following advantages;

- smooth solid surface of enameled tubes did not allow to form deposits and organic incrustation;
- high resistance to abrasive wear;
- secondary heating of pipes removes internal pressure which increases linearly with the elongation of the pass through pipe carrier with a temperature of 180 °C. This leads to a decrease in the number of compensators;
- enamel coating is a good heat insulator (heat enamel is 80 times lower than that of steel).

Thus, the technology to protect pipelines with enamel coating proposed in this paper can help reduce the operation and maintenance costs by reducing the accident rate of the pipelines.

UDC 662.998

HEAT-INSULATED HEATPROOF CONCRETE

N.A. BABUSHKIN, TPU, Tomsk

Research supervisor assistant professor L.I. MOLODEZHNIKOVA,
academic supervisor, assistant professor T.M. NEKRASOVA-BECKER

Nowadays, the bulk of insulation materials for industrial heating units «Russia» is based on expanded perlite. Expanded perlite is presented in the form of burnt goods, various types of mineral fibers in the form of roll materials as well as products of different forms of organic and inorganic nature. General problem of such materials is their low mechanical strength, which is the reason why they tend to break easily. During their transportation, storage and installation of insulation.

This problem can be solved if we use dry concrete mix when installing heat-insulating-lining. In this project the possibility of producing dry concrete mixtures and products based on them with the service temperature up to 1000–1200 °C for units of the chemical industry, metallurgy and energy has been investigated.

As a porous filler bellied natural perlite was used, which is produced in large quantities at Russia's factories, as well as ligament – hydraulic binders – portland cement, aluminous and high-alumina cements. Special additives were used to control rheological properties.

Samples of selected compositions of concrete mixtures were placed in metal sectional forms with a diameter and height of 50 mm. After the samples had acquired the form they were kept in the forms for 24 hours, and then outside in the air during additional 7 days. Then the samples were heat treated at 1000 and 1200 °C in muffle furnaces for 2 hours. The heat-treated samples were examined to determine linear shrinkage, apparent density and compressive strength.

As a result, we obtained dry concrete mix on the basis of expanded perlite with a maximum service temperature of 1150 °C, relative density of 0,6 to 1,4 g/cm, compressive strength of concrete after drying 5–12 MPa, thermal conductivity 0,06–0,10 W/(m · K) and heat capacity of 0,8–0,9 kJ/(kg · K).

The Designed concrete mixes can be used for thermal insulation of industrial and domestic heating units, with the temperature of the working layer of the lining not exceeding 1000 °C, as well as for fireproof lining to enhance the fire resistance of building structures.

УДК 621.125

ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ НАЗЕМНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ

М.С. ГРАНКИН, А.В. КРИВОХИЖИН, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Г.Н. СИНИЦИНА

Снижение тепловых потерь в тепловых сетях – одна из самых важнейших задач в общей проблеме энергосбережения. Потери могут достигать 10 % и более от полной тепловой энергии.

Для оценки эффективности работы любой системы, в том числе теплоэнергетической, обычно используется обобщенный физический показатель – коэффициент полезного действия (КПД):

$$\text{КПД} = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{потери}} + A_{\text{полезная}}},$$

где $A_{\text{полезная}}$ – полезная работа (энергия); $A_{\text{потери}}$ – непроизводительные потери.

Таким образом, увеличения КПД системы (а значит и повышения ее экономичности) можно достигнуть только снижением величины непроизводительных потерь, возникающих в процессе работы. Это и является главной задачей энергосбережения.

Основными источниками потерь являются: участок производства тепловой энергии (котельная); участок транспортировки тепловой энергии потребителю (трубопроводы тепловых сетей); участок потребления тепловой энергии (отапливаемый объект).

Действующие тепловые сети не удовлетворяют современным требованиям надежности и долговечности ни по качеству строительных конструкций теплопроводов, ни по теплофизическим показателям, т.е. не обеспечивают нормативных значений потерь теплоты, которые составляют 5–7 %. На практике часто встречаются случаи непозволительно высоких потерь, увеличенных по сравнению с нормативными в 2–4 раза.

Решением этой проблемы является замена теплоизолирующего материала на пенополиуретан. Пенополиуретан обладает рядом достоинств: меньшей теплопроводностью, чем минеральная шлаковая вата; не вызывает коррозии стальной трубы; не оказывает негативного воздействия на окружающую среду и т.д.

УДК 697.31

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

П.Д. ГУРКОВ, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. МИХАЙЛОВ

Работа предприятий ЖКХ в условиях современной рыночной экономики определяет особое внимание к вопросам оценки качества одной из основных предоставляемых услуг – централизованному теплоснабжению.

Проведение работ по оценке качества теплоснабжения на объектах ЖКХ является наилучшим способом, позволяющим определить стратегию модернизации существующих систем теплоснабжения с учетом стоимости и сроков окупаемости технических и организационных мероприятий по обеспечению и повышению качества. Поэтому разработка методов анализа качества централизованного теплоснабжения при современном соотношении цен на энергоносители и оборудование является актуальной задачей.

Создать полный перечень показателей качества и измерить их невозможно исходя из какого-либо одного подхода. Разнообразие функционального назначения элементов системы и, следовательно, показателей диктует разнообразие используемых методов оценки.

В современной квалиметрии существует несколько методов обеспечения качества. Специфика каждого метода обуславливает область применения:

– статистические методы обеспечения качества и аппарат индексов пригодности и воспроизводимости – для оценки отклонений параметров от нормативных значений;

– причинно-следственные диаграммы Ишикавы, диаграммы Парето, анализ видов и последствий отказов (FMEA), экспертные методы для формирования перечня показателей и установления их значимости.

- методы Тагути для измерения потерь от нарушений качества;
- структурирование функций качества для оптимизации усилий по повышению качества.

Анализ качества с использованием современных методов позволяет оценить качество с учетом требований потребителя, измерить потери от некачественной работы системы и выработать комплекс мер по повышению качества с наименьшими затратами.

УДК 620.9.003

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

А.В. ДАНИЛОВ, Д.И. АКУЛЬШИН, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. МИХАЙЛОВ

Одним из основных критериев эффективности решения экономических, политических, научно-технических и экономических проблем в любой стране является величина удельных затрат энергии на единицу валового продукта. К сожалению, наша страна по этому показателю значительно уступает развитым странам Запада. Удельные затраты энергии на единицу валового продукта в России выше в настоящее время в два–три раза.

Применение комбинированных установок (КУ) совместного производства тепла и холода дает большой экономический и эксплуатационный эффект, чем схема отдельного их получения. Производство двух энергетических продуктов с помощью КУ приводит к повышению эксергетического КПД по сравнению с холодильными установками и тепловыми насосами в довольно широком диапазоне температур испарения и конденсации. Одним из важных вопросов исследования циклов и показателей работы КУ является анализ вариантов использования различных рабочих тел, как отдельных веществ, так и их смесей. При этом немаловажную роль играет тот факт, что на предприятиях пищевой промышленности существует строгий регламент по применению тех или иных рабочих тел в смысле степени их безопасности.

Существенного повышения эксергетического КПД КУ можно добиться путем применения регенерации теплоты между прямым и обратным потоками рабочего тела. При этом максимальная энергетическая эффективность для большинства рабочих тел достигается

при предельной степени регенерации теплоты. Применение КУ является термодинамически более выгодным способом получения тепла и холода, чем такие альтернативные варианты, как получение холода от холодильной установки, а тепла от ТЭЦ, котельной, газового агрегата, теплового насоса и посредством электрообогрева. Например, при температуре испарения $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре конденсации $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и хладагенте R134a экономия первичной энергии (энергии топлива) по сравнению с наиболее выгодным альтернативным вариантом (холодильная установка и теплонасосная установка) составляет 11 %.

УДК 658

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

М.В. ДОРОШЕНКО, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.И. ВАХИТОВА

Вопросы энергосбережения и экологической безвредности являются основополагающими в топливо-энергетическом секторе.

В настоящий момент усилия многих научно-технических деятелей направлены на решение таких задач, как: энергосбережение, ресурсосбережение, оптимизация, интенсификация технологических процессов, а также вопросы связанные с экологией.

Для решения вышеперечисленных проблем создается совершенно новое оборудование и внедряется в технологические процессы.

Одним из примеров высокоэффективного оборудования служит котел-утилизатор.

Котел-утилизатор – это котел, в конструкции которого нет своей топки, принцип его действия основан на использовании тепла образующегося в процессе каких-либо производственных процессов, например образование горячих газов в металлургической промышленности. Паровые котлы-утилизаторы используют горячие газы в пределах от 350 до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ – при работе с двигателем внутреннего сгорания, от 900 до $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ – при работе с цементными и сталеплавильными печами. Большие паровые котлы утилизаторы имеют все признаки котлоагрегата, кроме приспособлений для сжигания топлива. Для небольшой производительности и невысокого давления применяются газотрубные котлы-утилизаторы или котлы с принудительной циклической циркуляцией.

Мной изучается вопрос эффективного применения котлов-утилизаторов на объектах нефтяной отрасли, что актуально в свете мероприятий по энергосберегающей политике на промышленных объектах.

Для примера возьмем нефтеперерабатывающую промышленность, где при реализации некоторых процессов образуется угарный газ. В целях защиты окружающей среды от загрязнения и получения дополнительной электроэнергии, газ сжигают в котлах утилизаторах. При сгорании газа образуется тепловая энергия, при помощи которой вода, пропускаемая через трубы, превращается в пар. Производительность пара в котлах-утилизаторах напрямую зависит от объема и качества утилизируемого газа.

УДК 621.04.18

МЕТОДИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ НА ПРИМЕРЕ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

А.В. ЖУРОВА, ТПУ, г. Томск

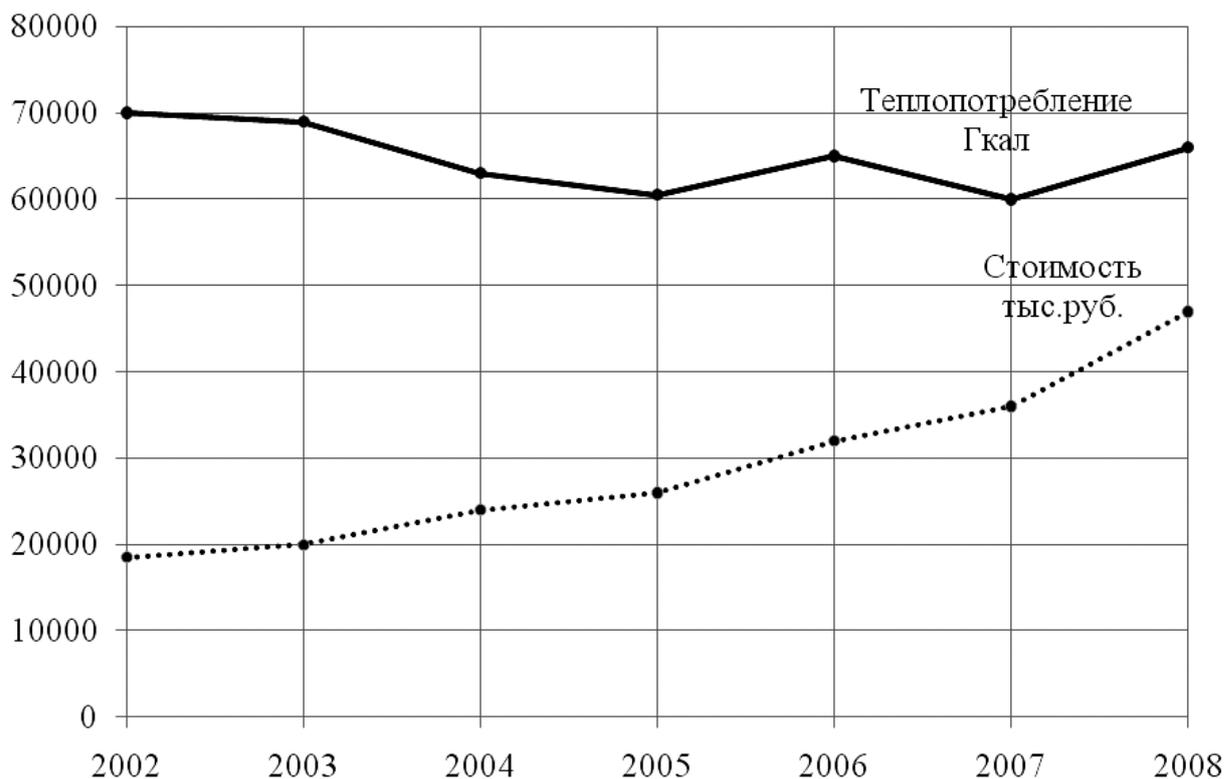
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.Н. КЛИМОВА

В настоящее время отсутствуют методические рекомендации по разработке программ энергосбережения бюджетной сферы, которые бы являлись инструментом для количественного определения ресурсного потенциала и оценки достигнутого уровня эффективности использования имеющихся ресурсов и их всестороннего анализа.

В данной научно-исследовательской работе на примере бюджетной организации оценена работа тепловых узлов, проведено инструментальное обследование зданий ВУЗа, проанализировано энергопотребление по подразделениям и разработаны энергосберегающие мероприятия.

График потребления тепловой энергии ВУЗом за 2002–2008 гг. представлен на рис.

Стоимость потребления тепловой энергии растет ежегодно, поэтому необходимо ввести в ВУЗе систему нормирования потребления энергоресурсов. В качестве основы для нормирования предлагается объем здания – постоянный параметр, не изменяющийся на протяжении многих лет. Изменяющимися показателями энергопотребления будут электроэнергия, тепловая энергия, хозяйственная и питьевая вода, водоотведение.



Потребление тепловой энергии ВУЗа за 2002–2008 гг.

В реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности необходимо в первую очередь направлять усилия и финансовые средства на улучшение работы систем теплоснабжения, повышение теплозащиты зданий, промывку отопительных приборов, регулировку систем отопления.

УДК 536.7

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ В КОТЕЛЬНОМ АГРЕГАТЕ

Л.Н. ИЛЬЯСОВА, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. ст. преп. Г.М. ЗАКИРОВА

Энергоресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Россия не только располагает всеми необходимыми природными ресурсами и интеллектуальным потенциалом для успешного решения своих энергетических проблем, но и объективно является ресурсной базой для европейских

и азиатских государств, экспортируя нефть, нефтепродукты и природный газ в объемах, стратегически значимых для стран-импортеров.

Стратегическая цель энергосбережения – одна, она следует из его определения – это повышение энергоэффективности во всех отраслях, во всех поселениях и в стране в целом. Задача: определить, какими мерами и насколько можно осуществить это повышение. Цели энергосбережения совпадают и с другими целями муниципальных образований, таких как улучшение экологической ситуации, повышение экономичности систем энергоснабжения и др.

Основная привязка проекта происходит к потерям с физическим теплом шлака (в минимальной степени) и: по большей части к потерям от механического недожога, в связи с чем ниже описаны собственно рассматриваемые потери – потери тепла в окружающую среду и с физическим теплом золы и шлака.

Главное направление течение научной мысли в котлостроении должно быть направлено на снижение потерь в котлоагрегате – потери тепла.

Наше рационализаторское предложение направлено на снижение потери q . Конечная цель (в идеале) – снижение потерь тепла до нуля, что в конечном счете должно привести к увеличению КПД котла на 2–4 %.

Рациональное предложение состоит из 3-х частей:

- 1) мембрана-подбрасыватель,
- 2) рециркулятор дымовых газов,
- 3) местное утолщение хвоста котлоагрегата.

Данное рационализаторское предложение может оказаться чрезвычайно полезным и принести немалую экономию материальных средств, если оно будет воплощено в жизнь. В докладе рассматриваются возможности применения недорогих материалов, несущественные изменения в конструкции котельного агрегата (рециркулятор дымовых газов, например, представляет собой вентилятор или воздуходувку, мембрана – металлическая пластина), что делают наше предложение особенно заманчивым для небольших частных котельных, работающих на твердом топливе.

УДК 620.91

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ОРСКОЙ ТЭЦ-1

Г.Ф. КУРМАНГАЛЕЕВА, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. В.В. АЛЕКСАНДРОВ

Орская ТЭЦ-1 – старейшая теплоэлектроцентраль оренбургской энергосистемы. Установленная электрическая мощность 245 МВт. Тепловая мощность 1349 Гкал/час. Турбинное оборудование состоит из 4 турбин.

Котельное оборудование состоит из 5 котлов. Для покрытия пиковых тепловых нагрузок по горячему водоснабжению в зимний период установлены 3 водогрейных котла ПТВМ – 180 и один котел КВГМ–180. Суммарное количество котлов и турбин 13 единиц.

