

ТЕПЛО- ЭНЕРГЕТИКА

В номере:

- *Переходные колебания погнутого ротора с остаточным дисбалансом при выбеге*
- *Экспериментальные исследования теплоотдачи и полей температуры в моделях, имитирующих тепловыделяющие сборки*
- *Оценка неопределенностей моделей теплогидравлических расчетных кодов*

9 **2015**

**ООО МАИК «НАУКА/
ИНТЕРПЕРИОДИКА»**

CONSTANT™

СТАБИЛЬНОСТЬ В НАСТОЯЩЕМ,
УВЕРЕННОСТЬ В БУДУЩЕМ!

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ И РЕМОНТ КОТЛОВ, ТУРБИН, СЕТЕЙ, ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

www.constant-kte.com



10 ЛЕТ НАДЕЖНОГО ПАРТНЕРСТВА!

ООО «КОМТЕХЭНЕРГО»

Россия, город Ярославль, Проспект Ленина, 7. Тел./факс: +7 (4852) 757-027. E-mail: info@constant-kte.com



**Быстродействующие распределенные
системы ответственного управления**

САРГОН®
www.nvtav.ru

Программные средства

- Полнофункциональность исполнительных систем АРМ и контроллеров
- Объектность и компонентность программ
- Независимость технологических программ и видеопрограмм от размещения их в ПТК
- Возможность имитационной отладки АСУТП
- Библиотеки готовых решений для приложений и типовых ЛСУ

Системные решения

- Шкаф ИРТЗО
- Шкаф температурного контроля
- Шкаф удаленных модулей УСО
- Шкаф управления горелкой
- Интеллектуальная СК "СКИД"
- Открытость решений
- Возможность использования в системе на базе любого современного ПТК

Технические средства

- Приспособленность для работы в жестких условиях эксплуатации
- Наличие резервированной сети Ethernet
- Компактная конструкция
- Большое количество высокоскоростных последовательных интерфейсов
- Большая вычислительная мощность
- Система Plug&play
- Открытость интерфейсов



Россия, 111250, Москва,
проезд завода "Серп и молот", д.6
Тел.: (495)361-2334, 362-1771
Факс: (495)361-6807
mail@nvtav.ru, www.nvtav.ru

НВТ
АВТОМАТИКА

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 9, 2015

Паротурбинные, газотурбинные, парогазовые установки и их вспомогательное оборудование

Анализ проблем, возникающих при эксплуатации энергоблока 800 МВт
Пермской ГРЭС на скользящем давлении

*Авруцкий Г.Д., Захаров А.Е., Саркисян В.А.,
Фролов М.С., Шварц А.Л., Адамов А.С.*

3

Исследование системы регенерации бездеаэраторной тепловой схемы
энергоблока 300 МВт при сниженной нагрузке

*Есин С.Б., Трифонов Н.Н., Сухоруков Ю.Г., Юрченко А.Ю.,
Григорьева Е.Б., Снегин И.П., Живых Д.А., Медведкин А.В., Рябич В.А.*

9

Переходные колебания погнутого ротора с остаточным дисбалансом при выбеге

Костюк А.Г., Волоховская О.А.

13

Эффективность моделирования пусков парогазовых установок из горячего состояния

Радин Ю.А., Конторович Т.С., Молчанов К.А.

18

Тепло- и массообмен, свойства рабочих тел и материалов

Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах

Валуева Е.П., Пурдин М.С.

24

Экспериментальные исследования теплоотдачи и полей температуры в моделях,
имитирующих тепловыделяющие сборки активной зоны ядерного реактора
с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем

*Беляев И.А., Генин Л.Г., Крылов С.Г., Новиков А.О.,
Разуванов Н.Г., Свиридов В.Г.*

34

Повышение энергоэффективности холодильных установок при уменьшении
температурного напора в конденсаторах с воздушным охлаждением

Шишов В.В., Талызин М.С.

41

Атомные электростанции

Оценка неопределенностей моделей теплогидравлических расчетных кодов

Грицай А.С., Мигров Ю.А.

