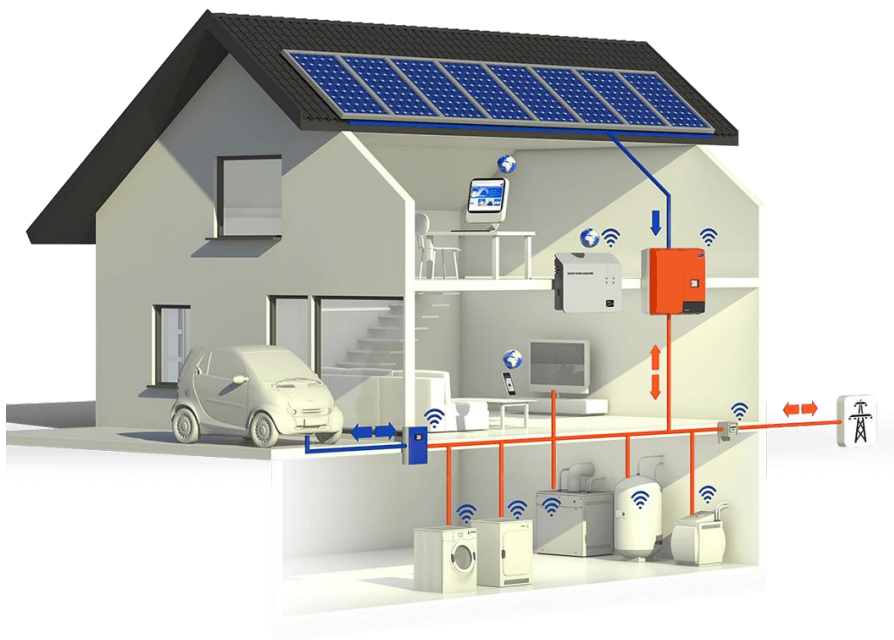


ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Материалы
II Всероссийской научно-практической конференции
(Санкт-Петербург, 6 ноября 2018 г.)



Санкт-Петербург
2018

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

ВЫПУСК 2

Материалы

II Всероссийской научно-практической конференции

(Санкт-Петербург, 6 ноября 2018 г.)

**Санкт-Петербург
2018**

УДК 620.9

ББК 31

Э 651

Энергетика и автоматизация в современном обществе: материалы II Всероссийской научно - практической конференции/ под редакцией Т.Ю. Коротковой; сост. Г.А. Стеклова, М.С. Липатов; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. Вып. 2 – 185 с. – ISBN 978-5-91646-161-9

В настоящем сборнике представлены материалы II Всероссийской научно - практической конференции «Энергетика и автоматизация в современном обществе», состоявшейся 6 ноября 2018 года в г. Санкт-Петербурге.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторов, аспирантов, магистрантов и студентов учебных заведений, а также всех, проявляющих интерес к рассматриваемой проблематике с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Материалы представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Организаторы конференции не несут ответственность перед авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

Сборник статей постатейно размещён в научной электронной библиотеке elibrary.ru и зарегистрирован в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования).

Подп. к печати 13.11.2018 г.	Формат 60х84/16.	Бумага тип. № 1
Печать офсетная.	Печ. л. 11,5.	Уч.-изд. л. 11,5
Цена «С».	Заказ	Тираж 100 экз. Изд. № 87

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

ISBN 978-5-91646-161-9

© Высшая школа технологии и
энергетики СПбГУПТД, 2018
© Коллектив авторов, 2018

ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

На практике в системах теплоснабжения в большинстве случаев реализуется центральное качественное регулирование, дополняемое групповым или местным количественным регулированием [1]. Другими словами, на источнике теплоснабжения регулирование отпуска тепловой энергии проводится при помощи изменения температуры теплоносителя, а на ЦТП или ИТП – при помощи изменения его расхода.

Рассмотрим, каким образом осуществляется центральное качественное регулирование отпуска тепловой энергии на самом распространенном источнике теплоснабжения – водогрейной котельной (см. рис. 1).