В период с 2000–2007 гг. на ОТЭЦ-1 были проведены следующие энергосберегающие мероприятия:

– применение частотно-регулируемого электропривода на сетевых насосах (СЭН) № 8, № 10, № 14, что позволило снизить расходы электроэнергии до 60 %, исключить возникновение гидравлических ударов в системе трубопроводов и выхода из строя шестеренчатых или ременных передаточных механизмов;

– переводение водораспределения в градирни № 6 с лоткового на напорное (экономический эффект в размере 973 тыс. руб.);

– ввод в эксплуатацию автоматической газораспределительной станции (АГРС-1А), что позволило завершить переход на газ как основной вид топлива;

– ввод в эксплуатацию пикового бойлера на турбоагрегате ст. № 10. Отказ от зимних пусков водогрейных котлов (экономический эффект в размере 239 тыс. руб.);

– внедрение комплекса автоматической системы розжига АСР процесса горения на котле ТГ-84 (ст. № 11). Решение проблемы газовой и температурной несимметрии по уходящим газам.

По полученным данным видно, что наиболее оптимальным направлением энергосбережения на тепловых электрических станциях является внедрение частотно-регулируемого электропривода на сетевых насосах и изменения водораспределения с лоткового на напорное.

УДК 338.28

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Е.О. КУТУМОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р экон. наук, проф. В.И. КОЛИБАБА

В настоящее время в условиях резкого спада промышленного производства и постоянного подорожания энергетических ресурсов многие предприятия оказались в критической ситуации: изношенное производственное оборудование и устаревшие технологии, высокая энергоемкость производства. В этих условиях для сохранения и развития предприятия все очевиднее становится необходимость перехода к инновационным методам хозяйствования, основанным на широком использовании научных разработок, внедрении изобретений, при тесном сотрудничестве с отраслевой и вузовской наукой. Существующие на сегодняшний день инновационные разработки в области энергосбережения, готовые к широкому промышленному применению, позволяют в значительной мере сократить потребление энергоресурсов, за счет снижения непроизводительных потерь, модернизации оборудования и совершенствования технологических процессов, использования вторичных энергоресурсов.

Анализ результатов внедрения ряда инновационных проектов в наиболее энергоемком отделочном производстве текстильной отрасли показывает, насколько высокие технико-экономические показатели достигаются на предприятиях при их тесном сотрудничестве с научными организациями. Реализация энергосберегающих проектов позволяет снизить потребление энергоносителей в различных теплотехнологиях в 2,5–3 раза, повысить производительность технологических линий в 1,5–2 раза при невысоких финансовых затратах и сроках окупаемости от 2 до 10 месяцев. При этом резко возрастают показатели энергоэффективности производства в целом.

Примерами эффективных научно-производственных связей в области энергосбережения может служить многолетний опыт ИГЭУ по внедрению на текстильных предприятиях страны своих научных разработок: 1) оборудование с инфракрасным нагревом для сушки и термообработки тканей; 2) оборудование и технология для

энергосберегающей пропитки тканей; 3) оборудование и технология для комбинированной противоусадочной отделки одежных тканей; 4) теплоутилизаторы для использования теплоты паровоздушных выбросов от сушильных машин и паровых зрельников.

Для комплексной оценки инновационной деятельности предприятия по энергосбережению в ИГЭУ проводятся исследования по разработке экономико-математической модели оценки эффективности энергосберегающих проектов.

УДК 621.311.001

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ
С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ
НА РАБОТУ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Д.А. ЛАПАТЕЕВ, А.В. ЗАЙКОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. ст. преп. Н.Н. СМИРНОВ;

канд. техн. наук, доц. В.М. ЗАХАРОВ

Проблема экономии топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях с каждым годом становится все более актуальной. Существует несколько путей снижения потребления ТЭР, в том числе за счет улучшения показателей работы источника теплоснабжения и транспортной системы, а также снижения расхода теплоты потребителем.

Нами были исследованы энергосберегающие конструкции окон с использованием алюминиевой фольги толщиной 70 мкм в качестве экрана, установленного между стеклами окна, внутри и снаружи помещения (в различных комбинациях). Проведенные опыты показали увеличение приведенного сопротивления теплопередаче на 38–143 % (в зависимости от вариантов) по сравнению с базовым вариантом, в то же время увеличение термического сопротивления светопрозрачной зоны окна составило 65–157 %. Применение такой непрозрачной конструкции целесообразно в темное время суток, которое является доминирующим в течение отопительного периода практически на всей территории России. Стационарный режим при испытании окон достигался через 15–20 минут после внесения изменений в конструкцию, а при испытании фрагмента стены с экранами – лишь только через 3 суток.

Была создана физико-математическая модель регулирования системы отопления и освещения здания с управляемым сопротивлением ограждающих конструкций и реализована в программах Phoenix VR и Mathcad.

На основании проведенных испытаний и математического моделирования был разработан проект реконструкции производственных цехов промышленного предприятия с высоким значением остекления наружных стен. Полученные результаты показали существенную годовую экономию тепловой (8–21 %) и электрической энергии (5–16 %) при использовании на промышленном предприятии ограждающих конструкций с «регулируемым» сопротивлением теплопередаче.

УДК 697.34

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

А.А. МЕДВЕДЕВА, И.О. ШАУЛКО, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ГАЛКОВСКИЙ

В настоящее время одним из слабых мест Российской теплоэнергетики являются тепловые сети, которые не удовлетворяют современным требованиям надежности и долговечности не по качеству строительных конструкций теплопроводов, не по теплофизическим показателям, т.е. не обеспечивают нормативных значений потерь теплоты.

Большой интерес представляет оценка влияния объемной влажности грунта и изоляции на тепловые потоки в зоне подземных канальных и бесканальных теплопроводов, а также оценка вероятности отказа участка тепловой сети в зависимости от различных разрушающих факторов (сухого или влажного грунта, наличие или отсутствие блуждающих токов, типа тепловой изоляции).

В рамках научно-исследовательской работы авторами были проведены:

– гидравлический расчет реальной тепловой сети (№ 3(01) Смоленскэнерго, г. Смоленск) с целью определения оптимальных скоростей движения теплоносителя и оптимальной толщины тепловой изоляции для пяти наиболее распространенных теплоизоляционных материалов (армопенобетона, фенольного поропласта, битумоперлита, полимербетона и минеральной ваты);

– расчет прогноза затрат на аварийно-восстановительные работы на тепловой сети при данном потоке отказов;

– вычисление вероятности отказа трубопровода в зависимости от его диаметра, вероятность отказа отдельно каждого участка тепловой сети, проложенного в непроходном канале, в зависимости от условий прокладки;

– на основе полученных данных была определена общая вероятность отказа всех участков тепловой сети, проложенных в непроходных каналах, в зависимости от условий прокладки.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы: для рассмотренной тепловой сети наиболее эффективными теплоизоляционными материалами являются полимербетон и армопенобетон, которые имеют примерно одинаковую оптимальную толщину теплоизоляционного слоя.

УДК 611.321

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА УСТАНОВОК С ГАЗИФИКАЦИЕЙ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

А.Н. МРАКИН, СГТУ, г. Саратов

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.Е. НИКОЛАЕВ

Важнейшей задачей энергетики страны является осуществление планов Энергетической стратегии России до 2020 года в направлении увеличения твердого топлива для производства различных энергоносителей. Наиболее перспективной является технология автотермической газификации угольной пыли в поточных газогенераторах на парокислородном дутье, обеспечивающая комбинированное производство синтез-газа, электроэнергии, теплоты и других полезных продуктов при существенном сокращении вредных выбросов в окружающую среду.

Генераторный газ, выходящий из газогенератора, имеет не только высокую температуру (1450–1600 °С), но и содержит коррозионно-активные ингредиенты. Утилизацию теплоты газа предложено осуществлять в двух котлах-утилизаторах (КУ), между которыми устанавливается система фильтров с засыпкой СаО. Параметры генерируемого пара в КУ, используемые для выработки электроэнергии, необходимо выбирать оптимальными. Для этого разработана методика оптимизации давления пара в КУ-1 и КУ-2, учитывающая изменение

электрической мощности турбины, эксплуатационные и единовременные затраты в элементы энергетической установки, ограничения на температурные напоры котлов, применяемые марки сталей для изготовления поверхностей теплообмена, температуру газов по условиям очистки газов. В качестве критерия оптимизации принят прирост интегрального эффекта энергетической части установки за срок службы:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ин}} = \sum_{t=1}^T (c_3 \Delta \mathcal{E}_t - p \Delta K)(1 + E)^{-t} - \Delta K,$$

где c_3 – стоимость электроэнергии; $\Delta \mathcal{E}_t$ – прирост годовой выработки электроэнергии в год t ; p – коэффициент, учитывающий отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание КУ и энергетической установки; E – норма дисконта; ΔK – изменение капиталовложений в КУ и элементы энергетической установки.

При расчете капиталовложений учитывалось изменение стоимости КУ, паровой турбины, электрогенератора и вспомогательного оборудования.

Разработан алгоритм и блок-схема оптимизации параметров пара в котлах-утилизаторах, выполнены технико-экономические расчеты. Как показали расчеты, оптимальные давления пара в КУ-1 и КУ-2 находятся в области докритических давлений свежего пара.

УДК 536.7

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ЭКРАНЫ

Н.В. МУШТАКОВА, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. ст. преп. Г.М. ЗАКИРОВА

Динамика развития экономики определяется необходимостью рационального расхода энергии, снижения ее удельных затрат во всех сферах человеческой деятельности. Для успешного решения проблемы энергосбережения в строительстве необходимо весьма значительное повышение теплозащитных свойств конструкций путем широкого внедрения в практику проектирования и строительства высокоэффективных теплоизоляционных материалов.

Актуальной проблемой в настоящее время является излучение – это процесс распространения электромагнитных волн, испускаемых телом

при преобразовании внутренней энергии тела в результате внутримолекулярных и внутриатомных возмущений в лучистую энергию. Поэтому в теплоэнергетической промышленности для уменьшения лучистого теплообмена, устанавливают экраны, которые защищали бы людей от этой излучательности.

Теплозащитные экраны применяют для локализации источников лучистой теплоты, уменьшения облученности на рабочих местах и снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способностью. В зависимости от того, какая способность экрана более выражена, различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. По степени прозрачности экраны делят на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

К первому классу относят металлические водоохлаждаемые и футерированные асбестовые, альфалиевые, алюминиевые экраны; ко второму – экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой; все эти экраны могут орошаться водяной пленкой. Третий класс составляют экраны из различных стекол: силикатного, кварцевого и органического, бесцветного, окрашенного и металлизированного, пленочные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы.

Предлагаемые в докладе теплоизоляционные материалы отвечают всем современным требованиям, предъявляемым к современным теплоизоляционным материалам по всему спектру технологических свойств и характеристик.

Особенности защиты от излучения, на основе экранов, значительно уменьшают облученность на рабочих местах и снижают температуры поверхностей, окружающих рабочее место.

УДК 677: 621.1.016.4

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.В. НОВИКОВ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.К. ПЫЖОВ

В наше время очень остро встает вопрос повышения эффективности производства и энергосбережения на предприятиях текстильной

промышленности. Примером типичного предприятия в этой области является ООО УК «Тейковский ХБК» (г. Тейково Ивановской области).

Четыре года назад в здании новой отделочной фабрики было установлено новейшее оборудование иностранного производства, что позволило расширить ассортимент выпускаемой продукции. Однако многие проблемы, связанные с энергосбережением на данном предприятии устранить так и не удалось. Одна из причин этого – неэффективная работа систем поддержания технологического и комфортного микроклимата.

В новой отделочной фабрике существенными недостатками обладают общеобменная и местная вытяжная вентиляционные системы. В настоящее время значительная часть производственной площади не вентилируется. Это приводит к безвозвратным энергетическим потерям на работающем оборудовании и отрицательно сказывается на условиях труда работников.

В настоящее время автором разрабатывается математическая модель режимов работы оборудования в новой отделочной фабрике. Она включает в себя не только все значимые параметры технологических процессов отделки тканей, но и параметры микроклимата производственных помещений. Благодаря модели уже сейчас можно определить направления для оптимизации технологических режимов и систем микроклимата.

Одним из возможных решений является оптимизация существующей системы поддержания микроклимата в здании новой отделочной фабрики. Оптимизированные приточно-вытяжные системы, позволят создавать в помещении параметры заданного уровня.

Еще одним направлением улучшения существующей ситуации является изменение технологических режимов отделки ткани. В настоящее время процесс отбеливания и сушки сопровождается обильным испарением влаги и токсичных химических соединений, используемых в технологическом процессе, что негативно влияет на здоровье работников. Необходимо внести изменения в технологическую цепочку для снижения влажности ткани и уменьшения испарений.

В результате вышеизложенного можно сделать вывод, что разрабатываемая математическая модель позволит оптимизировать работу оборудования и систем поддержания микроклимата. К тому же она может быть использована на других предприятиях текстильной промышленности.

УДК 621.1.65(0,75.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛЮЧЕННОЙ ТУРБИНЫ НА ТЭЦ

Н.В. ПИХОВКИНА, С.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

В данной работе объектом исследования выступала ТЭЦ, в состав которой входят: котельный агрегат БКЗ-420-140 ПТ, совместно с турбиной ПТ-80/100-130/13, и четыре котельных агрегата БКЗ-75-39ФБ, входящие в состав пиковой котельной ТЭЦ. По условиям надежности в холодное время года (ноябрь–февраль) включается в работу один из котлов БКЗ-75-39ФБ со среднечасовой нагрузкой 30 т/ч. Остальные котлы находятся в резерве и могут использоваться при останове агрегат БКЗ-420, для работы на собственные нужды и на теплоснабжение потребителей.

Энергоблок ТЭЦ запущен в эксплуатацию в 1997 году и работает в ОЭС Сибири.

Турбина рассчитана на работу с производственным отбором после цилиндра высокого давления с расходом пара 185 т/ч, но в связи с сокращением производства у основного потребителя, пар с турбины на производство не отбирается. Это в свою очередь не позволяет загрузить турбину на номинальную нагрузку, так как цилиндры среднего и низкого давления и конденсатор не рассчитаны на пропуск такого количества пара, которое получается при номинальной загрузке цилиндра высокого давления и при отсутствии производственного отбора.

Для повышения мощности ТЭЦ и эффективного использования возможностей турбины предлагается установить приключенную турбину Т-30/50-1,28, работающую на паре из производственного отбора турбины ПТ-80/100-130/13 и на редуцированном паре 13 кгс/см² с котлов пиковой котельной.

Согласно расчетам монтаж приключенной турбины позволит увеличить установленную электрическую мощность ТЭЦ; увеличить выработку электроэнергии с 434941 до 663158 тыс. кВтч; позволит загрузить котлы БКЗ-75 и приблизить нагрузку котла БКЗ-420 к номинальной; повысить надежность энергоснабжения. Также установка этой турбины позволит снизить себестоимость производства 1 кВтч электрической энергии с 0,616 до 0,584 руб. и 1 Гкал тепла с 295,4 до 257,9 руб.

УДК 621.186.2

АНАЛИЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

С.В. РАХМАТУЛИН, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.С. ЛОГИНОВ

Тепловые сети, являясь составной частью системы централизованного теплоснабжения современных городов, представляют собой сложные инженерные сооружения, предназначены для транспортировки тепловой энергии от источников тепла к потребителям.

В системе централизованного теплоснабжения России находится в эксплуатации 160 тыс. км тепловых сетей в двухтрубном исчислении. Тепловые потери в трубопроводах магистральных тепловых сетей составляют около 10–11 % произведенной энергии, а суммарные потери с учетом распределенных сетей – до 30 %.

Целью моей работы является анализ и изучение характеристик теплоизоляционных материалов.

Работа направлена на выбор эффективного и современного изоляционного материала. Одним из таких является базальтовое волокно, которое имеет ряд преимуществ по сравнению с другими изоляционными материалами:

- эксплуатационная долговечность (срок службы материалов из базальтового волокна в несколько раз выше, чем изделий из минеральной ваты и достигает 30–40 лет);
- пожарная безопасность (группа горючести НГ);
- стойкость к агрессивным химическим средам, не накапливает радиацию, биостойкость (неподверженность грибку и плесени);
- экологичность (не содержит органических, канцерогенных и горючих веществ);
- устойчив к ультрафиолету и вибрации;
- не колется как стекловата и шлаковата.

В заключение следует сказать, что повышение энергоэффективности изолируемых объектов, совершенствование нормативной базы, а также методов и средств расчета и проектирования тепловой изоляции, расширение номенклатуры и повышение качества применяемых теплоизоляционных и покровных материалов являются реальным вкладом в решение проблемы энергосбережения и экономии топливно-энергетических ресурсов в энергетике, промышленности и ЖКХ России.