45

Моделирование с помощью программного комплекса STAR CCM+
теплового состояния и естественной конвекции в металлическом слое
расплава при тяжелых авариях в реакторах типа ВВЭР

Кочетов Н.А., Локтионов В.Д., Сидоров А.С.

52

Энергосбережение, новые и возобновляемые источники энергии

Энергосберегающая сушка и ее применение

Ковбасюк В.И.

62

Использование мембранных технологий для получения электрической энергии

Кондратьева М.А., Лобанова О.Н., Орлов К.А., Пантелеев А.А., Хоружий О.В.

67

Охрана окружающей среды

Решение проблем бактериологического загрязнения систем теплоснабжения

Шарапов В.И., Замалеев М.М.

77

ПАРОТУРБИННЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ, ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Анализ проблем, возникающих при эксплуатации энергоблока 800 МВт Пермской ГРЭС на скользящем давлении¹

© 2015 г. Авруцкий Г.Д.², Захаров А.Е.², Саркисян В.А.², Фролов М.С.², Шварц А.Л.², Адамов А.С.³

ОАО ВТИ² – Пермская ГРЭС филиал ОАО “ИНТЕР РАО-Электрогенерация”³

e-mail: avruckii@rambler.ru

В период плановых ремонтов энергоблоков Пермской ГРЭС на подогревателях высокого давления (ПВД) выявлены трещины в местах приварки донышек к коллекторам. Специалистами ОАО ВТИ были проведены исследования, целями которых были получение более полных данных о влиянии цикличности нагружения и режимов работы на скользящем давлении на надежность энергетического оборудования, а также выдача рекомендаций по повышению надежности эксплуатации энергетического оборудования в условиях циклического изменения нагрузки. В статье представлены: анализ состояния основного и вспомогательного оборудования энергоблоков Пермской ГРЭС для выявления возможности и целесообразности их дальнейшей работы в режимах со скользящим давлением; анализ результатов расчета допускаемого числа циклов изменения нагрузок для коллекторов энергоблоков Пермской ГРЭС, работающих в условиях режима пуск-останов; оценка остаточного циклического ресурса коллекторов; результаты металлографического исследования донышка коллектора ПВД, в сварном шве которого была обнаружена сквозная трещина. Даны рекомендации по проведению контроля и изменению конструкции донышек коллекторов для повышения надежности их эксплуатации.

Ключевые слова: паровой котел, паровая турбина, режим скользящего давления, циклическая нагрузка, ПВД, коллектор, донышко коллектора, повреждение.

ПАРОТУРБИННЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ, ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Исследование системы регенерации бездеаэраторной тепловой схемы энергоблока 300 МВт при сниженной нагрузке

© 2015 г. Есин С.Б.¹, Трифонов Н.Н.¹, Сухоруков Ю.Г.¹, Юрченко А.Ю.¹, Григорьева Е.Б.¹,
Снегин И.П.², Живых Д.А.², Медведкин А.В.², Рябич В.А.³