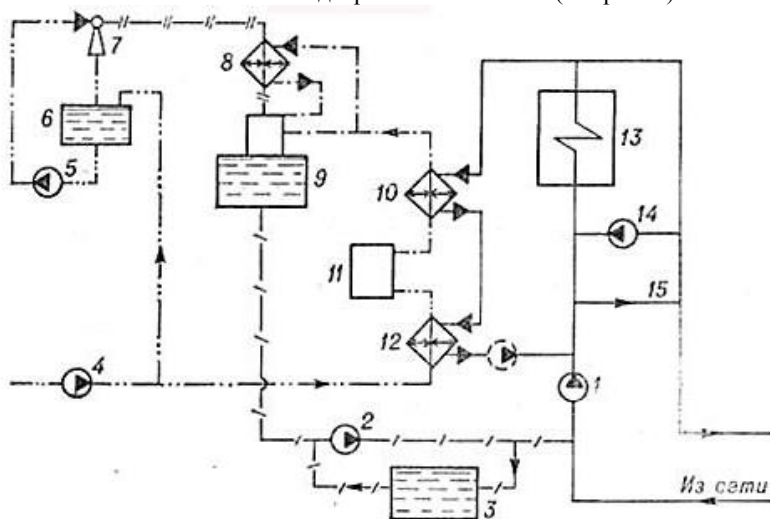


Рисунок 1. Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной

- 1 – сетевой насос; 2 – подпиточный насос; 3 – бак подпиточной воды;
4 – насос исходной воды; 5 – насос подачи воды к эжектору;
6 – расходный бак эжекторной установки; 7 – водоструйный эжектор;
8 – охладитель выпара; 9 – вакуумный деаэратор; 10 – подогреватель
химической очищенной воды; 11 – фильтр химводоочистки;
12 – подогреватель исходной воды; 13 – подогревный котел;
14 – рециркуляционный насос; 15 – линия перепуска.

При снижении температуры наружного воздуха тепловая нагрузка района теплоснабжения возрастает, а при достижении расчетной температуры для проектирования систем отопления она становится максимальной (для Санкт-Петербурга $t_{нро} = -24^{\circ}\text{C}$ [2]). В этом случае для покрытия увеличенной тепловой нагрузки района запускаются дополнительные пиковые водогрейные котлоагрегаты, среди которых наибольшее распространение получили котлы типа ПТВМ и КВГМ. Для более тонкого регулирования температуры воды в подающей магистрали теплосети предусматривается переключатель 15 (см. рис. 1), который служит для подмешивания части воды из обратной магистрали в подающую.

Следует заметить, что регулирование отпуска тепловой энергии подобными методами характеризуется очень большим транспортным запаздыванием, то есть высокой инерционностью регулирования, так как время движения потока теплоносителя от теплоисточника до наиболее удаленного потребителя может достигать нескольких часов [3]. Помимо данного недостатка имеет место высокая интенсивность низкотемпературной коррозии трубопроводов и поверхностей нагрева котлоагрегатов. Большую часть отопительного периода температура сетевой воды находится в пределах $60\div 75^{\circ}\text{C}$, что является благоприятными условиями для развития внутренней язвенной коррозии труб и поверхностей нагрева. Для минимизации коррозии на линии предусмотрена переключатель с насосом рециркуляции 14, который служит для поддержания температуры воды на входе в котел не ниже 70°C .

На ТЭЦ и паровых котельных обеспечивается более высокое качество регулирования отпуска теплоты. Подогрев сетевой воды производится в сетевых пароводяных подогревателях. На паровых котельных пар поступает в подогреватели напрямую от паровых котлов, на ТЭЦ – из отборов теплофикационных паротурбинных установок. В этих случаях достигается более тонкое регулирование тепловой нагрузки при помощи изменения расхода пара подаваемого в подогреватели сетевой воды, что является несомненным преимуществом паровых котельных и ТЭЦ перед водогрейными котельными. Но в любом случае, несмотря на указанное преимущество, центральное регулирование отпуска теплоты обладает высокой инерционностью независимо от вида источника теплоснабжения.