УДК 658.26:621.311.017

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Г.А. РОДИОНОВ, М.В. ДАНКОВ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. БУХМИРОВ

В октябре 2009 г. было проведено энергетическое обследование (энергоаудит) зданий и сооружений ГОУ ВПО ИГЭУ. В ходе обследования были проверены договорные отношения с энергоснабжающими организациями. Все договора заключены правильно. В результате документального обследования было выявлено следующие процентное соотношение финансовых затрат на ТЭР: электроэнергия – 53 %; природный газ – 39 %; водопроводная вода – 8 %. Проанализировав эти данные можно сделать вывод, что наибольший потенциал экономии находится в организации электроснабжения ИГЭУ.

При проведении инструментального обследования выполнены замеры температуры, влажности, освещенности в помещениях, а также сняты графики нагрузки на питающих трансформаторных подстанциях и проверено качество поставляемой электроэнергии. В целом здания и сооружения ИГЭУ энергоэффективны, за исключением корпуса «В» ИГЭУ, т.к. по расчетам термическое сопротивление строительных ограждений в 7 раз ниже нормативных значений. Большинство ламп в ИГЭУ заменены на энергоэффективные люминесцентные лампы, однако освещение работает вне зависимости от естественного освещения и присутствия людей в аудиториях.

Анализ графиков электрической нагрузки на трансформаторных подстанциях показал, что трансформаторы загружены не более чем на 56 %, а на ТП-849 меньше чем на 9 %. Для минимизации потерь холостого хода необходимо выполнить переключение нагрузки.

Анализ потребления холодной воды показал, что перерасход в среднем по ВУЗу составляет 200 %. С целью снижения потребления водопроводной воды до нормативного уровня необходимо исключить непроизводительные утечки и нецелевое расходование воды.

Тепловизионное обследование трансформаторных подстанций выявило дефекты контактных соединений на фидерах.

Сравнивая основные показатели энергоэффективности зданий и сооружений ИГЭУ со среднестатистическими данными по России,

можно сделать вывод о том, что, во-первых, энергоуниверситет относится к группе организаций со средней энергоэффективностью и, во-вторых, потенциал энергосбережения ВУЗа исчерпан не полностью.

УДК 620.9

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОВОЙ НАДСТРОЙКИ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА И ВЫРАБОТКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Е.С. САДОВНИКОВ, Н.В. ПИХОВКИНА, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Реконструкция отопительной котельной в мини-ТЭЦ с установкой газотурбинной надстройки с утилизацией тепла в водогрейном котле относится к энергосберегающим технологиям комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Перспективы подобных проектов широки и актуальны в сфере нынешнего развития экономики, как теплоэнергетического комплекса, так и всей экономической структуры.

Модернизация котельной посредством установки газовой турбины позволяет к тому же более эффективно использовать применяемое топливо – природный газ. Улучшение экологических показателей работы теплоисточника также относится к преимуществам реализуемого решения.

Цель данной работы заключалась в реконструкции Кировской районной отопительной котельной г. Омска с установкой газотурбинной надстройки с утилизацией тепла в водогрейном котле КВГМ-100.

Расчеты выполнены для микрорайонов Левобережья как основного потребителя тепловой энергии в г. Омске.

Таким образом, было выявлено, что после реконструкции теплопроизводительность котельной увеличится на 10 Гкал/ч, поскольку демонтаж трех котлов марки ПТВМ-30 суммарной теплопроизводительностью 90 Гкал/ч с заменой их одним котлом КВГМ-100 увеличит тепловую мощность котельной. Водогрейный котел КВГМ-100 предполагается устанавливать в сопряжении с газовой турбиной ГТУ-50-800 для последующей когенерации.

Установленная электрическая мощность турбины позволит реализовывать потребителям в год 291,540 млн кВт·ч электроэнергии (с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды котельной) и 448,910 тыс. Гкал тепла.

Расчет технико-экономических показателей работы реконструируемой котельной показал, что при внедрении данного проекта срок окупаемости составит 4,4 года (что не превышает нормативный срок окупаемости – 6,7 лет), а себестоимость вырабатываемой электроэнергии составит 0,85 руб./кВт·ч.

УДК 620.91

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ МУП ОПТС

Е.А. САРАЕВА, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск

Науч. рук. В.В. АЛЕКСАНДРОВ

Муниципальное унитарное предприятие Орские тепловые сети (МУП ОПТС) осуществляет передачу тепловой энергии абонентам от Орской ТЭЦ-1 и других ведомственных котельных, производит выработку тепловой энергии собственными котельными. На балансе и в эксплуатации предприятия находятся: тепловые сети – 290 км в трехтрубном исполнении, 11 коммунальных, 34 центральных тепловых пункта.

Основными энергосберегающими мероприятиями, внедренными с 2000 по 2009 гг. на МУП ОПТС являются:

– замена узлов учета тепловой энергии, газа, воды и электрической энергии на семи из одиннадцати котельных фирмы «Взлет» (экономия тепловой энергии до 30 %, до 15 % газа, до 30 % исходной воды, 25 % электроэнергии);

– установка блочно-модульных котельных;

– замена кожухотрубчатых теплообменников на пластинчатые на трех центральных тепловых пунктах (экономия тепловой энергии 20 %);

– внедрение новой технологии подготовки воды комплексонатами – предотвращение коррозии тепловых сетей, поверхностей нагрева котлов, теплообменного оборудования (экономия эксплуатационных затрат на подготовку подпиточной воды на 77 %);

– применение регуляторов частоты вращения электроприводов насосов. Регуляторы установлены на пяти ЦТП (обеспечивает бесперебойное снабжение горячей водой, снижение электропотребления на 32 %);

– установлены три быстродействующих сливных клапана БСК200, дающих 100 % гарантии от разрывов внутренних систем отопления;

– массовая замена труб на трубопроводы с пенополимерминеральной изоляцией (сокращение потерь тепловой энергии в 2–3 раза).

Наиболее эффективными мероприятиями по энергосбережению являются применение регуляторов частоты вращения электроприводов насосов, замена узлов учета тепловой энергии, внедрение новой технологии подготовки воды. Широкое внедрение данных технологий на предприятиях передачи тепловой энергии позволит сэкономить по расчетным данным около 14,8 % тепловой энергии.

УДК 697.92

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ

Ю.А. СОЛДАТЕНКОВА, А.А. СКОРОДУЛИНА, СФМЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. МИХАЙЛОВ

В настоящее время большинство промышленных предприятий оснащено системами воздухообеспечения. На производство сжатого воздуха затрачивается 5 % общего расхода электроэнергии на металлургических заводах и до 25–30 % на машиностроительных предприятиях и в горнодобывающей промышленности. При использовании электрического привода компрессоров удельный расход энергии на производство 1000 м^3 сжатого воздуха составляет от 80 до 140 кВт · ч (в зависимости от давления сжатого воздуха, типа компрессорных машин, условий охлаждения и т.д.).

Компрессоры должны с максимальным КПД обеспечить необходимый расход и напор воздуха у потребителя. Промежуточное охлаждение позволяет снизить затраты энергии на сжатие воздуха. Увеличение температуры всасываемого компрессором воздуха на каждые 4 °С увеличивает расход энергии на 1 % и наоборот.

В работе разработана схема утилизации энергии системы охлаждения с помощью абсорбционной холодильной установки.

Тепло от компрессора поступает в холодильную установку абсорбционного типа в качестве теплоты для подогрева раствора в генераторе, а холод, вырабатываемый этой абсорбционной установкой, идет на охлаждение воздуха в межсекционных холодильниках. Воздух между ступенями охлаждается до 28 °С, что позволяет уменьшить расход энергии на сжатие на 3 % по сравнению с традиционным охлаждением в градирне.

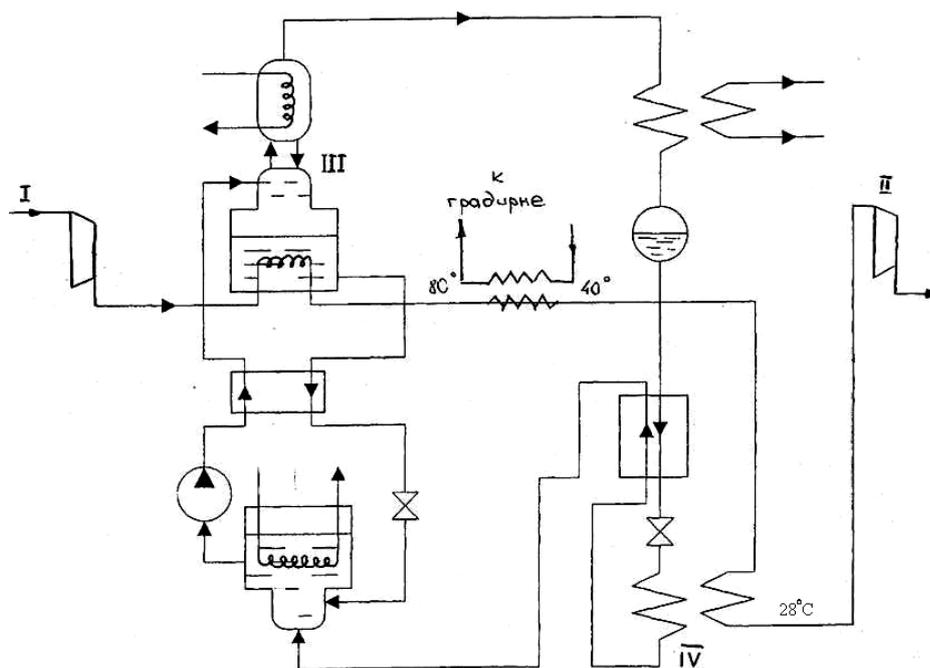


Схема двухступенчатой абсорбционной холодильной установки:
 I – первая ступень компрессора; II – вторая ступень компрессора;
 III – генератор абсорбционной холодильной установки;
 IV – испаритель абсорбционной холодильной установки

УДК 621.184.8

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

В.В. ТИХОНОВА, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ГАЛКОВСКИЙ

В настоящее время существует большое количество различных вариантов теплоснабжения зданий, как применяемых на практике, так и экспериментальных. При реальной рыночной экономике в России требуются новые радикальные подходы к проблеме снижения имеющихся затрат на отопление и горячее водоснабжение в коммунальном хозяйстве. Возникли реальные экономические стимулы для энергосбережения. Во многих случаях на первый план выступают требования экологической чистоты систем теплоснабжения.

В существующих условиях тепловые насосы имеют перспективу расширенного применения. Важнейшее свойство теплонасосных установок (ТНУ) – производить энергии больше, чем потреблять, а также

способность теплонасосных систем накапливать и многократно перерабатывать тепловую энергию, что дает возможность использовать многие альтернативные источники энергии в теплоснабжении, компенсируя их недостатки и оптимизируя характеристики.

При использовании ТНУ в качестве индивидуального источника тепла для отопления зданий возникает ряд вопросов, которые требуют особого внимания. Например, нет четких рекомендаций по применению конкретной схемы ТНУ в зависимости от типа здания и его назначения. Для решения данной проблемы необходимо проведение анализа эффективности использования различных схем ТНУ, в зависимости от нагрузки здания на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Другим вопросом является обоснование выбора низкопотенциального источника тепла, что особенно важно при теплоснабжении жилищно-коммунального сектора.

На сегодняшний день в рамках научно-исследовательской работы проведен анализ применения одноступенчатой и каскадной ТНУ с рабочими агентами R11, R22, R134a и R401a для теплоснабжения общественного одноэтажного здания. Полученные графики зависимости коэффициента трансформации тепла и электрической мощности компрессора от тепловой нагрузки на отопление позволяют сделать выводы о целесообразности применения конкретных типов ТНУ и рабочих агентов.

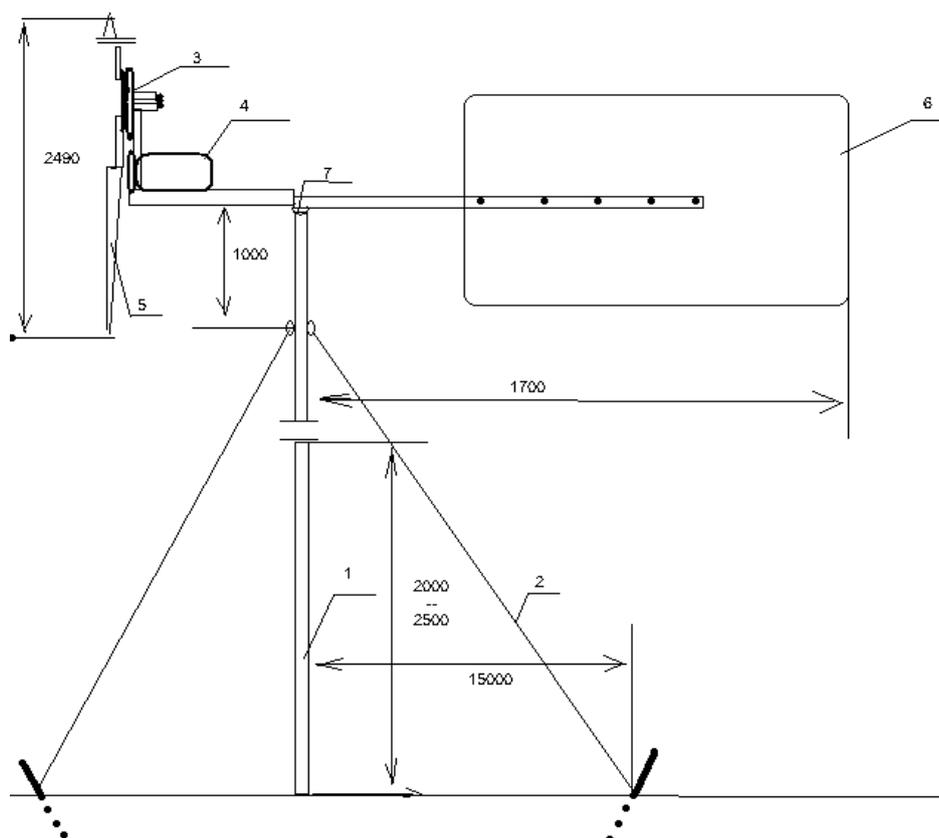
УДК 621.313

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА СВОИМИ РУКАМИ

**В.В. ШМАРГИЛО, КраПЕК, г. Краснодон, Украина
Науч. рук. асп. С.С. ЗЕЛИНСКИЙ**

Назначение этой установки – ветроэнергетическая. Ей не нужны ни уголь, ни газ, ни нефть, ни другие энергоносители. Хороший генератор должен иметь небольшую частоту вращения, а смонтированный вместе с пропеллером способен производить достаточное количество энергии даже при небольшой скорости ветра. Более мощные генераторы не подойдут, они будут работать с недогрузкой. Правильно сделанный ветряной агрегат при хорошем обслуживании работает как минимум 5–7 лет без особых затрат. Он вырабатывает электроэнергию, достаточную для освещения двух-трех комнат, а если сделать или приобрести преобразователь напряжения, то можно обеспечить электроэнергией и соседей.

Основным элементом ветроэлектрической установки является ветряк. Маломощные агрегаты, как правило, монтируют на столбе и контролируют растяжками. Изготавливая ветроэлектрический агрегат, необходимо правильно подобрать генератор, выпрямитель и регулятор тока, установить размеры ветряка, качественно изготовить его лопасти, выбрать регулятор частоты вращения. Для большей пользы от ветряка можно не только заряжать батареи, а также приспособить его выполнять функции водяного насоса.



Ветроэлектрическая установка: 1 – мачта (вышка); 2 – растяжка; 3 – редуктор;
4 – генератор; 5 – лопасть; 6 – хвост; 7 – поворотный механизм

При выборе необходимой мощности ветроагрегата нужно учитывать силу ветра. В основном, на Украине в Краснодарском районе среднегодовая скорость ветра не превышает 5 м/с. Мощность и частота вращения ветродвигателя должны быть рассчитаны на скорость ветра, при которой ветроагрегат дает максимальную выработку на протяжении всего года. В районах со среднегодовой скоростью ветра 3–5 м/с она равна 8 м/с. На такую скорость принято рассчитывать мощность и максимальную частоту вращения ветродвигателя. Это означает, что мощность и частота вращения ветродвигателя при скорости более 8 м/с должна быть

практически постоянными. При постоянном ветре и правильно подобранных углах лопастей пропеллера ветряк вырабатывает напряжение 40–70 (В), сила тока равна 7–10 (А).

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО НАПРАВЛЕНИЯ РЕАКЦИИ ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКА СКЭПТ-ЭНБ *n*-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛОМ МЕТОДОМ DFT ВЗЛУР

И.А. ЗАКИРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Каучук СКЭПТ-ЭНБ выбран в качестве перспективного объекта исследований, как новый термостабильный композиционный материал низкотемпературной вулканизации для нужд промышленности и энергетики.