ОАО НПО ЦКТИ¹ – ООО “Востокэнерго”² – ПАО “Донбассэнерго”³

e-mail: bdzu@ckti.ru

На территории бывшего СССР по бездеаэраторной тепловой схеме успешно работают более 30 энергоблоков тепловых электростанций. Большую часть из них составляют энергоблоки мощностью 300 МВт с турбинами ХТГЗ и ЛМЗ. Они работают с переменным графиком электрической нагрузки, характеризующимся глубокими снижениями при прохождении ночных минимумов. Дополнительное расширение диапазона регулирования энергоблока позволяет поддерживать диспетчерский график нагрузки и получать прибыль для электростанции. Целью исследований является расчетная и опытная отработка режимов работы системы регенерации паротурбинных установок в условиях расширенного регулировочного диапазона и снятия ограничений по системе регенерации и ее оборудования. Рассмотрены ограничения по тепловой схеме, снижающие КПД энергоблока при расширении диапазона регулирования. Представлены результаты испытаний бездеаэраторной тепловой схемы с турбиной ХТГЗ. Исследована работа турбонасоса и питательного электронасоса на нагрузке энергоблока 120–300 МВт. Надежность работы питательных насосов подтверждена стабильным вибрационным состоянием, отсутствием кавитационного шума и вибрации на частоте, характеризующей кавитационный режим, поддержанием температуры масла после подшипников в пределах нормы. Определена кавитационная характеристика насосов в исследуемом диапазоне их работы. Предложены технические решения по обеспечению экономичной и устойчивой работы системы регенерации при расширении диапазона регулирования нагрузки энергоблока. Разработана и исследована система регенерации на действующем энергоблоке с бездеаэраторной тепловой схемой системы отвода конденсата греющего пара ПВД в смеситель при расширении регулировочного диапазона нагрузки энергоблока 300 МВт.

Ключевые слова: бездеаэраторная тепловая схема, питательный турбонасос, питательный электронасос, подогреватели высокого давления, конденсат греющего пара, конденсатный насос второй ступени (второго подъема).

ПАРОТУРБИННЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ, ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Переходные колебания погнутого ротора с остаточным дисбалансом при выбеге

© 2015 г. Костюк А.Г.¹, Волоховская О.А.²

Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”¹ –
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН²

e-mail: olgaavol@yandex.ru

На основе модели однопролетного ротора, имеющего первоначальный неустраняемый прогиб и остаточный дисбаланс, проведена оценка амплитуд в контрольных точках (на опорах и в середине пролета) его резонансных колебаний в окрестности критических скоростей, которые лежат ниже рабочей угловой скорости и которые ротор проходит при вращении с отрицательным угловым ускорением в период после отключения турбины до своей полной остановки (при выбеге). Рассмотрено два варианта установки ротора на податливых анизотропных опорах (подшипниках скольжения с эллиптической расточкой): при стендовых испытаниях, когда имеются две податливые опоры, и при взаимодействии ротора с остальной частью валопровода турбоагрегата в сборке, которое было промоделировано наличием податливой опоры на левом конце и неподвижного шарнира – на правом. В качестве примера приведены расчеты для ротора высокого давления турбины типа К-300-23.5 при наличии у ротора первоначального прогиба и остаточного дисбаланса. Значения обоих факторов возбуждения выбирались равными максимально допустимым, которые установлены действующими в практике эксплуатации турбоагрегатов ограничениями на значения тепловой пробы для первоначального прогиба термически нестабильного ротора и его остаточного дисбаланса. Рассмотрены случаи наличия у ротора сосредоточенной неуравновешенности, которая возникает в результате вылета лопатки или участка диска, и распределенной остаточной неуравновешенности после предварительной балансировки на стенде. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: погнутость ротора, остаточный дисбаланс, выбег ротора, амплитуды вынужденных колебаний, тепловая проба.

ПАРОТУРБИННЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ, ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эффективность моделирования пусков парогазовых установок из горячего состояния

© 2015 г. Радин Ю.А.¹, Конторович Т.С.¹, Молчанов К.А.²

ОАО “Всероссийский теплотехнический институт”¹ – ЗАО “Интеравтоматика”²

e-mail: vti-unit@yandex.ru

Обоснование характеристик маневренности генерирующего оборудования тепловых электростанций (ТЭС), в особенности парогазовых установок (ПГУ), актуально для современных условий и связано с расчетом термонапряженного состояния и анализом циклической прочности критических элементов парового тракта при различных скоростях нагружения. Такие задачи до настоящего времени решались двумя возможными способами: по результатам испытаний на действующем оборудовании и с использованием математических моделей высоконагруженных деталей оборудования ПГУ. В статье отдано предпочтение второму способу. Результаты математического моделирования в виде временных зависимостей температурного состояния критических деталей оборудования были взяты в качестве исходных данных для расчета их термонапряженного состояния и анализа повреждаемости по критерию эквивалентных часов эксплуатации, который является интегральным показателем накопления повреждаемости деталей оборудования и может быть использован для разработки программ технического обслуживания. Получена зависимость количества эквивалентных часов эксплуатации от начальной температуры металла выходного коллектора пароперегревателя высокого давления, в наибольшей степени ограничивающего скорость нагружения энергоблока. Показано, что количество эквивалентных часов эксплуатации оборудования паровой части цикла ПГУ при пусках из горячего состояния не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на ресурс оборудования (котлов-утилизаторов, паровой турбины, паропроводов).