Регулирование температуры сетевой воды в подающей магистрали по среднесуточной или средней за несколько часов температуре наружного воздуха приводит к существенным колебаниям температуры воздуха внутри помещения у потребителей, что говорит о низком качестве теплоснабжения.

Центральное количественное регулирование в системах теплоснабжения не применяется. Это связано с тем, что периодические изменения расхода сетевой воды на источниках теплоснабжения приведет к переменному нестабильному гидравлическому режиму работы тепловых сетей, которые неспособны функционировать безаварийно в таких напряженных условиях ввиду значительной степени их износа.

Как правило, количественное регулирование реализуется на ЦТП или ИТП (групповое или местное регулирование) при помощи изменения числа оборотов насосов, изменения числа параллельно работающих насосов или установки на теплоисточнике насосов с различными характеристиками. При групповом количественном регулировании изменяется подача тепловой энергии в группы однотипных теплопотребляющих установок. На ЦТП контролируется и выдерживается среднее значение температуры воды в квартальной распределительной сети, однако в одной или нескольких точках системы может произойти нарушение температурного режима у ряда потребителей. Для реализации бесперебойного количественного регулирования и организации переменного расхода сетевой воды в теплосети необходимо полное оснащение всех ЦТП приборами автоматического регулирования параметров теплоносителя и гидравлической защиты от возникновения аварийных режимов, что требует огромных финансовых вложений.

При местном количественном регулировании на ИТП изменяется подача тепловой энергии одному потребителю – отдельному зданию или его части. Так же как и при групповом регулировании, в случае с ИТП велика вероятность нарушения температурного режима в отдельных помещениях здания. Это связано с так называемыми вертикальными и горизонтальными разрегулировками в системах отопления. На ИТП через разводящий трубопровод в отопительные стояки поступают разные расходы сетевой воды. По этой причине помещения, которые объединены наиболее удаленным стояком, недогреваются, а те помещения, которые связаны с первым по ходу движения воды стояком – перегреваются.

В жилых и общественных зданиях наибольшее распространение получили вертикальные однотрубные системы отопления, в которых сетевая вода проходит отопительные приборы последовательно от этажа к этажу, при этом температура воды постепенно снижается. По этой причине в домах с верхней разводкой наблюдается перегрев верхних этажей и недогрев нижних.

Данное обстоятельство заставляет перегреваемых потребителей открывать форточки, в результате чего часть тепловой энергии отпускаемой источником теплоснабжения в целях поддержания требуемой температуры воздуха внутри помещений уходит на улицу. Эту неиспользованную выпущенную на улицу теплоту потребитель также оплачивает согласно действующим тарифам на тепловую энергию, а теплоснабжающие организации вынуждены сжигать больше топлива, чем это необходимо.

Вышеупомянутые проблемы могут быть частично решены при помощи наладки местных систем теплопотребления - установки дроссельных или балансировочных клапанов. Данные устройства позволяют уравнивать расходы воды по стоякам отопительной системы.

При перегреве радиаторов верхних этажей и недогреве нижних в однотрубных системах отопления необходимо устанавливать дроссельные

шайбы перед приборами верхних этажей и уменьшать их поверхность нагрева [1]. Установка дроссельных шайб не гарантирует обеспечения наиболее рационального распределения теплоносителя по отопительным стоякам.

Балансировочные клапаны позволяют произвести более тонкую и точную наладку системы без ее слива. Однако следует отметить, что установка балансировочных клапанов требует больших финансовых затрат.

Индивидуальное количественное регулирование теплоты на абонентских теплопотребляющих установках при помощи терморегуляторов позволяет снижать расход сетевой воды, поступающей в отдельный отопительный прибор, при переотапливании. Однако далеко не каждая система отопления оснащена подобными устройствами. Как правило, они встречаются в новых жилых и общественных зданиях. В старом жилом фонде у большинства потребителей системы отопления не предусматривают терморегуляторов, а модернизация данных систем потребует отдельных финансовых вложений.