Ранее нами было сделано предположение о трех вероятных путях реакции присоединения *n*-динитрозобензола к каучуку СКЭПТ-ЭНБ. Неисследованным оставался третий путь механизма присоединения и энергетических эффектов данной реакции.

Было обнаружено, что третье направление реакции присоединения проходит по внециклическому α -С-Н атому водорода звена ЭНБ.

Полученные расчетные данные позволяют представить начальные акты взаимодействия реакционного центра через образование новой С–N связи из переходного состояния, в следствии сигматропного сдвига протона от внециклического α -метиленового атома водорода звена ЭНБ к кислороду нитрозогруппы. При этом образуется конечный продукт присоединения – производный вторичный гидроксиламин с экзотермическим эффектом реакции $H_{\text{реакц}} = -0,45$ ккал/моль, $\Delta G_{\text{реакц}} = -3,96$ ккал/моль, что указывает на возможность самопроизвольного хода реакции.

Таким образом, все три пути присоединения имеют экзотермический эффект и дают теоретическую возможность разработки композиций холодной вулканизации на основе каучука СКЭПТ-ЭНБ и динитрозогенерирующих систем.

УДК 678:675.92

**РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ
РЕАКЦИИ ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКА СКЭПТ-ДЦПД
ПАРА-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛОМ
НА ПРИМЕРЕ 3,4-ДИМЕТИЛЦИКЛОПЕНТЕНА**

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

Разработка новых материалов и дальнейший прогноз ряда свойств требует поиска адекватной, достаточно надежной модели, в этом плане в последнее время оказался эффективным квантово-химический метод теории функционала плотности DFT B3LYP, со стандартным базисом 6-31 G(d), позволяющий теоретически оценить термодинамические эффекты процессов, делать прогнозы реакционной способности модельных структур.

Этилен-пропилен-диеновые каучуки (СКЭПТ) являются основой разработки и внедрения в промышленность ряда перспективных гидро-электроизоляционных материалов, вследствие этого, СКЭПТ был выбран нами в качестве основы модельных расчетов, на примере модельной структуры 3,4-диметилциклопентена и последующих разработок композитов.

Нами впервые была определена возможность двух путей реакции присоединения 3,4-диметилциклопентена с пара-динитрозобензолом ПДНБ через переходные состояния TS-1 и TS-2. Спуски по координате реакций из найденных переходных состояний привели к исходным комплексам ПДНБ – 3,4-диметилциклопентену и продуктам реакции, что подтвердило истинность найденных TS-1, TS-2 и координат реакций.

Шестичленный активационный комплекс TS-1 характеризуется следующими активационными параметрами: энтальпия и энергия Гиббса $\Delta H^\ddagger = 20,0$ ккал/моль, $\Delta G^\ddagger = 25,0$ ккал/моль, одной мнимой отрицательной частотой колебаний $\nu = -1184 \text{ см}^{-1}$, с последующим образованием производного гидроксиламина характеризующегося экзотермическим эффектом реакции $\Delta G = -16,91$ ккал/моль.

Активированный комплекс TS-2 характеризуется трехчленным переходным состоянием оксазиридинового типа с $\Delta H^\ddagger = 14,92$ ккал/моль, $\Delta G^\ddagger = 20,24$ ккал/моль и мнимой отрицательной частотой колебаний $\nu = -317 \text{ см}^{-1}$ с последующим образованием продукта присоединения

производного оксазиридина с эндотермическим эффектом реакции $\Delta G = 15,78$ ккал/моль.

Полученные данные позволили построить координаты начальной стадии модельной реакции вулканизации СКЭПТ-ДЦПД, определить ее активационные параметры, теплоты реакции, и установить путь реакции через энергетически более выгодное переходное состояние TS-1.

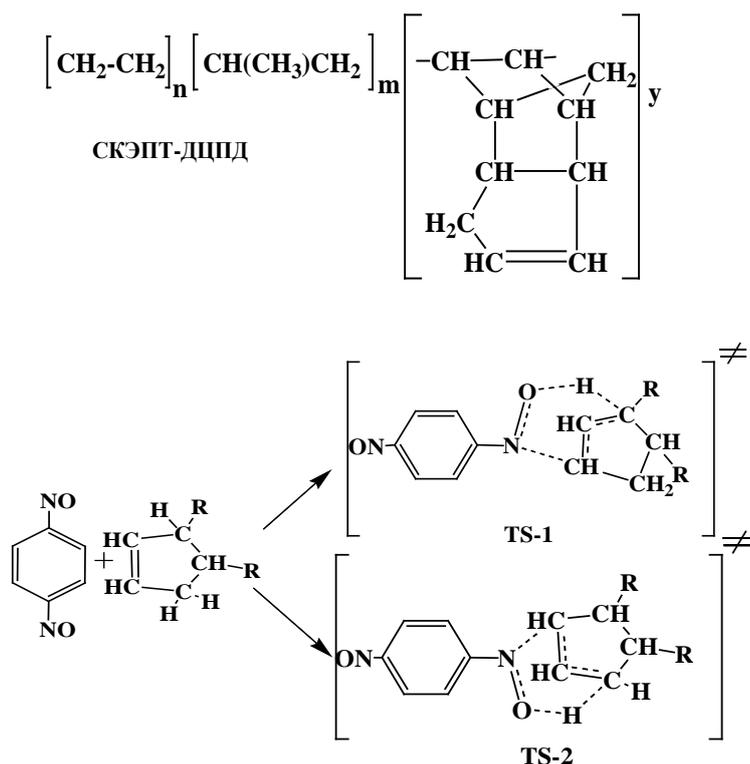
УДК 678:675.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СКЭПТ-ДЦПД ХОЛОДНОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ

М.Р. АХМЕТШИН, А.А. МОРЯШОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Из атмосферостойких каучуков представляет интерес этиленпропилендиеновый каучук с третьим сополимером-дициклопентадиеном (СКЭПТ-ДЦПД), который способен вступать в реакцию присоединения с С-нитрозосоединениями по непредельному дициклопента-диеновому звену, приводящую в конечном итоге к сшивке, или вулканизации каучука при низких температурах. Первичные акты реакции показаны на схеме:



Нами определялась электрическая прочность резиновых покрытий холодной (энергосберегающей) вулканизации на основе СКЭПТ-ДЦПД, пара-хинондиоксида и двуокиси марганца по величине пробивного напряжения $U_{пр}$, кВ. Для измерения электрической прочности модельного состава использовался лабораторный стенд АИД-70 КГЭУ. Измерение осуществлялось посредством подачи на испытуемый объект высокого напряжения синусоидальной формы частотой 50 Гц с контролем тока, потребляемого нагрузкой.

Проведенные тестовые исследования, направленные на определение величины пробивного напряжения стеклоткани, покрытой вулканизированной СКЭПТ-ДЦПД резиной, толщиной 1,6 мм, показали среднеарифметическую величину $U_{пр} = 19,3$ кВ.

Результаты указывают на удовлетворительные характеристики величины $U_{пр}$, а также на перспективу оптимизации состава композитов на основе СКЭПТ-ДЦПД с последующим использованием данного материала, например, в ремонтных работах высоковольтного или теплоэнергетического оборудования, систем гидроизоляции.

УДК 621.694.2, 622.273.8

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНВЕРСИИ ФАЗ В СТРУЙНЫХ АППАРАТАХ

Г.И. МУБАРАКШИНА, М.А. КУЗНЕЦОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Я. МУТРИСКОВ

В промышленных системах нефтегазосбора основой многих процессов подготовки нефти и газа служат многофазные системы. Наличие многофазных потоков с изменяющимися физическими свойствами осложняют процессы разделения систем на фазы, распределения потоков. Стабильность таких систем недостаточно изучена.

При использовании газонасыщенной нефти в качестве активной струи в струйном массообменном аппарате на массообмен будут оказывать влияние следующие поверхностные явления: а) образование газовой фазы в первоначально однородной нефти, обусловленное градиентом давления; б) появление адсорбционного слоя ПАВ на поверхности раздела фаз; в) механическое разрушение газонасыщенного нефтяного потока с образованием развитой поверхности множества капель.

От устойчивости газонасыщенных водонефтяных эмульсий, зависит эффективность работы установок с инжекторными блоками. Нами обнаружено обращение фаз в газо-водо-нефтяной системе по мере роста обводненности нефти. Наличие воды в нефти влияет на газонасыщенность системы.

Газонасыщенность трехфазной системы значительно меньше газонасыщенности двухфазной системы. Таким образом, газонасыщение эмульсий происходит до определенного предела, поэтому накопление свободного газа в обводненной нефти может идти только до определенной величины, а затем возможно спонтанное разгазирование.

Удерживающая способность трехфазной системы по жидким фазам практически не зависит от расходов жидких фаз. Это свидетельствует о том, что происходит стабилизация системы и ее устойчивость не меняется при изменении нагрузок по жидким фазам. Отсюда, можно в какой-то мере объяснить устойчивость промежуточного слоя, образующегося при деэмульсации нефтей.

УДК 621 (075.32)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Л.А. НАЗИПОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.М. ГУСЯЧКИН

В нашей стране, самой богатой всеми видами энергоресурсов, стоимость топлива только растет, вместе с этим растут и расходы на отопление наших жилищ. Однако и в наших домах можно экономить, сейчас существуют современные технологии, которые могут помочь экономить на отоплении и горячем водоснабжении. Одним из эффективных способов снижения затрат на теплоснабжение является автоматическое регулирование подачи теплоты, так как позволяет организовать регулирование и коммерческий учет реализованной теплоты. Только при его наличии у потребителя возникают экономическая заинтересованность и физическая возможность осуществлять сбережение тепловой энергии.

В 2005 году в КГЭУ в рамках программы энергосбережения в образовательных учреждениях были установлены счетчики тепловой энергии, в том числе и в общежитии КГЭУ. После этого

сразу уменьшились расходы на оплату израсходованной теплоты. Но регулирование подачи теплоты в отопительные системы в соответствии с температурой наружного воздуха производится не всегда качественно.

Нами был произведен анализ соответствия отпущенной теплоты на отопление общежития КГЭУ температуре наружного воздуха за отопительные периоды четырех последних лет. Для этого по среднемесячным температурам наружного воздуха этого времени (по данным гидрометеоцентра) нами была определена потребность в тепловой энергии для поддержания температуры воздуха в помещении общежития в соответствии с СНиП.

Сравнительный анализ этих данных с показаниями теплосчетчиков, установленных в узле управления общежития, показывает, что практически в течение всего этого периода израсходованная тепловая энергия была выше требуемой.

Следовательно, значительная экономия тепловой энергии может быть доступна путем точного регулирования подачи теплоты в отопительные системы в соответствии с температурой наружного воздуха. Это может быть достигнуто внедрением автоматических устройств.

УДК 543.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СЕТЕВОЙ ВОДЫ БЕСКОНТАКТНЫМ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИБОРОМ

О.В. ИЛЬИН, КГЭУ, г. Казань

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

Качество воды – причина многих серьезных проблем, возникающих в сетях водо- и теплоснабжения. Самыми распространенными среди них является коррозия, накипь и отложения. Правильный выбор химической водоподготовки помогает избежать этих проблем. При работе котла происходит постоянное накопление солей жесткости, неорганических соединений кальция и магния, отложения которых вызывают известные нежелательные последствия.

В связи с этим, непрерывный контроль качества воды является актуальной проблемой.

На наш взгляд, перспективным направлением непрерывного контроля качества воды может стать использование двухконтурного

кондуктометра разработанного при участии инженера кафедры ЭАПК Савинова В. И. Конструкция прибора позволяет исключить погрешность измерения вызванные колебаниями напряжения и частоты.

Проведенные исследования бесконтактного кондуктометра, при температуре $25 \pm 0,5$ °С, с целью выявления чувствительности прибора показали возможность его использования для определения жесткости сетевой воды.

Программой экспериментальных исследований было предусмотрено проводить замеры выходного сигнала при изменении частоты от 3–20 кГц при разной концентрации испытуемого раствора.

В результате получили, что чувствительность прибора достигается при частоте питающей сети 11–13 кГц, причем с повышением концентрации оптимальная частота питающей сети несколько повышается.

УДК 536.24

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ «ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКОВ И НАСОСОВ»

Х.Р. НИГМАТЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. В.А. ИГОШИН

В процессе эксплуатации лабораторной установки «Исследование теплообменников и насосов», для получения более точных значений параметров горячего водоснабжения (ГВС) необходимо исследовать режимы работы пластинчатого и кожухотрубного теплообменников.

Для определения оптимальных значений коэффициента теплопередачи, в зависимости от расхода воды и поддержании постоянного значения температуры воды на выходе из теплообменника необходимо определить входные параметры теплоносителя (температура и расход первичного теплоносителя)

На основании полученных данных составляется уравнение теплового баланса теплообменника:

$$G_1 c_1 (t_1' - t_1'') = G_2 c_2 (t_2'' - t_2'),$$

где G_1 и G_2 – расходы первичной и вторичной теплоносителей, c_1 и c_2 – теплоемкости, t_1' и t_1'' – температура первичного теплоносителя на входе

и выходе; t_2'' и t_2' – температура вторичного теплоносителя на выходе и входе соответственно.

А также строится математическая модель процесса теплообмена: $k = f(\Delta t, G)$, где k – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$; Δt – температурный напор, $^\circ\text{С}$; G – расход теплоносителя, л/час.

Полученные результаты покажут возможные варианты для достижения оптимальных значений параметров работы теплообменника. Эти данные можно будет применять для проведения лабораторных занятий по дисциплинам кафедры.

УДК 621.979

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Х. РАНЖУС, КГТУ им. А.Н. ТУПОЛЕВА, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ЗАКИРОВ

В настоящее время существует значительное количество разнообразных процессов изготовления полых деталей из листового металла без преднамеренного изменения толщины.

При обосновании конкурентоспособности выбранного процесса необходимо кроме прочих факторов учитывать энергозатраты.

В представляемом докладе проведена классификация процессов формообразования из листового металла полых деталей.

Выделены 2 класса по типам применяемого оборудования:

- 1) процессы, реализуемые на прессах,
- 2) процессы, реализуемые на ротационных машинах.

В первом классе рассмотрены процессы, в которых используются жесткие штампы, штампы с эластичными средами, штамповка жидкостью, газом, электромагнитная штамповка.

Во втором классе анализируются процессы однопереходные, многопереходные и многоходовые.

В представленном докладе основное внимание по энергозатратам уделено второму классу.

Рассматриваемые процессы, обладая разными затратами на используемую оснастку (оправку) имеют также значительную разницу в энергозатратах при изготовлении деталей одного и того же наименования.

На основании анализа потребляемой работы внешних сил определяются энергозатраты различных процессах и выводятся соответствующие коэффициенты.

В условиях мелкосерийного производства представляет большой интерес вопрос уменьшения затрат на оснастку.

Наиболее малозатратным в этом отношении является многоходовая ротационная вытяжка, реализуемая на станке с числовым программным управлением.

В работе рассматривается задача оптимизации количества ходов с точки зрения минимизации энергозатрат.

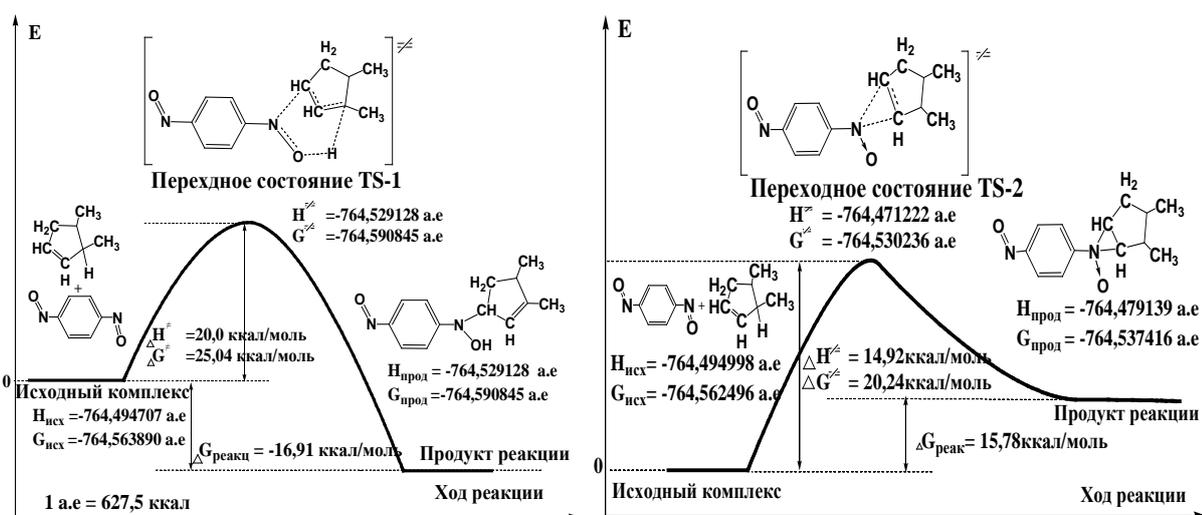
УДК 678:675.92

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКА СКЭПТ-ДЦПД ПАРА-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛОМ

А.А. МОРЯШОВ, М.Р. АХМЕТШИН, КГЭУ, г. Казань

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

Каучуки СКЭПТ являются основой разработки и внедрения в промышленность ряда перспективных гидро- электроизоляционных материалов, вследствие этого, СКЭПТ был выбран нами в качестве основы модельных расчетов, на примере модельной структуры 3,4-диметилциклопентена и последующих разработок композитов.