Ключевые слова: парогазовая установка, математическая модель, энергоблок, пуск из горячего состояния, эквивалентные часы эксплуатации, критические элементы оборудования, продолжительность нагружения энергоблока, выходной коллектор пароперегревателя, ротор высокого давления паровой турбины, котел-утилизатор.

ТЕПЛО- И МАССООБМЕН, СВОЙСТВА РАБОЧИХ ТЕЛ И МАТЕРИАЛОВ

Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах¹

© 2015 г. Валуева Е.П., Пурдин М.С.

Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”²

e-mail: ep.Valueva@gmail.com

Задача о ламинарном пульсирующем течении и теплообмене при больших амплитудах колебаний средней по сечению скорости в круглой трубе и плоском канале решена методом конечных разностей. Определены оптимальные параметры разностной схемы. Получены данные по амплитуде и фазе колебаний коэффициента гидравлического сопротивления, касательного напряжения на стенке, температуры жидкости, теплового потока на стенке q_c ($\vartheta_c = \text{const}$), температуры стенки ϑ_c ($q_c = \text{const}$). По значению безразмерной частоты колебаний выделены два характерных режима — квазистационарный и высокочастотный. В квазистационарном режиме значения всех гидродинамических и тепловых величин соответствуют значениям средней по времени скорости в данный момент времени. Показано, что в высокочастотном режиме зависимости от безразмерной частоты колебаний колеблющихся составляющих гидродинамических и тепловых величин имеют одинаковый характер для прямолинейных каналов с разной формой поперечного сечения. Получено, что на распределении вдоль трубы тепловых характеристик (температуры жидкости, плотности теплового потока на стенке при $\vartheta_c = \text{const}$, температуры стенки при $q_c = \text{const}$) имеются узловые точки, в которых значения этих величин не изменяются. Расстояния между узловыми точками уменьшаются с увеличением частоты колебаний. Колебания тепловых характеристик вдоль трубы затухают.

Ключевые слова: гидродинамика, теплообмен, пульсирующее течение, численное моделирование.

ТЕПЛО- И МАССООБМЕН, СВОЙСТВА РАБОЧИХ ТЕЛ И МАТЕРИАЛОВ

Экспериментальные исследования теплоотдачи и полей температуры в моделях, имитирующих тепловыделяющие сборки активной зоны ядерного реактора с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем¹

© 2015 г. Беляев И.А.², Генин Л.Г.³, Крылов С.Г.³, Новиков А.О.³, Разуванов Н.Г.², Свиридов В.Г.³

Объединенный институт высоких температур РАН²—Национальный исследовательский университет
“Московский энергетический институт”³