Потребители, чьи системы отопления оснащены терморегуляторами, будут активно их прикрывать в теплое время отопительного периода, что будет приводить к неполному потреблению тепловой энергии, отпущенной от источника теплоснабжения.

Список использованной литературы:

1. Иванов В.Д., Притула В.Н., Иванов С.В. Основы теплоснабжения: учеб.пособие / СПбГТУРП. СПб, 2013. — 404 с.
2. Степин В.А. Использование теплонасосной установки в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. 1997. №5. с. 28-29.
3. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164с.

© А.Д. Монашенко, 2018

УДК 621.643.053

Белобокhov Е.А., магистрант гр. 429.2

Руководитель: к.т.н., доцент **Иванов В.Д.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

При реконструкции района теплоснабжения производится замена старых, стальных труб на новые, перспективные полибутиленовые трубопроводы фирмы «Thermafex», произведенные с использованием запатентованных технологий.

Существует несколько факторов, которые мотивируют использовать данные трубопроводы. Во-первых, значительно меньшее значение температурных деформаций, что исключает из системы теплоснабжения такое оборудование, как компенсаторы, так как возможности

самокомпенсации в пластиковых трубах полностью покрывают нужду. А это влечёт за собой уменьшение расходов на закупку оборудования, упрощение монтажа.

Во-вторых, низкое значение шероховатости поверхности, что сокращает потери напора на трение. В-третьих, срок эксплуатации полибутиленовых трубопроводов достигает 50 лет, что в долгосрочной перспективе влечёт за собой колоссальную выгоду, а в сочетании с пунктом об отсутствии коррозии, которая существенно снижает срок эксплуатации стальных трубопроводов, установка полимерных тепловых сетей, является панацеей для российских тепловых сетей, которые всё более отделяются по показателям эффективности от нормированных значений.

Так же стоит отметить: небольшой вес трубопроводов из полимерных материалов, что удешевляет и упрощает монтаж и доставку труб; возможность соединения труб сваркой, что хоть и всё равно, требует от персонала иных навыков сварки, отличных от сварки металлических изделий, но позволяет использовать привычные способы соединения труб, что значительно упрощает введение в массовое использование данных трубопроводов.

Широкий температурный диапазон, полибутиленовых труб, равный от -80°C до $+95^{\circ}\text{C}$ с возможностью кратковременного повышения до $+110^{\circ}\text{C}$.

В случае района теплоснабжения с максимальной температурой теплоносителя $+100^{\circ}\text{C}$ данный вид труб вполне может быть использован, а беря во внимание вышеперечисленные пункты, данный вид трубопроводов является оптимальным решением насущных технико-экономических задач при реконструкции.

Предлагается использовать трубы фирмы «Thermaflex». Они представляют собой полибутиленовую трубу с изоляционным слоем из газонаполненного полиэтилена, теплопроводность этого газа в два раза ниже теплопроводности воздуха. Защищает изоляцию гофрированный кожух с добавлением карбона. Тепловая изоляция по минимуму зависит от влаги.

Трубы данной фирмы были выбраны, не только как передовой производитель полимерных трубопроводов, но и по причине того, что сортимент труб данной фирмы, с достаточным температурным диапазоном, для использования в централизованном теплоснабжении, имеет достаточные большие внутренние диаметры относительно других производителей полимерных труб.

Небольшие районы теплоснабжения, с минимальным температурным графиком и невысокой температурой отлично подходят для данных труб. Полибутиленовые трубы чувствительны к давлению и при температуре, достигающей $+95^{\circ}\text{C}$ могут выдержать лишь $0,8\text{ МПа}$, при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ выдерживаемое давление повышается в два раза. Это сдерживает экспансию полимерных трубопроводов на рынке, но на небольших участках

теплоснабжения, например: после ЦТП имеют высокий потенциал для использования.