Нами впервые была определена возможность двух путей реакции присоединения 3,4-диметилциклопентена с *para*-динитрозобензолом

(ПДНБ) через переходные состояния TS-1 и TS-2. Ранее [1] была доказана только одна координата реакции, через TS-1. Дальнейшее исследование спусков, по координатам реакций из найденных переходных состояний, привело к исходным комплексам ПДНБ-3,4-диметилциклопентена и продуктам реакции, что подтвердило истинность найденных TS-1, TS-2 по схемам:

Таким образом, удалось установить путь реакции через энергетически более выгодное переходное состояние TS-1, с экзотермическим эффектом реакции, что согласуется с экспериментальными фактом – эффектом «холодной вулканизации» СКЭПТ-ДЦПД *para*-динитрозобензолом.

Литература

1. Ключников О.Р. Теоретическое исследование механизма вулканизации этиленпропилендиенового дициклопентадиенового каучука *para*-динитрозобензолом / О.Р. Ключников, А.А. Моряшов, М.Р. Ахметшин // Структура и динамика молекулярных систем: Сб. ст. – Вып. XVI. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С. 260–262.

СЕКЦИЯ 9. ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 532.546

ФИЗИКА ГАЗОЖИДКОСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Н.Н. ГЛУШАКОВА, СФМЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.В. ПАНЧЕНКО

Большинство технологических процессов основано на широком применении газожидкостных потоков, осложненных химическими реакциями и фазовыми превращениями. Такие технологические процессы лежат в основе химической, нефтехимической, биологической, угольной промышленности, а также в производстве цветных и черных металлов.

Наиболее интенсивными процессами с высокой скоростью тепло- и массопередачи являются процессы с барботированием газа через расплав. В процессах восстановления с выделением газообразных продуктов интенсификация процессов переноса происходит аналогично процессам непосредственной подачи газа в реакционную зону.

Была рассмотрена двумерная задача фильтрации жидкости и газа в пористой среде. Для описания движения потока использовалась система уравнений в частных производных, включающая уравнения непрерывности массы каждой фазы, а также соотношения для потоков в форме закона Дарси.

Система уравнений замыкалась соответствующими граничными и начальными условиями. Для ее решения использовался метод конечных элементов.

В результате численного решения задачи были получены профили скоростей для каждой фазы в различных сечениях технологического реактора при ламинарном режиме течения. Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод о том, что с ростом газосодержания возрастает интенсивность процессов массо- и теплопереноса в реакционной зоне, что приводит к интенсификации целевых процессов, а значит к росту производительности реактора.

Дальнейшее исследование взаимосвязи теплообмена, гидравлики, химических и фазовых взаимодействий на рабочие показатели гетерогенных технологических реакторов позволит оптимизировать режимы работы оборудования за счет подбора минимальных управляющих воздействий с учетом свойств реакционной зоны. Что приведет к повышению завершенности технологических процессов, а значит, к значительному росту производительности широкого круга технологического оборудования.

УДК 697.4

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В РОССИИ

Р.Ф. АБДУЛХАЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.О. ШИНКЕВИЧ

Автономное отопление зданий может осуществляться в основном за счет использования газа, угля, жидкого топлива (мазута, светлого печного топлива), а также электроэнергии. Децентрализация теплоснабжения кроме отрицательных сторон (удорожание тепловой энергии) имеет и положительные: возможность гибкого регулирования температурного режима и применение энергосберегающих технологий. К последним относится использование для отопления тепловых насосов. Парокомпрессионные тепловые насосы, обсуждаемые в статье, в среднем 2/3 необходимой тепловой энергии переносят в здание из окружающей среды бесплатно и лишь примерно 1/3 этой энергии вырабатывается за счет потребляемой электрической мощности.

Установка теплового насоса и системы отбора тепловой энергии от окружающей среды требуют значительных капиталовложений. Поэтому при рассмотрении возможности и целесообразности использования такой технологии отопления важно ответить на два вопроса. Первый из них – является ли экономически приемлемым использование для отопления одного из самых дорогих на сегодня в России энергоносителей – электрической энергии. При этом следует отметить, что бывают ситуации, когда альтернативы электроэнергии нет. Второй вопрос – насколько тепловой насос может конкурировать в экономическом отношении с тепловыми пунктами, использующими другие виды теплоносителей. Политика энергосбережения при строительстве способствует более широкому использованию электроэнергии для нужд отопления, а следовательно, мы имеем положительный ответ на вопрос об экономической оправданности такого использования.

Для ответа на второй вопрос сопоставлялись показатели экономической эффективности отопления двухэтажного здания общей площадью 250 м² различными способами, включая тепловой насос. После всех расчетов можно сделать вывод, что период окупаемости теплового насоса по сравнению с электродкотлом составляет 4 года, по сравнению с котлом на жидком топливе – 6 лет. По истечении этого

периода начинается существенная экономия денежных средств (около двух миллионов рублей за 15 лет по сравнению с электродкотлом). Таким образом, при возведении энергоэффективных зданий в условиях постоянного удорожания энергоносителей использование тепловых насосов для автономного отопления зданий становится экономически оправданным по сравнению с электрическими котлами и котлами, использующими жидкое топливо.

УДК 532.546

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА В $^3\text{H} / ^3\text{He}$ -МЕТОДЕ ДАТИРОВКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

О.В. ВАЛИЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.Д. ЯКИМОВ

В данной работе рассматриваются особенности определения возраста (времени пребывания под землей) воды одним из изотопных способов датировки – $^3\text{H} / ^3\text{He}$ -методом.

Целью работы была оценка погрешности определения среднего возраста воды при ее протекании через неоднородный пласт. Частицы воды, находящиеся ближе к поверхности, могут двигаться быстрее глубинных, поэтому вода на выходе будет смесью вод разных возрастов.

Для оценки погрешности можно принять начальные концентрации трития и гелия-3 постоянными. При этом достаточно рассматривать влияние функции $p(\tau)$, характеризующей смешение, только на концентрацию трития. Ее влияние на отношение концентраций гелия-3 и трития, и, соответственно, на датировку определится однозначно. В частности, результат определения возраста будет тем же самым.

Следует отметить, что в этой постановке проблема относится к датировке смесей радиоизотопными методами вообще, а не только воды $^3\text{H} / ^3\text{He}$ -методом.

Для оценки (сверху) влияния неоднородности на различие изотопного и гидравлического возрастов следует рассматривать фильтрацию в слоистом пласте со слоями двух видов. В каждом из слоев фильтрацию можно считать одномерной. Так как дисперсия не учитывается, то существенно лишь соотношение суммарной толщины слоев каждого вида, а число и толщина отдельных слоев неважны. Поэтому можно считать, что имеется всего два слоя, по одному каждого вида.

Строгие аналитические выкладки показывают, что измеряемый изотопный возраст меньше гидравлического, причем отличие невелико для относительно молодых вод при небольшом разбросе их возрастов. Однако погрешность может стать недопустимо большой при разбросе порядка десятков лет.

УДК 536.24

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЙ В МАЛОНАГРУЖЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

О.Л. ЕРИН, ВГЛТА, г. Воронеж
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.М. ПОПОВ

При тепловых расчетах процессов передачи тепла через горячие и холодные спаи в термоэлектрических устройствах, в элементах конструкций газовых турбин, при охлаждении анода термоэмиссионных преобразователей, в теплоизмерительных приборах требуется достаточно точное определение контактного термосопротивления (КТС). Указанные технические системы относятся к категории малонагруженных, в то же время ранее исследовались контактные пары, испытывающие повышенные усилия прижима ($P > 50$ МПа).

Рассматривается тепловая модель, в которой пятна микроконтактов располагаются неравномерно по номинальной поверхности контакта. Учитывается также эффект двойного стягивания линий теплового потока вначале к макроконтактам и затем микроконтактам.

В частности, для контактной пары с плоскошероховатыми поверхностями КТС в газовых средах предлагается расчетная формула

$$\frac{1}{R_k} = 0,6\lambda_M \cdot \frac{|\operatorname{tg}\gamma|}{R_{\max} \left(\frac{\eta}{b}\right)^{1/\nu}} \cdot \left(\frac{\eta}{1 - 1,7\eta^{1/2} + 0,7\eta^{3/2}} \right) + \frac{\lambda_C Y}{R_{\max 1} + R_{\max 2}},$$

где λ_M , λ_C – соответственно коэффициенты теплопроводности материала контактирующих тел и газовой среды в зоне контакта; R_{\max} – максимальная высота микронеровностей; η – относительная площадь фактического контакта; ν , b – параметры кривых поверхностей; Y – относительная толщина зазора.

На специальной установке определялись значения КТС для контактных пар из стали 1Х18Н10Т и сплава Д16Т при нагрузке $P \leq 3$ МПа. Сопоставления с теоретическими данными дают удовлетворительную сходимость.

Дальнейшие исследования по данной проблеме касаются контактов с поверхностями, имеющими макроотклонения формы и волнистость.

УДК 536.21

ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЕ В ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.В. ЛАТЫНИН, О.Л. ЕРИН, ВГЛТА, г. Воронеж
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.М. ПОПОВ

Развитие энергетики сопровождается повышением теплонапряженности элементов конструкций. При проектировании таких систем возникает необходимость учета и регулирования контактных термосопротивлений (КТС) между поверхностями соприкасающихся деталей и узлов. В данном сообщении впервые решается вопрос регулирования КТС при контакте металлических поверхностей.

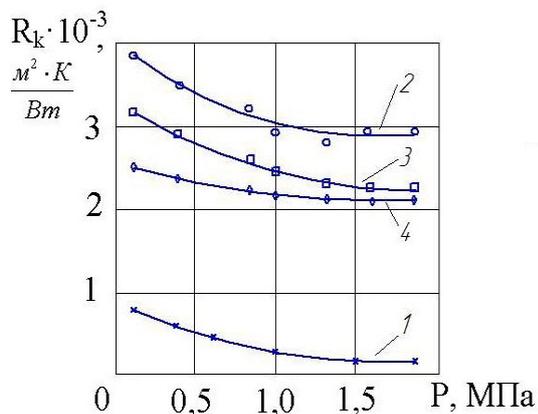


Рис. 1. Зависимость $R_k = f(P)$ для пары из Л80 с поверхностями при $R_z = 4,5-6$ мкм: 1 – в зоне контакта воздух; 2 – асбестовая прокладка с $\delta = 150$ мкм; 3 – то же с $\delta = 80$ мкм; 4 – порошковая окись магния

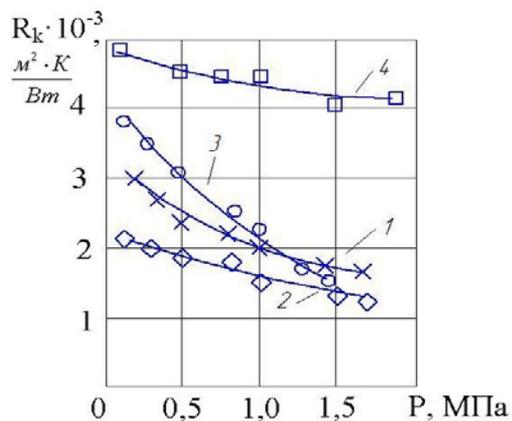


Рис. 2. Зависимость $R_k = f(P)$ для пары из Л80 с $R_z = 1,2-1,6$ мкм: 1 – порошок графита; 2 – глицерин + 20 % графита по массе; 3 – прокладка из свинца с $\delta = 100$ мкм; 4 – воздух

На установке проведены исследования по изменению КТС. Установка состоит из двух контактирующих металлических стержней, один из которых является нагревателем, а другой холодильником. По пути следования теплового потока установлены 10 термопар, по пять на каждом стержне. Для нахождения КТС применялся метод, когда $R_k = \Delta T_k / q_{\text{ср}}$, где тепловой поток $q_{\text{ср}}$ определялся по градиентам температур в стержнях. Температурный перепад в зоне контакта T_k находился из графика изменения температуры. Исследовалась зависимость КТС от нагрузки P (рис. 1 и 2).

Из приведенных данных видно, что введение в зону контакта мало- или высокотеплопроводных заполнителей направленно регулирует процесс теплообмена через зону контакта.

УДК 621.1

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ В ПОТОКЕ ГАЗА

Д.А. ГАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. ПОПКОВА

Начальная скорость капель, образующихся при распаде струи или пелены, близка к скорости истечения топлива. Капли продолжают двигаться по инерции, испытывая действие ряда сил: гравитации, аэродинамических сил. Двигаясь по баллистическим траекториям, капли обмениваются теплотой с окружающими газами и испаряются.

Капли малолетучих топлив – керосина, солярового масла, дизельного топлива, – если только топливо предварительно не нагрето, в зоне смесеобразования испаряются, как показывают расчеты, не более чем на одну треть первоначального объема. Поэтому размеры капель тяжелых топлив можно считать постоянными.

Целью данной работы явилось рассмотрение баллистики капель, постоянных размеров, дальнобойность факела в неподвижном воздухе, исследование факела распыла центробежной форсунки в потоке газа.

В работе рассчитаны координаты капель различного диаметра в разные промежутки времени, построены траектории этих капель.

Проведены расчеты предельных радиусов факелов распыла керосина центробежными форсунками Ф-1, Ф-2, Ф-3 при расположении форсунок против потока для различных значений давления топливоподачи, скорости

потока воздуха, температуры керосина и сопоставление полученных результатов с данными экспериментов.

Расчеты производились по формуле, полученной в работе

$$\begin{aligned} (y_{\text{пр}})_{\text{max}} = & \frac{8}{3a_{\text{к}}} \left(\frac{\chi d_{\text{пр}}}{A_1 d_{\text{ср}}} \right)^{1,5} \frac{\gamma_{\text{т}} R^{1,11} T_2^{1,11}}{p_2} \sqrt{\frac{g^{0,22} k^{1,22} p_0}{\eta_2}} \cdot \\ & \cdot B_1 \mu_{\text{ф}}^{1,15} d_{\text{ф}}^{1,5} \sin \frac{\alpha_{\text{ф}}}{2}. \end{aligned}$$

По результатам расчетов можно отметить, что результаты расчетов предельных радиусов факела распыла достаточно хорошо совпадают с экспериментальными данными.

УДК 536.24

**МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ
И МЕТОД ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА В КАНАЛАХ
СО СПИРАЛЬНЫМИ КАНАВКАМИ
ДЛЯ ПРОЕКТА ВПТО АЭС (ТИПА ВГ-400),
ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ И ВОДОРОД**

Р.Р. ГИЛЬФАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. ОЛИМПИЕВ

Развитие энергетики в РФ и в мире происходит при устойчиво возрастающей стоимости энергоносителей. По сравнению с промышленно высокоразвитыми странами, энергоемкость экономики РФ недопустимо высокая: на единицу внутреннего валового продукта в РФ затрачивается топлива в 5–6 раз больше, чем в государствах Европы, и в 12–16 раз больше, чем в Японии и США. Чрезмерное расточительство энергоресурсов значительно ограничивает возможности ускоренного наращивания экономического потенциала РФ. Большой перерасход топлива в экономике создает серьезные проблемы в области охраны окружающей среды. В связи с данными обстоятельствами, большое значение приобретает усовершенствование конструкций существующих теплообменных аппаратов.

Данная работа посвящена актуальной научно-технической проблеме. В ней речь идет об использовании интенсификации

теплообмена для повышения технико-экономической эффективности высокотемпературного промежуточного теплообменника для атомной энерготехнологической станции ВГ-400. В качестве интенсификатора теплообмена планируется использование спиральных канавок, образованных посредством электрохимической обработки стенки. Это один из перспективных способов интенсификации турбулентного теплообмена в трубах. В энергетическом НИИ были проведены экспериментальные исследования данного способа интенсификации теплообмена. В этих работах полагается, что интенсификация теплообмена в таких трубах связана с закруткой потока, вихреобразованием в канавках и некоторым увеличением поверхности теплообмена по сравнению с гладкой трубой. Для исследованных труб с канавками возрастание коэффициента теплоотдачи относительно гладкой трубы достигало $\alpha/\alpha_{\text{гл}} \approx 2$, коэффициента сопротивления $\xi_{\text{гл}} \approx 1,7$, коэффициента $\eta = (\text{Nu}/\varepsilon)/(\text{Nu}/\varepsilon) = 0,9-1,3$.