e-mail: GeninLG@mpei.ru

Цель настоящего экспериментального исследования — получение информации о температурных полях и коэффициентах теплоотдачи при течении жидкометаллического теплоносителя в моделях, имитирующих элементарную ячейку активной зоны реактора на быстрых нейтронах с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. Для дистанционирования твэлов в активной зоне реактора рассматривались два конструктивных варианта: в первом варианте дистанционирование осуществлялось с помощью спиральной проволочной навивки на наружной поверхности твэла, во втором — путем установки дистанционирующей решетки. Эксперименты выполнялись на ртутном контуре кафедры инженерной теплофизики НИУ МЭИ. Были изготовлены два экспериментальных участка, моделирующих элементарную ячейку для каждого рассматриваемого варианта дистанционирования твэлов. Исследование температурных полей осуществлялось с помощью специального шарнирного зонда, позволяющего производить измерение температуры в любой точке исследуемого поперечного сечения канала. Для определения коэффициентов теплоотдачи использовались значения температур стенки, полученные в момент касания королюком термопары зонда стенки канала. Такой способ определения температуры стенки позволяет избежать погрешностей, неминуемых при измерении температуры стенки с помощью термопар, закладываемых в пазы, выфрезерованные в стенке. При проведении экспериментов использовалась автоматизированная система научных исследований (АСНИ), обеспечивающая получение большого объема информации за короткое время. Экспериментальные исследования на первом опытном участке выполнены при $Re = 8700$, на втором — при пяти значениях числа Рейнольдса. Информация о температурных полях получена статистической обработкой массива выборочных значений показаний термопары зонда в 300 точках поперечного сечения экспериментального канала. Получен богатый материал для верификации кодов, используемых для расчета полей скорости и температуры в каналах с поперечным сечением сложной формы, моделирующих проходные сечения для жидкометаллических теплоносителей, охлаждающих активную зону ядерных реакторов.

Ключевые слова: реактор на быстрых нейтронах, активная зона, температурное поле, коэффициент теплоотдачи, ртутный контур, опытный участок, измерительный зонд, система АСНИ.

ТЕПЛО- И МАССООБМЕН, СВОЙСТВА РАБОЧИХ ТЕЛ И МАТЕРИАЛОВ

Повышение энергоэффективности холодильных установок при уменьшении температурного напора в конденсаторах с воздушным охлаждением

© 2015 г. Шишов В.В., Талызин М.С.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана¹

e-mail: vv@shishov.net

Проведена оценка экономичности потребления электроэнергии при сравнении реального цикла холодильной машины с теоретическим обратным циклом Карно. Показан потенциал экономии электроэнергии при использовании конденсаторов воздушного охлаждения с разными температурными напорами. Описана методика расчета холодильной системы с температурой кипения — 10°C , соответствующей при данном температурном уровне тепловой нагрузке типового магазина типа супермаркет. Расчет производился с учетом годового профиля температур в указанной местности и на основании возможности регулирования производительности конденсатора для поддержания постоянной температуры конденсации. Рассчитан срок окупаемости при использовании конденсаторов с разными температурными напорами, например при установке конденсаторов с температурным напором ниже 15 К он составит менее одного года. При уменьшении температурного напора, с одной стороны, увеличивается годовое потребление электроэнергии вентиляторами конденсатора, однако с другой — снижается давление конденсации, что ведет к уменьшению годового энергопотребления компрессорного агрегата. В итоге общее энергопотребление холодильной системы снижается настолько, что, несмотря на большую стоимость конденсаторов с меньшим температурным напором, появляется возможность обеспечить указанный выше срок окупаемости. Дополнительно был рассчитан срок окупаемости при использовании алюминиевого микроканального конденсатора с воздушным охлаждением: при установке такого конденсатора с температурным напором 8 К по сравнению с конденсатором с температурным напором 15 К он составит менее полугода. Приведены рекомендации для проектирования новых холодильных систем с конденсаторами воздушного охлаждения.

Ключевые слова: энергоэффективность, температурный напор, конденсатор воздушного охлаждения, срок окупаемости, обоснование выбора конденсатора.

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Оценка неопределенностей моделей теплогидравлических расчетных кодов

© 2015 г. Грицай А.С., Мигров Ю.А.

Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова¹

e-mail: ansg_m@mail.ru

Статья посвящена вопросам, связанным с проблемой определения статистических характеристик варьируемых параметров (диапазона варьирования, закона распределения) при проведении анализа неопределенности и чувствительности результатов расчетов к неопределенности входных данных. Представлен сравнительный анализ современных подходов к решению данной задачи. Показана необходимость разработки альтернативного метода оценки неопределенности модельных параметров теплогидравлических расчетных кодов, в частности замыкающих соотношений блока контурной теплогидравлики. Этот метод должен обладать минимальной степенью субъективизма и быть основанным на объективных количественных критериях оценки. Метод включает в себя три последовательных этапа: подбор экспериментальных данных, удовлетворяющих заданным критериям, идентификацию ключевого замыкающего соотношения с помощью анализа чувствительности, вариантыные расчеты с последующей статистической обработкой результатов. Метод позволяет оценить диапазон неопределенности варьируемого параметра, а также, в случае представительности экспериментальной информации, установить закон его распределения в указанном диапазоне. Практическое применение метода продемонстрировано на задаче оценки неопределенности параметра в модели перехода к закризисному теплообмену, используемой в теплогидравлическом расчетном коде КОРСАР. По результатам выявлена необходимость сужения установленного ранее диапазона неопределенности данного параметра и замены равномерного закона распределения в указанном диапазоне нормальным законом. Предложенный метод может быть применен к различным теплогидравлическим расчетным кодам. Использование метода позволяет в некоторых случаях снизить консерватизм экспертных оценок неопределенностей модельных параметров расчетных кодов.

Ключевые слова: теплогидравлический расчетный код, замыкающие соотношения, неопределенность модели, закризисный теплообмен, критическое массовое расходное паросодержание, КОРСАР.

Моделирование с помощью программного комплекса STAR CCM+ теплового состояния и естественной конвекции в металлическом слое расплава при тяжелых авариях в реакторах типа ВВЭР

© 2015 г. Кочетов Н.А.¹, Локтионов В.Д.¹, Сидоров А.С.²

Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”¹ – ОАО “Атомэнергопроект”²
e-mail: haevac@yandex.ru

В статье рассматривается возможность использования программного комплекса (ПК) Star CCM+ для анализа теплового состояния металлического слоя ванны расплава, формирующегося при тяжелой аварии в реакторах корпусного типа при стратификации расплава. В целях проверки и обоснования использования данного ПК для моделирования процессов естественной конвекции в расплаве при высоких числах Рэлея решались тестовые задачи, показавшие хорошее соответствие полученных результатов с известными решениями и экспериментальными данными. Проведен параметрический анализ поведения металлического слоя расплава при различных условиях его нагрева, показавший определяющее влияние некоторых параметров на “фокусирующий” эффект и особенности течения в этом слое.

Ключевые слова: реактор, ВВЭР, теплообмен, расплав, естественная конвекция, температура, корпус реактора, моделирование, стратификация.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, НОВЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Энергосберегающая сушка и ее применение

© 2015 г. Ковбасюк В.И.

Объединенный институт высоких температур РАН¹

e-mail: platech@mail.ru

Известно эффективное применение перегретого пара в качестве теплоносителя для интенсификации сушки — важного звена многих современных технологий. Традиционная сушка, однако, крайне энергозатратна, а многие устройства сушки загрязняют атмосферу. Поэтому так актуально воспользоваться разработанным методом сушки перегретым паром под давлением, существенно превышающим атмосферное, с последующей передачей пара для использования в турбине для выработки электроэнергии как компенсации энергозатрат на сушку. В работе дан краткий термодинамический анализ технологии такой сушки, обоснованы ее экологические преимущества, представлен возможный выигрыш от использования влажных отходов и получения топлив высокого качества из влажного сырья. Разработана схема защиты турбины от загрязнений, которые могут попасть в пар при сушке. Потенциальными преимуществами метода являются также отсутствие поверхностей нагрева, контактирующих с влажными средами, отсутствие выбросов в атмосферу, доступность использования тепла невысокого потенциала для опреснения и получения чистой воды. Новая сушка может сыграть исключительно важную роль при внедрении в технологии термического уничтожения антропогенных отходов. Несмотря на все старания привить населению методы сортировки твердых бытовых отходов для извлечения ценного вторичного сырья, основная проблема мегаполисов — куда девать не утилизируемые остатки, которых по статистике набирается не менее 85% исходного количества мусора, — может быть решена, и притом полностью, лишь при сжигании. В еще большей мере это относится к осадку сточных вод. Отходы можно безопасно и эффективно сжечь, лишь избавив их от влаги. При этом достигается возможность полного разрушения диоксинов и их токсичных аналогов благодаря оптимизации температуры горения.