Фирма производитель рекомендует использовать бесканальную прокладку для своих трубопроводов. Наличие защитного кожуха, защищающего трубопровод и изоляцию, а так же влагостойкость используемой изоляции позволяют использовать данный вид прокладки тепловых сетей.

Стоит отметить, что если применялась канальная прокладка в непроходимых каналах, но в виду долгой эксплуатации, плохой защиты от попадания влаги и земли, а так же большого количества механических повреждений коробов, дальнейшее применение данных коробов возможно лишь при перекладке основного количества коробов, что влечёт дополнительные затраты при сохранении данного вида прокладки. Данные мероприятия имели бы смысл при использовании стальных труб, но использование полимерных труб позволяет вместо замены лотка и установки нового, лишь удалить лоток, а место, занимаемое им, использовать как траншею для бесканальной прокладки.

Дно траншеи выравнивается, осыпается песком, затем на песчаную подушку укладываются трубопроводы. Песчаное основание теплотрассы должно превышать 100 мм. Минимальное углубление при бесканальной прокладке должно достигать от 0,5 до 0,7 м от поверхности грунта. Максимальное заглубление не более трёх метров. На рис. 1 изображена прокладка предлагаемая производителем.

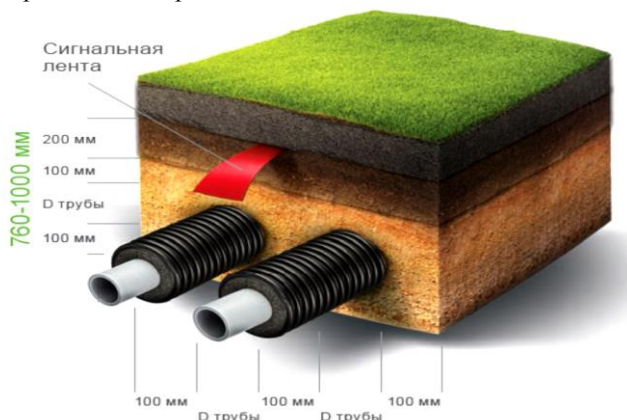


Рисунок 1. Бесканальная прокладка трубопроводов

Так же возможна надземная прокладка на низких и средних опорах, так как данные трубы устойчивы к ультрафиолету. Для облегчения опорожнения и заполнения тепловой сети прокладка должна выполняться с уклоном, не

менее 0,002 м. Уклон как правило, при прокладке к отдельным зданиям должен приниматься от здания к тепловой камере.

Особенностью полимерных труб, которая значительно улучшает и облегчает монтаж данных труб. Упругость позволяет класть трубы в такие положения, которые не могли занять стальные. При небольших диаметрах трубы продаются не отрезками по несколько метров, а бухтами, которые имеют длину до двухсот метров. Длинные участки можно сразу выкладывать всей бухтой, без соединений, гибкость же позволяет занимать трубопроводу достаточное вольное положение при, данной, столь вольной прокладке. То есть участки с внутренним диаметром равным или меньшим $d = 90$ мм, будут иметь соединения только на стыках и перемычках.

Список использованной литературы:

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Изд. МЭИ, 2006.
2. ГОСТ Р 52134-2003 «Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления».
3. Иванов В. Д. Основы теплоснабжения : учеб.пособие / В. Д. Иванов, В. Н. Притула, С. В. Иванов; ФГБОУ ВПО «СПб ГТУРП». — СПб., 2013. — 404 с. : ил.
4. СП 36.13330.2012: актуализир. ред. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы / Минрегионразвития РФ.– М.: ФАУ «ФЦС», 2012. — 26 с.
5. СП 61.13330.2012: актуализир. ред. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Минрегионразвития РФ. — М.: ФАУ «ФЦС», 2012. — 76 с.