В данном проекте планируется разработать модель течения турбулентного потока в каналах со спиральными канавками и на основе теплогидравлического расчета получить наиболее выгодные значения коэффициентов теплоотдачи и сопротивления, сравнить эти данные с полученными в энергетическом НИИ и использовать их при проектировании теплообменника.

УДК 621.039.519

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ШАРОВЫХ ТВЭЛОВ НА ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА AVR

Г.Г. ЗАГИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. ОЛИМПИЕВ

Разрабатывается большое количество моделей реакторов, но многие из них недостаточно усовершенствованы, не получили одобрение контролирующих органов и имеют ограниченные шансы на заказы.

Стойкий интерес вызывают реакторы, в которых в качестве охладителя используется газообразный гелий, а в качестве теплоносителя – шаровые твэлы с графитовым замедлителем (типа AVR).

Рассматривается влияние размеров шаровых твэлов на теплогидравлическое качества активной зоны реактора AVR.

Расчеты сделаны в диапазоне для шаровых твэлов диаметром от 35 до 65 мм. Шаровые твэлы содержат делящийся и воспроизводящий материалы в виде частицы из UO_2 , покрытый пиролитическим графитом. Засыпка шаровых твэлов осуществляется в цилиндрическую графитовую полость диаметром 8,2 и высотой 7 м. Коническое днище полости заканчивается отверстием для разгрузки шаровых твэлов. Во время эксплуатации шаровые твэлы загружаются в активную зону непрерывно, через отверстия в верхней части графитовой полости, проходят активную зону и также непрерывно выгружаются. Все оборудование первого контура, включая газодувки и парогенераторы, заключено в корпусе из предварительно напряженного железобетона. Для аварийной остановки реактора в активную зону сверху вводятся поглощающие стержни. Кроме того, для регулирования, а также остановки реактора имеются еще дополнительные регулирующие стержни, вертикально перемещающиеся в боковом отражателе реактора.

Газовый теплоноситель проходит активную зону сверху вниз и нагревается до 800 °С. Затем через отверстия в нижнем отражателе он попадает в сборную камеру и подается по специальным каналам горячего газа к парогенераторам. В парогенераторах теплота передается второму пароводяному контуру, включающему блок турбогенератора.

При сравнении коэффициента эффективности реактора при диаметре шаровых твэлов 35 и 65 мм, можно сделать следующий вывод: реакторы с диаметром шаровых твэлов 65 мм лучше в 1,97 раз, таким образом, на 1 Вт мощности можно передать больше теплового потока.

УДК 629.125:551.521

СПЕКТРАЛЬНОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ТЕПЛОВОСПРИНИМАЮЩИМ ПОВЕРХНОСТЯМ МНОГОКАМЕРНОЙ ТОПКИ

А.В. ЗАРИПОВ, КГЭУ, Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

Рассматривается спектральная модель переноса теплового излучения в многокамерной топке с подовым матричным горелочным устройством, формирующим восходящие потоки пламени с помощью многорядных горелок. В таких горелках наблюдается диффузное горение, а потоки

продуктов сгорания от горелок (одна горелка на каждую ячейку многокамерной топки) практически являются параллельными вертикали плоскости среза капилляров многорядных горелок. В конструкциях предлагаемых топок наблюдается однородность температуры в горизонтальной плоскости сечения топки и практически отсутствие конвективного теплообмена на тепловоспринимающих плоскостях, кроме их потолочной части. В настоящей работе рассмотрена многокамерная топка с размером отдельной ячейки в горизонтальной плоскости $1,4 \times 1,4 \text{ м}^2$. Предполагается, что топка сконструирована из набора таких ячеек и имеет общий горизонтальный и опускной газоподогреватель, радиационный и конвективный пароперегреватели в потолочной части топки и горизонтальном и опускном газоподогревателях топки, экономайзер и воздухоподогреватель в опускном газоподогревателе. Циркуляция котла может быть естественной, принудительной или комбинированной.

Выполнено замкнутое моделирование радиационного теплообмена топки многокамерного котла с расчетом температурного профиля продуктов сгорания в зависимости от высоты с учетом равновесных и неравновесных процессов излучения, поглощения и рассеяния излучения продуктами сгорания. По результатам распределения температуры по объему топки и химическому составу продуктов сгорания выполнены расчеты спектральных и интегральных интенсивностей и потоков излучения на тепловоспринимающие поверхности топочной камеры, пространственное распределение интегральных потоков теплового излучения по тепловоспринимающим поверхностям топки и полный поток теплового излучения на стенки топки. Последний согласуется с изменением теплосодержания продуктов сгорания с погрешностью не более 1 %, что свидетельствует о надежности предложенного метода моделирования многокамерных топок.

При средней начальной скорости продуктов сгорания 25 м/с, коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,03$, давлении в топке 10^5 Па для центральной оси бокового экрана на высотах 1, 7 и 17 метров от среза капилляров горелки падающие потоки тепла составляют соответственно 260,3; 99,7; 48,4 кВт/м². Для центра пода топки и на высоте 18 метров они составляют соответственно 249,6 и 41,1 кВт/м².

УДК 533.6.011.6

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ НЕИЗОТЕРМИЧНОСТИ СТЕНКИ НА ТЕПЛОТДАЧУ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ДИСПЕРСНОГО ПОТОКА В ЭЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Л.М. МАГАЗИННИК, М.А. КУЗЬМИНА, УлГТУ, г. Ульяновск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Н.Н. КОВАЛЬНОГОВ

Охлаждение, реализуемое путем движения хладагента по специальным каналам (внутри конструкции), часто применяется для внутреннего охлаждения поверхностей подверженных тепловым нагрузкам. И в таких условиях поддерживать постоянную температуру охлаждаемой поверхности крайне трудно, в связи с трудностью определения локальных тепловых нагрузок на охлаждаемой поверхности обтекаемой высокоскоростным дисперсным потоком.

Движение дисперсного потока (газа с распределенными в нем твердыми или жидкими частицами конденсированной фазы) имеет место в проточной части ракетных двигателей на твердом топливе, в парогазовых установках, в газотурбинных установках с полным или частичным использованием в качестве топлива измельченного каменного угля и т.п.

Присутствие в потоке конденсированных частиц существенно осложняет процессы его теплового взаимодействия с обтекаемой поверхностью. В этой связи, в работе представлено численное исследование теплоотдачи однородного и дисперсного потоков в условиях, когда температура поверхности с удалением от передней кромки нарастает. При этом интенсивность нарастания по длине остается постоянной.

В работе представлено исследование градиента температуры стенки при сверхзвуковой скорости движения однородного и дисперсного потоков. Показано, что использование простой инженерной зависимости для условий, приближенных к реальным, приводит к значительным просчетам.

УДК 536.7:53

ТЕХНОЛОГИЯ ПАРО-ГРАВИТАЦИОННОГО ДРЕНАЖА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

Д.В. МАЗАНКИНА, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. АНТИПОВ

В соответствии с технологией гравитационного дренажа с применением пара (SAGD) бурятся два горизонтальных ствола, параллельных друг другу. Верхняя горизонтальная скважина является нагнетательной, нижняя – добывающей. Механизм вытеснения природного битума паром заключается в расширении паровой зоны вверх и вбок вследствие низкой плотности пара по сравнению с другими фазами. Нагнетаемый пар стремится в верхнюю часть пласта. На производительность горизонтальной скважины действуют 2 фактора – соответственно гравитационный дренаж и вытеснение под давлением.

При разработке залежей с тяжелой нефтью и природными битумами или залежей, имеющих низкую подвижность, горизонтальные дренирующие скважины уменьшают величину перепада давления, что препятствует образованию конуса обводнения и ослабляет приток песка. Использование данной технологии повышает эффективность закачки пара – увеличивается объем пара, закачиваемого в пласт, что ведет к созданию максимально возможной площади прогрева продуктивного пласта и, соответственно, к увеличению площади дренирования скважины. По сравнению с шахтно-скважинными методами, при которых горизонтальные скважины бурятся из тоннеля, и тем более с карьерной добычей, этот метод значительно эффективнее и экологически безопаснее.

Первые две пары горизонтальных скважин для проведения опытно-промышленных работ предложены в зоне максимальных толщин битумонасыщенного песчаника и пересекают центральную часть залежи в субперпендикулярном направлении. В связи с недостаточностью исходных данных для проектирования, до строительства парных ГС необходимо пробурить 3 вертикальные оценочные скважины с полным отбором керна и проведением всего комплекса ГИС, которые позволят уточнить фильтрационно-емкостные свойства пород, представление о разрезе продуктивной песчаной пачки вблизи точек входа в продуктивный пласт, в районе средней части траекторий ГС и точек выхода из продуктивного пласта. На начальном этапе оценочные скважины будут использоваться как наблюдательные, а в дальнейшем могут быть переведены на добычу.

УДК 669.01(075.8)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ ПРОДУВКЕ МЕТАЛЛА В КОВШЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

И.Н. МЕДВЕДЕВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск,

А.Е. АГАПИТОВ, МГУ, г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Е.Б. АГАПИТОВ

Расплав металла при внепечной обработке перемешивается инертным газом, подаваемым через пористые пробки в днище ковша. При этом его можно рассматривать, в первом приближении, как гомогенную среду, в которой реализуется направленное движение пузырьков от днища ковша к поверхности расплава. В процессе движения пузырьки газа изменяют свой размер и генерируют пульсации давления собственной частоты. При этом процессы рафинирования расплава стали во многом определяются площадью межфазной поверхности газ – металл. Известно, что наложение на расплав пульсаций приводит к интенсификации этих процессов, но технически сложно осуществимо и дополнительно провоцирует ряд негативных явлений.

Реакции рафинирования характеризуются коэффициентом массопереноса k , который пропорционален мощности перемешивания: $k = \gamma \varepsilon^{1/6}$, где γ – константа; ε – удельная энергия перемешивания, Вт/т. Чтобы, например, удвоить этот коэффициент скорость подвода газа необходимо увеличить в десятки раз или наложить на поток газа пульсации. При реализации такого приема могут возникнуть колебания корпуса ковша и разрушение футеровки.

Поэтому перспективны технологические приемы воздействия на пузырьки аргона, позволяющие управлять их поведением при минимальном воздействии на массу расплава. В последнее время появились оригинальные работы исследователей под руководством Федотовского В.С., связанные с обнаруженным эффектом резонансной дисперсии звука в жидкости с пузырьками газа при наложении на нее низкочастотных звуковых волн. Предварительные расчеты по предложенным математическим зависимостям показывают, что и в расплаве могут возникнуть резонансные явления пульсации оболочек пузырьков при прохождении звуковой волны определенной частоты. Эта частота находится в узком диапазоне, соответствующем

приблизительно половине собственной частоты колебаний пузырька. Следствием этого может быть увеличение межфазной поверхности газ-расплав и соответственно рост коэффициента массообмена. Таким образом, низкочастотные звуковые колебания, накладываемые на расплав, могут служить инструментом управления тепломассообменными процессами в барботируемом расплаве.

УДК 530.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЫ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Б.Г. МИРЗОЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ю. БЕЛАШОВ

В работе изучается поведение частиц двухкомпонентной (электронной) плазмы в рамках кинетической теории. Для выяснения основных свойств такой системы используется численный подход, основанный на методе молекулярной динамики, предполагающий, что для установления некоторых общих закономерностей ее поведения можно ограничиться количеством частиц $\sim 10^2 - 10^4$. Тематика актуальна как с точки зрения изучения общих фундаментальных свойств коллективного взаимодействия, так и в плане возможных ее приложений в теплофизике перспективных энергетических установок

Для исследования, прежде всего, необходимо построить модель системы. Пойдем на некоторые упрощения: динамику будем считать классической, взаимодействие частиц – кулоновским, с учетом также потенциалов двухчастичных взаимодействий $V(r_{ij})$, которые зависят только от $|r_{ij}|$ в соответствии с феноменологической формулой Леннарда-Джонса:

$$V(r) = 4\varepsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right],$$

учитывающей сильное отталкивание для малых r (отталкивание коэвалентных связей, обусловленное принципом запрета Паули) и слабое притяжение на больших r (силы Ван-дер-Ваальса). При численном моделировании длины, энергию и массу мы выражали в единицах σ , ε и m , где m – масса электрона, скорости измерялись в единицах $(\varepsilon/m)^{1/2}$, время – в единицах $\tau = (m\sigma^2/\varepsilon)^{1/2}$. Для интегрирования уравнений движения частиц системы использовался алгоритм Верлэ в скоростной форме:

$$x_{n+1} = x_n + v_n \Delta t + \frac{1}{2} a_n (\Delta t)^2, \quad v_{n+1} = v_n + \frac{1}{2} (a_{n+1} + a_n) \Delta t,$$

обеспечивающий сохранение энергии системы, которое контролировалось в процессе счета. На границах объема, занимаемого системой, для учета влияния стенок резервуара ставились периодические краевые условия.

В работе представлены полученные в численных экспериментах результаты, позволяющие исследовать динамику перехода системы к равновесному состоянию.

УДК 536.24+001.8

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОТДАЧИ В ПОРИСТОМ ТЕЛЕ

Р.А. НАЗИПОВ, Академэнерго КазНЦ РАН;

В.А. ДАНИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Ю.А. КИРСАНОВ

Рассматривается пористое тело радиусом R и длиной $l_{\text{ц}}$. Боковая поверхность тела нагревается до стационарной температуры $t_{\text{ст}}$, которая в общем случае может изменять по длине цилиндра. В осевом направлении через пористое тело течет стационарный однофазный поток холодного теплоносителя массовым расходом G_f и начальными параметрами $t_{f,0}$ и $p_{f,0}$. Требуется определить коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности пористой структуры α_w .

Метод определения α_w основан на сравнении опытной тепловой нагрузки, воспринимаемой теплоносителем Q_c , с расчетной тепловой нагрузкой, передаваемой конвекцией потока от стенки и пористой структуры Q_α .

Поля относительных температур в каркасе и теплоносителе рассчитываются аналитически в виде решения сопряженной задачи стационарного конвективного теплообмена однофазного теплоносителя с пористым цилиндром. Расчетная тепловая нагрузка Q_α , зависит от коэффициента теплоотдачи α_w и температурных полей каркаса и теплоносителя. Температурные поля, в свою очередь, зависят как от α_w , так и от доли теплоты η_q , отданной стенкой каркасу. Поэтому оценка искомого значения α_w осуществляется одновременно с поиском значения η_q методом последовательного приближения.

Найденные таким образом величины α_w дают возможность построить критериальное уравнение теплоотдачи вида $Nu = f(Re, Pr, A_m, n_m, \dots)$, где A_m, n_m – некоторые постоянные.

Проверка сходимости искомых величин α_w к их истинным значениям производится путем сравнения получаемого критериального уравнения с исходным (истинным) критериальным уравнением, использованным для прямого теплового расчета пористого тела. Проверка показала удовлетворительную устойчивость модели к погрешностям исходных данных и сходимость получаемых с помощью предложенной методики результатов исследования теплоотдачи к их истинным значениям.

УДК 629.125:551.521

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПАРОМЕТРИЗАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Е.П. ПЫРЕНКОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

В настоящей работе рассмотрены возможности использования численного моделирования при решении задач определения радиационных характеристик газовых ингредиентов продуктов сгорания с целью их дальнейшего использования для параметризации функции спектрального пропускания как основной радиационной характеристики в задачах переноса излучения, в том числе и в высокотемпературных средах. При наличии полной входной информации по параметрам спектральных линий различных ингредиентов методом численного моделирования возможно получить информацию по функциям спектрального пропускания для источников неселективного излучения и вычислить спектральное и пространственное распределение потоков излучения в любой точке среды известного ингредиентного состава и пространственного распределения структурных характеристик (температуры, общего давления, парциальных давлений различных оптически активных ингредиентов), в том числе и с учетом неравновесного процесса излучения. В последнем случае должны быть предварительно вычислены электронные, колебательные и вращательные температуры неравновесно излучающих ингредиентов.

Рассматриваются алгоритмы оперативного численного моделирования функций спектрального пропускания и некоторые результаты вычислений. Полученные данные вычислений используются для параметризации функций спектрального пропускания по двухпараметрическому методу эквивалентно массы. Показано, что численное моделирование может стать мощным инструментом для выявления тонких эффектов радиационного теплообмена в структурно неоднородных средах. Демонстрируются результаты вычислений для различных оптически активных газовых ингредиентов продуктов сгорания.

УДК 536.194

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВАНИЯ В СИСТЕМАХ С ВОДОРОДНЫМИ СВЯЗЯМИ

М.С. САДЫКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, проф. Ф.Г. ХАЛИТОВ

Известно, что при расчете термодинамических процессов важную роль играет определение зависимости теплоемкости от температуры.