Ключевые слова: сушка перегретым паром под давлением, энергосбережение, влажные материалы, отходы.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, НОВЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Использование мембранных технологий для получения электрической энергии

© 2015 г. Кондратьева М.А.¹, Лобанова О.Н.², Орлов К.А.¹, Пантелеев А.А.¹, Хоружий О.В.²

Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”¹ – ЗАО НПК “Медиана-Фильтр”²

e-mail: masha_moroz_@mail.ru

Описаны наиболее перспективные возобновляемые источники энергии, основанные на мембранных процессах с использованием градиента солености воды. Энергия получается благодаря разнице осмотического давления, которая возникает при переходе через полупроницаемую мембрану молекул воды из раствора с низкой концентрацией соли в более концентрированный раствор, что можно наблюдать, например, при смешении речной и морской воды. В результате повышается объемный расход воды и вырабатывается энергия путем сброса давления через гидротурбину. Проведена теоретическая оценка максимально возможной производительности установки при применении существующих в настоящее время мембран. Представлена простейшая схема преобразования осмотической энергии в электрическую. Выявлены две фундаментальные задачи, которые необходимо решить, чтобы создать высокоэффективную осмотическую машину, а именно уменьшить технологические потери, связанные с механическими потерями в насосе, турбине, затраты на предварительную подготовку речной и морской воды, а также найти оптимальное соотношение потоков “пресная вода—солёная вода”. Получено выражение для определения потока воды через мембрану в зависимости от потока морской воды при заданном осмотическом и рабочем давлении. Установлен диапазон оптимального соотношения потоков “пресная вода—солёная вода” путем построения модели потоков в мембранном элементе. Определены области параметров, в которых производимая мощность будет максимальной. Представлен расчет экономической эффективности работы осмотической электростанции на примере станции, построенной в Норвегии. Проведен анализ этой станции, и предложены методы повышения ее эффективности.

Ключевые слова: осмос, обратный осмос, прямой осмос, мембранный процесс, PRO (pressure retarded osmosis — давление обратного осмоса), возобновляемая энергетика, полупроницаемая мембрана, перепад давления, солёные растворы, осмотическая энергия, мембранная система, осмотическая электростанция.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Решение проблем бактериологического загрязнения систем теплоснабжения

© 2015 г. Шарапов В.И., Замалеев М.М.

Ульяновский государственный технический университет¹

e-mail: mansur_zamaleev@mail.ru

Рассмотрены проблемы эксплуатации открытых и закрытых систем централизованного теплоснабжения, связанные с бактериологическим загрязнением сетевой воды. Отмечено, что системы централизованного теплоснабжения в принципе безопасны в санитарно-эпидемиологическом отношении. Приведены данные об опасности сульфидного загрязнения тепловых сетей. Показано, что основными причинами развития в тепловых сетях сульфатредуцирующих и железобактерий являются значительное биологическое загрязнение исходной воды, предназначенной для подпитки теплосети, которое определяется по окисляемости воды, и низкая скорость движения сетевой воды в элементах системы теплоснабжения. Подробно рассмотрен случай сульфидного загрязнения части открытой системы теплоснабжения г. Ульяновска. Предложены мероприятия по очистке трубопроводов и оборудования системы теплоснабжения от продуктов жизнедеятельности сульфатредуцирующих и железобактерий, а также по улучшению качества сетевой воды путем организации гидравлического и водно-химического режима, исключающего бактериологическое загрязнение тепловых сетей. Показано положительное действие силиката натрия по предупреждению сульфидного загрязнения тепловых сетей.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, бактериологическое загрязнение, сульфатредуцирующие бактерии, железобактерии, гидравлический и водно-химический режимы теплосети.