© Е.А. Белобоков, 2018

УДК 621

Базулин И.С., магистрант гр. 419.2

Руководитель: к.т.н., доцент **Гладышев Н.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

К ВОПРОСУ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

По данным на 2017 год мировая выработка электрической и тепловой энергии в большей степени базируется на сжигании органических топлив (уголь, газ, мазут и прочее). Их суммарная доля в мировом энергетическом балансе составляет 86%, и только оставшиеся 4,4% приходится на атомную энергетику, 6,79% - на гидроэнергетику и 2,78% - на возобновляемые источники энергии (энергию ветра, солнечного излучения и т.д.).

Производство тепловой и электрической энергии на базе сжигания твердого топлива не следует рассматривать в качестве перспективного направления развития мировой энергетики. Сжигание угля оказывает сильный удар мировой экологии, а также характеризуется невысокой рентабельностью, так как требуется установка дорогостоящих систем пылеприготовления и золоулавливающих устройств. Кроме того, уголь не может быть использован на электростанциях, оснащенных парогазовыми

установками, которым все в большей степени отдают предпочтение основные теплогенерирующие компании благодаря их высокой эффективности выработки электрической энергии.

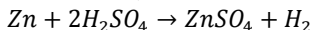
Проблема мирового топливного кризиса может быть решена, если перейти к активному развитию нетрадиционной энергетики. В будущем альтернативой углеродсодержащим топливам может послужить водород.

Водород представляет собой бесцветный газ, обладающий теплотворной способностью $Q_i^d = 10,8$ МДж/м³. Благодаря своей сравнительно низкой вязкости водород легко может транспортироваться по трубопроводам. Основным продуктом сгорания водорода является водяной пар, который практически безвреден для окружающей среды, в сравнении с оксидами серы и углерода, которые выделяются при сжигании угля, мазута и природного газа. Актуальной останется лишь проблема снижения выбросов оксидов азота, так как окислителем водорода вероятнее всего будет служить воздух, содержащий в себе немалую долю азота.

На Земле водород практически не встречается в чистом виде, преимущественно в составе воды, углеводов, различных кислот и т.д. Данное обстоятельство является основным препятствием на пути развития водородной энергетики. Чтобы сжечь водород, его, в первую очередь, необходимо получить термохимическими или электрическими методами.

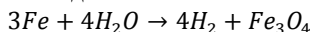
Рассмотрим термохимические методы получения водорода.

- 1) Взаимодействие кислот и щелочей с активными металлами



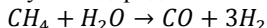
Данный метод часто используют для получения водорода в лабораторных условиях [3, с. 97].

- 2) Железо-паровой метод



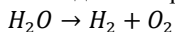
Железо-паровой метод был широко известен еще в XIX веке и использовался для наполнения водородом воздушных шаров [2, с. 250]. Главным недостатком метода является низкое качество получаемого продукта из-за загрязненности вредными примесями.

- 3) Паровая конверсия углеводородов



Паровая конверсия углеводородов осуществляется при температурах 800÷900°C и применяется в большей степени в химической промышленности, например, при производстве аммиака. Паровая конверсия позволяет получить водород гораздо более высокого качества, чем железо-паровой метод.

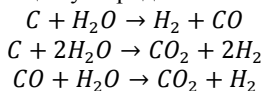
- 4) Термолиз воды (нагревание до температуры более 2500°C)



Широкого распространения данный метод не получил из-за значительных затрат энергии. Для протекания термолиза необходимы очень высокие температуры, которые могут быть получены, например, при

помощи концентраторов солнца, применение которых так же весьма ограничено.

5) «Мокрая» газификация углерода



Реакции «мокрой» газификации углерода протекают в газогенераторах – устройствах, предназначенных для получения горючих газов путем сжигания твердого топлива. С точки зрения водородной энергетики, данный метод получения водорода можно считать самым перспективным среди остальных, так как «мокрая» газификация может применяться к любому твердому топливу: торфу, бурому углю, каменному углю, антрациту и другим.