В процессе нагревания воды распад кластеров с большим числом водородных связей на различные более мелкие фрагменты можно рассматривать как химическую реакцию.

Согласно книге И. Пригожина «Современная термодинамика», в которой термодинамическое состояние системы с химическими реакциями можно описать, если добавить к параметрам P и T степень полноты реакций ξ . Тогда внутренняя энергия $U(T, V, \xi)$ и энтальпия $H(T, P, \xi)$ являются функциями трех переменных. Общая теплоемкость при $p = \text{const}$ является суммой колебательной теплоемкости ($C_{p,\xi}$) и конфигурационной теплоемкости.

$$C'_p = C_{p,\xi} + \left(\frac{\partial H}{\partial \xi} \right)_{T,P} \left(\frac{d\xi}{dT} \right)_P.$$

Данные, полученные из колебательной спектроскопии указывает, что при увеличении температуры доля более слабых ассоциатов увеличивается, свидетельствуя о процессе перехода к более мелким структурам.

Обсуждаются относительные изменения колебательной и конфигурационной теплоемкостей при увеличении температуры, влияние процессов разрыва водородных связей на конфигурационную составляющую.

УДК 629.125:551.521

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОНТУРА СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ (ИЗЛУЧЕНИЯ) ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

А.Н. ТИМОШИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

При решении различных задач, связанных с молекулярным поглощением излучения, или эмиссией, все шире используются прямые расчеты, основанные на теоретических сведениях по параметрам спектральных линий газовых компонентов. При этом контур спектральных линий является основной характеристикой, определяющей надежность данных численного моделирования и его восстановление является обратной задачей, для решения которой может использоваться как спектрорадиометрия высокого, так и среднего спектрального разрешения в контролируемых условиях измерений.

Выполненные сопоставления спектров поглощения за границей кантов полос для повышенных температур свидетельствует о зависимости контура спектральных линий от температуры. Обсуждаются применимость различных модификаций контура спектральных линий для расчетов коэффициентов поглощения и функций спектрального пропускания, а также возможности определения параметров контура из спектров высокого и среднего спектрального разрешения. Особое внимание уделяется анализу результатов измерений, выполненных при повышенных давлениях, при которых континуумы спектров поглощения определяются крыльями спектральных линий, где отклонения формы контура от лоренцевской особенно значительны. Рассматривается эмпирическая параметризация контура спектральных линий для различных полос поглощения CO_2 в условиях самоуширения, уширения азотом и водяным паром. Индуцированное давлением поглощение излучения является мешающим фактором и должно учитываться при обработке данных по спектрам поглощения излучения.

УДК 530.1

МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ 2D И 3D СОЛИТОНОВ В ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СРЕДАХ

Н.Ю. ЮКАЧЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ю. БЕЛАШОВ

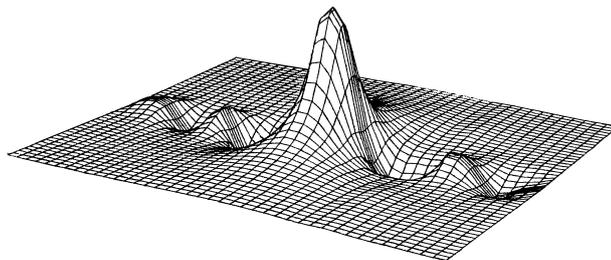
Нелинейные волны и солитоны, распространяющиеся в диспергирующих средах (например, волны на поверхности жидкости, звуковые волны в плазме, внутренние гравитационные волны в атмосфере и ионосфере, импульсы тока и напряжения в длинных линиях и т.п.) в 3D случае описываются классом уравнений Белашова-Карпмана (БК):

$$\partial_t u + \alpha u \partial_x u + \sum_{l=1}^L \beta_l \partial_x^{2l+1} u = \mathfrak{R}, \quad (1)$$

где $u = u(t, x, r_\perp)$ – функция, определяющая волновое поле, а $\mathfrak{R} = \mathfrak{R}[u]$ – некоторый линейный функционал u . Вид \mathfrak{R} зависит от волновых свойств среды и знака дисперсии, а также от значения L , определяемого характером дисперсии. В случае $\mathfrak{R} = \kappa \nabla_\perp w$, $\partial_x w = \nabla_\perp u$ для $L = 2$, (1) есть уравнение БК:

$$\partial_x \left[\partial_t u + \alpha u \partial_x u + \sum_{l=1}^L \beta_l \partial_x^{2l+1} u \right] = \kappa \Delta_\perp u, \quad \Delta_\perp = \partial_y^2 + \partial_z^2, \quad (2)$$

которое может иметь 1D, 2D и 3D решения, локализованные в пространстве в зависимости от знаков коэффициентов β_l и κ . Какой-либо аппарат аналитического интегрирования (2) с $\beta_l = \beta_l(t, x, r_\perp)$ в настоящее время отсутствует. Поэтому развитие численных методов для класса уравнений (1) представляет значительный интерес в целом ряде прикладных областей. В настоящей работе предложены несколько явных и неявных схем интегрирования уравнений класса (1), являющиеся весьма эффективными в соответствующих приложениях, а также спектральный подход, который не требует больших временных затрат и затрат компьютерной памяти. Все рассмотренные схемы тестировались на точном 2D решении уравнения КП и показали при этом свои достаточно хорошие характеристики.



Общий вид решения 2D уравнения БК

На рис. представлен пример результатов численного моделирования спектральным методом 2D солитонов уравнения БК с $\beta_l = \text{const}_l$.

УДК 532.546

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ НАСЫЩЕНИЯ И ОСУШЕНИЯ

И.В. СТЕПАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.Д. ЯКИМОВ

Обычно для аналитических исследований и для численных расчетов задач влагопереноса используют модели «сплошной среды», в которых фильтрационные свойства каналов и характеристики течений в них усредняются и представляются в виде непрерывных функций.

Между тем, представляется интересным построить численные модели, учитывающие «физику» явлений в поровых каналах. То есть получать макроскопические и глобальные эффекты в пористой среде как совокупность множества различных поровых каналов, каждый из которых имеет достаточно ясную математическую модель.

Сутью рассматриваемой модели является то, что в каждом, условно говоря, элементе сетки должно присутствовать множество модельных каналов, состояние каждого из них описывается некоторым набором переменных и может меняться в ходе процесса. Расчетные соотношения для каналов построены на основе представления, что каждый канал имеет конусную форму с отверстием, соединенным с воздухом. При малом (алгебраически) давлении воды середина канала заполнена воздухом, канал не проводит, при большом (алгебраически) давлении канал заполнен и проводит воду. Предполагается, что гистерезис в среде определяется тем, что каждая пора имеет переменное сечение, причем сечения «отверстий», соединяющих пору с соседними, меньше ее наибольшего сечения.

Поэтому при одном и том же (в определенном диапазоне) давлении в поре и одинаковом по содержанию воды или воздуха состоянию соседних пор эта пора может находиться в одном из двух состояний (в зависимости от истории процесса) – или полностью заполнена водой и способна транспортировать ее (имея мениск на внешней стороне «отверстия» к «воздушной» смежной поре), или середина поры заполнена воздухом (вода ограничена менисками около «отверстий» к «водяным» порам) и не может транспортировать воду.

Построенная модель реализована в виде программы в среде разработки Delphi 7. Проведенные расчеты продемонстрировали эффективность модели и способность отражать гистерезис характеристик в пористой среде.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Бердникова Е.В. Автоматизация прогнозирования удельных расходов топлива на Набережночелнинской ТЭЦ	3
Гольбрайх Л.Я. Исследование систем автоматического управления котельной установкой с использованием нейросетевого алгоритма	4
Хайруллин И.Ф. Использование программного пакета MBTU для исследования систем методом фазовых траекторий и разделения движения.	5
Данилов В.А., Назипов Р.А. Стенд для исследования теплогидродинамических характеристик пористых материалов	6
Одинцова Е.О. Разработка программы управления технологическим гидравлическим объектом	7
Таланов С.В. Исследование алгоритма широтно-импульсного модулятора в составе систем автоматического регулирования	8
Копылов С.А. Синтез робастного регулятора расхода газа . . .	9
Глязнецова А.В. Универсальный метод выбора технических средств автоматизации при проектировании систем контроля и управления.	10
Сидорова Ю.С. Снижение энергозатрат при промышленном производстве полиолефинов.	11
Карасев В.С. Реализация нечеткого регулятора на базе интеллектуальных модулей «Теконник»	12
Дорофеев А.А., Махмутов Д.Р. Экспериментальная установка для исследования влияния числа Рейнольдса на интегральный коэффициент конвективной теплоотдачи образцов теплообменных поверхностей.	13
Мерзляков А.М. Применение интегрированного учебно-методического комплекса «КОМПАС ТАУ» для анализа и синтеза систем управления технических объектов в энергетике.	14
Зайнуллин А.Р. Численное исследование нестационарного течения жидкости в трубчато-кольцевом канале	15
Киселев С.Ю., Гилязов Д.Р. Разработка и создание лабораторного стенда по проведению пусконаладочных работ локальных САУ.	16

Едельсков Д.С. Автоматизация технологической подготовки в САПР ТП вертикаль.	17
Габбасова Э.Ф., Ипатов Д.В. Создание обучающей информационной системы «Структура локальных компьютерных сетей» средствами SCADA-системы TRACE MODE	18
Мингатин И.И., Малый М.А. Создание обучающей компьютерной модели существующего стенда «АСУ ТП поддержания уровня в баке» с использованием передачи данных по сети Ethernet.	19
Мингатин И.И., Цветкович М.С., Богданов А.Н. Совместное использование многофункциональных программных комплексов на примере Ansys Fluent со SCADA-системами	20
Михайлова А.Ю., Биалов Р.А., Прец А.Н., Сибгатуллин И.Ф. Разработка компьютерного тренажера для подготовки и тестирования персонала ТЭС.	21

СЕКЦИЯ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Басова О.А. Сопряженная задача теплообмена в аппаратах змеевикowego типа на базе пружинно-витых каналов	22
Ахметов Т.Р., Низамутдинов И.Б., Ганиев Р.Р., Фахреев Н.Н., Вахитов М.А. Энергосбережение в системе теплоснабжения за счет применения поверхностно-активных веществ	23
Власов Е.М. К оценке эффективности оросительных градирен	24
Фокеева Е.В. Газодинамическая температурная стратификация в дисперсном потоке	25
Солнышкова Ю.С., Пророкова М.В. Исследование эффективности зональных методов расчета	26
Газимьянов Р.Р. Технология вытеснения воды из нефтепродуктопроводов	27
Бабушкин Н.А. Использование эффективных подогревателей в системе теплоснабжения	28
Антонов К.А. Устройства для приготовления топливных эмульсий	29
Белоногова М.В., Галимова Ф.Н. Проблемы использования жидких керамических теплоизоляционных покрытий	30
Белов Р.В. Движение эмульсионных смесей по трубопроводам	31
Бужинская А.В. Исследование оборудования электроцеха Ириклинской ГРЭС	32

Блохин Д.А. Разработка лабораторного стенда для испытания трансформатора теплоты комбинированного типа . .	33
Валиева Э.Р. Перспективы развития электроцеха Ириклинской ГРЭС (по результатам эксплуатационной практики 2009 года)	33
Галеева Д.А. Сравнительная оценка водогрейных котельных в двухконтурном и одноконтурном исполнении	34
Галимова Ф.Н., Белоногова М.В. Особенности эксплуатации самокомпенсирующихся труб	35
Гарифуллина А.А. Пути решения проблемы ухудшенного вакуума Нижнекамской ТЭЦ	36
Дель М.В. Концентрирование экстракционной фосфорной кислоты в аппаратах погружного горения	37
Гассельбах А.Ю. Экологическая эффективность ВТЭ	38
Морозов В.П., Кравченко А.А. Проекты технологических энергосистем предприятий Восточного Оренбуржья	39
Гафарова Р.З. Пути повышения КПД котлов малой мощности	40
Мирошниченко А.Ю. Анализ и расчет количества необходимого резерва мазута в системе топливоснабжения Ириклинской ГРЭС	41
Иванова Е.И. Разработка электронного учебника по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий»	42
Нуриев А.Ф. Утилизация низкопотенциального тепла в тепловых насосах	43
Карташова А.А. Возникновение бифуркационных явлений на примере исследования уравнений движения и сохранения энергии	45
Пархомчик Е.В. Модернизация источников теплоты в Оренбургской области	46
Каткова Е.И. Разработка методики расчета разветвленных схем пароснабжения промышленного предприятия	47
Садовников Е.С., Слюсарский К.В. Система «теплый пол» – альтернатива радиаторному отоплению квартир	48
Кильдиярова Л.Н. Математическая модель для расчета переходных режимов эксплуатации мазутопровода	49
Соколов Д.Г. Методика сравнительных испытаний материалов и покрытий на эрозию	50
Кильдияров Л.Н. Использование изоляции при хранении мазута в резервуарах	51

Фатхуллина Р.Р. Изучение проблемы топливоснабжения Ириклинской ГРЭС	52
Солдаева А.А. Использование тепловых насосов в системах отопления в условиях России	53
Фокин А.А. Причины абразивного изнашивания входных кромок рабочих и выходных кромок направляющих лопаток паровых турбин и задачи для повышения их износостойкости	54
Хайриева Э.М. Холодное хранение жидкого топлива	55
Чащина С.А. Формирование тепло-влажностного режима в помещении бассейна	56
Мингазутдинов Р.Ш. К вопросу об энергетической эффективности шинного завода	57
Чащина Ю.А. Организация воздухораспределения в зрительных залах театров	58
Максимова Р.И. Потери напора в местных сопротивлениях при движении через них эмульсионных смесей	59
Честобаев Т.Т. Модернизация системы водоснабжения Ириклинской ГРЭС	60
Трофимова А.В. Высокоэффективные теплообменные аппараты типа ТТАИ	61
Петров А.Ю. Влияние влажности топлива на топочный процесс	62
Сабитов М.Р. Техничко-экономический анализ мероприятий по снижению теплопотребления	63
Лукин В.И. Защита водогрейных котлов и теплообменного оборудования	64
Хаппанова Г.М. Особенность вязкости водотопливных эмульсий	65
Валитов И.И. Энергосберегающие мероприятия в системах пароснабжения промышленных предприятий	66
Миннуллин Р.Н. Совместное сжигание торфа и мазута	67
Хузяхметова М.Т. Энергосбережение при сушке желатина	68
Насриев М.А. Особенности процесса массообмена при замещении взаимно малорастворимых сред	69
Офицеров А.В. Проблемы деаэрации воды в энергетике и способы их решения	70
Халиуллин А.Х. Разработка лабораторного стенда на базе теплового насоса	71
Хаметова Р.Р. Сжигание тяжелых мазутов и гудрона	72
Хасаншина А.А. Гидравлические режимы тепловой сети	73

Хузина Л.Ф. Организация последовательной перекачки нефтепродуктов по действующему трубопроводу	74
Якимов А.В. Хранение высоковязких жидкостей на предприятиях	75
Бабушкин Н.А. Анализ работы приточно-вентиляционных установок на тепловой станции.	76
Babushkin N.A. Power efficient cooling converter gas.	77
Казанкин Г.П., Максимов А.А., Ахмедьянов А.Р. Плоскофакельное сжигание вторичных энергоресурсов в топке газоплотного котла высокого давления КГМ-125-10-540 ОАО «СКБК»	78

СЕКЦИЯ 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Александров В.В. Процессуальный компонент эксплуатационной деятельности инженера	80
Хабибуллин Р.М. Применение методов графоаналитического анализа при исследовании систем теплоснабжения	81
Жуков Д.В. Регулирование тепловой нагрузки в системах централизованного теплоснабжения	82
Логунов Г.И. Актуальность применения приборов диагностики линий электропередачи	83
Карев Д.С. Повышение эффективности работы СЦТ микрорайона Вербовский города Муром	84
Тырышкин В.Н. Диагностика теплоэнергетического оборудования с использованием вейвлет-преобразований и нейронной сети	85
Трушина И.В. Исследование тепловых неравномерностей в пароперегревателе котельного агрегата ТП-81	86
Попкова О.С. Нестационарное взаимодействие горячей капли с пульсационным потоком газа в цилиндрической трубе	87
Чащина С.А. Использование полимерных материалов при эксплуатации тепловых насосов	88
Шайхутдинов А.А. Биоэнергетический реактор политрубногo типа	89
Чащина Ю.А. Проблемы центрального регулирования в системах теплоснабжения	90
Шульгач А.Ю. Особенности работы биоэнергетического реактора	91
Игнатьев В.Н. Теоретические основы получения искусственного холода	92

Загретдинов А.Р. Дефектоскопия композиционных материалов ударно-акустическим методом	93
Терехина Н.А. Диагностика и автоматизация теплоэнергетического оборудования	94
Шакирова А.М. Существующие методы подготовки технической воды	95
Ильясов Н.Х. Система автоматизированного возбуждения резонансных колебаний	96
Калачева С.Р. Оптимизация процесса подогрева субстрата в биогазовых установках	97
Романова М.В. Использование вейвлет-анализа при виброакустическом контроле оборудования	98
Белянина Н.В. Кондиционирование воздуха	99
Бормотов С.А. Тепловые насосы	100
Валиуллина М.Ф. Использование низкопотенциальной теплоты системы оборотного водоснабжения ТЭЦ	101
Гапоненко С.О. Обслуживание биогазовых установок	102
Гатауллин Р.Р. Особенности построения вытяжной вентиляции.	103

СЕКЦИЯ 4. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

Камаева К.Е. Проблемы оценки остаточного ресурса паропроводов.	104
Насырова Р.А. Обзор исследований механизмов разрушения валов консольных нефтяных насосов типа НК 65/35-125	105
Насырова Р.А. Математическое моделирование механики деформирования опорных сооружений мощной паровой турбины ТЭС.	106
Десятникова Е.А. Исследование моделей разрушения валопроводов с мембранными муфтами газоперекачивающих агрегатов	107
Захаров А.П. Исследование напряженно-деформированного состояния элементов конструкции сваебойного трубчатого молота .	108
Киреева А.З. Конструирование и расчет на прочность деаэратора вихревого типа	109
Ганиев Р.Н., Гаврилов Е.Н. Особенности выбора электродвигателей для систем частотного регулирования.	110
Смирнов Е.В. Расчет эффекта памяти формы в программном модуле Ansys	111

**СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
В ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ
И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ**

Дюпин А.В. Применение теплоаккумулирующих материалов для увеличения теплового комфорта в помещении	112
Филонова И.И. Энергетический баланс и возможности утилизации ВЭР целлюлозно-бумажного производства	113
Габитов Р.Н. Экспериментальная установка для исследования процессов фильтрации в слое ТБО	114
Габитов Р.Н. Экспериментальные исследования процесса фильтрации газа в пористом слое.	114
Хамурзин М.С., Лапочкина В.В. Экспериментальные исследования по таянию снежно-ледяных масс под воздействием микроволн	115
Хамурзин М.С., Лапочкина В.В. Математическое моделирование процесса таяния снега под воздействием микроволн	116
Хамурзин М.С. Микроволновый анализатор состава сырой нефти	117
Богданова Н.В., Зайнуллин А.Р., Башкинов В.Ю., Тараканова В.Н. Численное исследование нестационарного течения жидкости в трубчато-кольцевом канале.	118
Татарина Т.В. Создание генератора аналитических решений для верификации программ нагрева тел в вычислительных комплексах с граничными условиями третьего рода.	119
Федосеев С.В. Исследование возможности применения фракталов при нахождении гидравлического сопротивления слоя с неизвестной пористой структурой	120
Ялховских Д.С. Исследование работы циклона-уловителя после печи сферолизации полых стеклянных микросфер на основе математического моделирования	121
Шакирова Е.А., Марюшин Л.А., Костюков А.М. Интенсификация теплоотдачи в рекуператорах с секционированными капиллярными каналами в зоне кипения теплоносителя	122
Хайбуллина А.И. Энергосбережение при использовании растворителей в очистке нефтяной скважины.	123
Валиева И.И. Оптимизация многоступенчатого отбора пара в паротурбинной установке.	124
Кухлевский А.П. Энергосбережение в циклическом заводнении нефтяных месторождений.	126
Ахмад Али Ниджрс. Энергосберегающее оборудование для очистки нефтяных скважин пульсационным методом	127

Просвирнина К.И. Решение задач энергосбережения на базе детандирования	129
Исмагилова Р.Ф. Энергоресурсосбережение в технологиях очистки сточных вод от нефтепродуктов.	130
Камалова Э.Р. Повышение эффективности производства азотной кислоты путем интенсификации его этапов	131
Локманова А.М. Эффективность использования ресурсов и управление ими в производстве строительных материалов	132
Ганиев Р.Р. Энергосберегающие технологии с использованием теплонасосных установок в молочной промышленности	134
Мухамадиев Р.Р. Интенсификация теплообмена в аппаратах сахарного производства	135
Шараева Г.Р. Источники низкопотенциальной теплоты	137
Титов Д.Е. Разработка электротехнического устройства для утилизации низкопотенциального тепла на основе эффектов Пельтье и Зеебека	138

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Серазетдинов Н.З. Очистка воды от механических примесей	139
Киаука М.Ю. Разработка экспериментального стенда для лабораторных испытаний оросителей градирен на основе регулярных складчатых структур	140
Киаука М.Ю. Разработка методики лабораторных испытаний оросителей градирен на основе регулярных складчатых структур	141
Киаука М.Ю. Применение численных методов для моделирования аэродинамических процессов в каналах оросителя градирни на основе регулярных складчатых структур	142
Крылова А.Н. Энергосбережение при регенерации гликоля на установках осушки природного газа	143
Фатхиева З.Ф., Саляхова И.И. Стабилизация топочных мазутов	144
Саляхова И.И., Фатхиева З.Ф., Ганина Л.В. Изучение свойств многофункциональной присадки к мазутам	145
Исхаков А.Р., Фарахов Т.М. Очистка дымовых газов ТЭС от вредных веществ	146
Колегов А.В. Освоение противоточной технологии ионирования воды	147
Будеева Е.П. Водоподготовка водогрейных котлов малой мощности лаборатории Центра энергоэффективных технологий	148

Карпычев Е.А., Курдакова И.М. Исследование условий и подбор эффективных реагентов для коагуляции воды на ТЭЦ-ПВС ОАО «Северсталь»	149
Коротина Н.А. Предотвращение попадания «органики» в водные потоки ТЭС	151
Голубчиков М.А., Гараев Д.Р. Исследование зависимости сорбционной емкости шлама осветлителей ТЭС от гранулометрического состава	153
Недзвецкая Р.Я. Использование шлама осветлителей ТЭС с целью дефосфатизации и деаминирования сточных вод промышленных предприятий	154
Смирнова А.П. Влияние нефтепродуктов на процесс водоподготовки для ТЭС	155
Чубукова М.А. Повышение качества эксплуатации нефтяного оборудования	156
Зиятдинова А.Х. Исследование удерживающей и поглощающей способности торфа из месторождения Богородское Республики Татарстан	157
Новоселова А.С. Опыт реконструкции ионитной части водоподготовительной установки на Заинской ГРЭС	158
Аван В.К. Влияние водорода на водно-химический режим котлов	159
Аван В.К. Повышение эффективности коагуляции и уменьшение затрат на водоподготовку	160
Тараскин М.М. Определение эффективности очистки газов и паров от дисперсной среды вихревыми элементами	161

СЕКЦИЯ 7. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Волков М.А., Галиев И.И. Мониторинг физико-химических процессов в системе оборотного охлаждения Набережночелнинской ТЭЦ	163
Гильмутдинов А.Ю. Математическое моделирование системы вентиляции главного корпуса ТЭС	164
Жамлиханов Т.А. Анализ технических показателей котла-утилизатора Е-50-0,7-250 при переменных режимах работы	165
Жамлиханов Т.А. Исследование котлов-утилизаторов вертикального и горизонтального типа для ПГУ	166
Вафин Т.Ф., Королев А.Г. Электродиализная установка для утилизации сточных вод ВПУ ТЭС и генерации щелочи	167
Мусин А.А. Дозвуковые камеры смешения с турбулизацией потока плохообтекаемыми телами и поперечным вдувом струй	169

Гайнутдинова Л.И. Анализ воды и отложений в системе оборотного охлаждения Набережночелнинской ТЭС	170
Липантьев Р.Е. Очистка мазутов от сернистых соединений электродуговым методом	171
Матвеев Д.Ю. Системы автоматизированного контроля и управления водно-химическим режимом тепловой сети	172
Клюев И.А. Вопросы энергосбережения на базе парогазовых технологий	173
Ковальков А.А. Повышение эффективности работы газотурбинных установок	174
Паймин С.С. Использование тренажера блока К-300-240 для проведения испытаний по отключению системы регенерации высокого давления и отработка алгоритма операций по растопке котлоагрегата типа ТГМ-84 «А» на компьютерном тренажере ТЭЦ с поперечными связями	175
Исмагилова Л.Р. Исследование влияния структурно-группового состава масла на его старение	176
Шакиров А.Р. Обеспечение высокого качества острого пара конденсационных турбоустановок	177
Крылова Э.В. Метод ОРГРЭС и используемая в нем нормативно-техническая документация	179
Залялов Р.Р. Использование тренажера К-300-240 для отработки процесса пуска энергоблока от момента толчка ротора до выхода на номинальную электрическую нагрузку и для оценки режимов работы оборудования при работе на питательном турбонасосе и пускорезервном электронасосе	180
Большихин А.Ю. Об эффективности отбора дымовых газов на котлах с регенеративными вращающимися воздухоподогревателями	182
Коровкин А.А. Сравнение режимов работы оборудования на скользящих и номинальных параметрах при частичной нагрузке и отработка пусковых операций энергоблока из холодного состояния на базе компьютерного тренажера блока К-300-240	183
Латыпов А.Я. Автоматизация расчета технико-экономических показателей ТЭС для оперативной оптимизации распределения тепловых и электрических нагрузок между параллельно работающими турбинами	184
Кушников А.Ю. Снижение содержания кислорода в дистилляте системы охлаждения статора турбогенератора № 3 Заинской ГРЭС	185
Тезев А.Ю. Усовершенствование метода определения герметичности трубной системы подогревателей типа 600ТП-25-М1-С	186

СЕКЦИЯ 8. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Абдуллина Д.А., Кильдюшева И.А. О возможностях использования преобразователей частоты Mitsubishi Electric	189
Babushkin N.A. Silicate-enamel coating tube	190
Babushkin N.A. Heat-insulated heatproof concrete	191
Гранкин М.С., Кривохижин А.В. Тепловые потери в тепловых сетях наземной и подземной прокладки	192
Гурков П.Д. Постановка задачи анализа качества теплоснабжения административного здания	193
Данилов А.В., Акульшин Д.И. Энергосбережение в условиях современной экономики	194
Дорошенко М.В. О возможностях применения колов-утилизаторов	195
Журова А.В. Методика энергетического обследования организаций бюджетной сферы на примере высшего учебного заведения	196
Ильясова Л.Н. Уменьшение потерь в котельном агрегате	197
Курмангалеева Г.Ф. Основные мероприятия энергосбережения Орской ТЭЦ-1	199
Кутумова Е.О. Инновационная деятельность предприятия как фактор повышения энергетической эффективности производства	200
Лапатеев Д.А., Зайкова А.В. Влияние применения энергосберегающих ограждающих конструкций зданий с регулируемым сопротивлением теплопередаче на работу систем энергоснабжения промышленных предприятий	201
Медведева А.А., Шаулко И.О. Анализ режимов работы водяных тепловых сетей	202
Мракин А.Н. Обоснование параметров утилизации теплоты генераторного газа установок с газификацией твердого топлива	203
Муштакова Н.В. Теплозащитные экраны	204
Новиков А.В. Проблемы энергосбережения на предприятиях текстильной промышленности	205
Пиховкина Н.В., Чащина С.А. Использование приключенной турбины на ТЭЦ	207
Рахматулин С.В. Анализ теплоизоляционных материалов тепловых сетей	208
Родионов Г.А., Данков М.В. Энергетическое обследование Ивановского государственного энергетического университета	209

Садовников Е.С., Пиховкина Н.В. Реконструкция котельной с применением газовой надстройки с утилизацией тепла и выработкой электроэнергии	210
Сараева Е.А. Энергосбережение на предприятии МУП ОПТС	211
Солдатенкова Ю.А., Скородулина А.А. Анализ эффективности систем воздухообеспечения	212
Тихонова В.В. Анализ возможности теплоснабжения здания с использованием теплонасосной установки	213
Шмаргило В.В. Ветроэнергетическая установка своими руками	214
Закирова И.А. Исследование альтернативного направления реакции вулканизации каучука СКЭПТ-ЭНБ <i>n</i> -динитрозобензолом методом DFT B3LYP	216
Ахметшин М.Р., Моряшов А.А. Расчет энергетических эффектов реакции вулканизации каучука СКЭПТ-ДЦПД парадинитрозобензолом на примере 3,4-диметилциклопентена	217
Ахметшин М.Р., Моряшов А.А. Исследование диэлектрической прочности композиционного материала СКЭПТ-ДЦПД холодной вулканизации	218
Мубаракшина Г.И., Кузнецова М.А. Физико-технологические основы инверсии фаз в струйных аппаратах	219
Назипова Л.А. Автоматическое регулирование потребления теплоты – один из способов экономии энергии	220
Ильин О.В. Определение жесткости сетевой воды бесконтактным кондуктометрическим прибором	221
Нигматзянов Х.Р. Анализ режимов работы теплообменников в лабораторной установке «Исследование теплообменников и насосов»	222
Ранжус Х. Анализ энергозатрат при различных процессах изготовления оболочковых деталей	223
Моряшов А.А., Ахметшин М.Р. Моделирование реакции вулканизации каучука СКЭПТ-ДЦПД парадинитрозобензолом	224

СЕКЦИЯ 9. ТЕПЛОФИЗИКА

Глушакова Н.Н. Физика газожидкостного взаимодействия	226
Абдулхаев Р.Ф. К вопросу об экономической эффективности использования тепловых насосов в России	227
Валиева О.В. Оценка погрешности среднего возраста в $^3\text{H} / ^3\text{He}$ -методе датировки подземных вод	228

Ерин О.Л. Разработка методических основ определения контактных термосопротивлений в малонагруженных соединениях энергетических установок	229
Латынин А.В., Ерин О.Л. Терморегулирование в теплонапряженных конструкциях энергетических установок	230
Гайнуллин Д.А. Численное исследование факела распыла центробежной форсунки в потоке газа	231
Гильфанов Р.Р. Модель течения и метод теплогидравлического расчета турбулентного потока в каналах со спиральными канавками для проекта ВПТО АЭС (типа ВГ-400), производящей электроэнергию и водород	232
Загидуллин Г.Г. Влияние размеров шаровых твэлов на теплогидравлическое качество активной зоны реактора AVR	233
Зарипов А.В. Спектральное и пространственное распределения теплового излучения по тепловоспринимающим поверхностям многокамерной топки	234
Магазинник Л.М., Кузьмина М.А. Влияние продольной неизотермичности стенки на теплоотдачу высокоскоростного турбулентного дисперсного потока в элементах проточной части энергетических установках на твердом топливе	236
Мазанкина Д.В. Технология паро-гравитационного дренажа при разработке природных битумов	237
Медведев И.Н., Агапитов А.Е. Интенсификация теплообмена при продувке металла в ковше инертным газом с помощью низкочастотных звуковых волн	238
Мирзоев Б.Г. Моделирование кинетики двухкомпонентной плазмы методом молекулярной динамики	239
Назипов Р.А., Данилов В.А. Метод исследования теплоотдачи в пористом теле	240
Пыренков Е.П. Численное моделирование в задачах параметризации радиационных характеристик продуктов сгорания.	241
Садыкова М.С. Об изменениях некоторых термодинамических параметров в процессе нагрева в системах с водородными связями	242
Тимошин А.Н. Восстановление контура спектральных линий поглощения (излучения) из экспериментальных данных	243
Юкачева Н.Ю. Методы численного моделирования эволюции 2D и 3D солитонов в диспергирующих средах	244
Степанов И.В. К вопросу моделирования пористой среды с учетом насыщения и осушения	245

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
доктора физико-математических наук,
профессора Ю.Я. Петрушенко*

Том 2

Компьютерная верстка *М.С. Беркутова*

Подписано в печать 15.03.10.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 15,3. Уч.-изд. л. 16,9. Тираж 500 экз. Заказ № 3694.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51

Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51



Тинчурин Форель Закирович (12.XII.1926–30.IX.2002) с 1976 года работал проректором Казанского филиала Московского энергетического института, а с 1985 года – ректором до 1994 года.

Ф.З. Тинчурин внес огромный вклад в разработку и совершенствование энерготехнических процессов. Им издано около 100 научных трудов, оригинальные идеи и разработки защищены 29 авторскими свидетельствами.

Заслуги Ф.З. Тинчурина были отмечены орденами «Знак почета» и Трудового Красного Знамени, почетным званием «Заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации», Заслуженный деятель науки и техники РТ, Заслуженный энергетик ТАССР.

В память талантливого ученого, педагога и организатора высшего образования в республике Фореля Закировича Тинчурина заложена традиция проведения ежегодной конференции «Тинчуринские чтения».