Электрическим методом получения водорода является электролиз воды. Суть метода заключается в том, что под действием электрического тока происходит распад молекул воды на кислород и водород, на аноде оседает кислород, а на катоде – водород. Электролиз воды гарантирует получение продукта в чистом виде за одну технологическую ступень, однако требует значительных затрат электроэнергии. Попутными продуктами электролиза воды являются тяжелая вода, которая может послужить замедлителем нейтронов в атомном реакторе на АЭС, и кислород, который применяется в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Для широкого распространения производства водорода электролизом необходима дешевая электроэнергия, которую можно получать с ТЭС и АЭС в часы провала нагрузки [1, с. 70].

Водородная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений развития нетрадиционной энергетики. В скором будущем человечество начнет активно использовать водород в качестве топлива для ТЭС, двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных установок и даже в быту. В настоящее время ведется целый комплекс исследований и разработок, направленных на удешевление процесса получения водорода.

Список использованной литературы:

1. В.Г. Лабейш. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учеб. Пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003.-79 с.
2. А.В. Мануйлов, В.И. Родионов. Основы химии для детей и взрослых. – М.: ЗАО Издательство Центрполиграф, 2014. – 416 с.

© И.С. Базулин, 2018

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ЦБК

ЦБК – целлюлозно-бумажный комбинат. Оптимизация теплового и гидравлического режимов – актуальное мероприятие, так как это помогает получить некоторую экономическую выгоду путем повышения производительности целлюлозы на комбинате. Варианты повышения производительности машины:

1. Повышения числа цилиндров, что приводит к увеличению поверхности нагрева. Минус: экономически невыгодно, так как придется построить масштабную перестройку цеха, чтобы уместить эти цилиндры.

2. Утончение слоя плоскостной массы (уменьшение веса 1м^2 выпускаемой продукции), что приводит к увеличению метража. Минус: ухудшение качества продукции, плюс этот параметр регламентирован ГОСТом, поэтому значительное уменьшение невозможно.

3. Увеличение производительности за счет повышения давления пара, поступающего в цилиндр, что приводит к росту температуры пара. Минус: Давление пара в цилиндрах не может превышать установленное максимальное давление, так как расчетное давление обеспечивает безопасную и надежную работу цилиндра. Контроль за давлением осуществляет Котлонадзор.

4. Установка дополнительных источников тепла, таких как колпак скоростной сушики, подающий горячий воздух с температурой $150\div 200^\circ\text{C}$ или испаритель, газовый или электрический излучатель. То есть добавление к контактной сушке конвективную. Минус: пожароопасность, большие затраты энергии и денег.

5. Стабилизация теплового и гидравлического режимов. Этот способ наименее энергозатратный, безопасный и не влияет на качество выпускаемой продукции, поэтому выбираем этот пункт.

Суть этого решения в том, что на практике мы определили, что температура стенок цилиндра отличается от температуры пара, поступающего в цилиндр при одинаковом давлении. Несоответствие температур указывает на то, что в полости цилиндра имеется конденсат, что приводит к снижению интенсивности передачи тепла. Своевременное удаление конденсата и повышение температуры стенки цилиндра обеспечит стабилизацию теплового и гидравлического режимов.

Для реализации данного решения необходимо выполнить некоторые теплотехнические расчеты сушильной части.

Первый расчет – тепловой расчет сушильной части на существующем режиме (расчет фактической производительности), который предполагает расчет, основанный на температурах поверхности цилиндров, полученных во время прохождения преддилопной практики. Опытным путем было установлено, что температура пара, поступающего в цилиндр, была значительно выше, чем температура всех сушильных цилиндров, что указывает на то, что они все оказались заполнены конденсатом, который вовремя не удалялся в результате нарушения гидравлического режима. Это становится причиной снижения производительности машины, а также ухудшения теплового режима. После расчета на существующем режиме следует выполнить тепловой расчет машины на максимальную производительность, уточненный тепловой расчет, расчет расходов пара по цилиндрам и расчет диаметров дроссельных шайб. Сушильная часть делится на 4 группы, в каждой из которых по 10 сушильных цилиндров (см. рис. 1). Из главного паропровода пар распределяется на паровые группы.

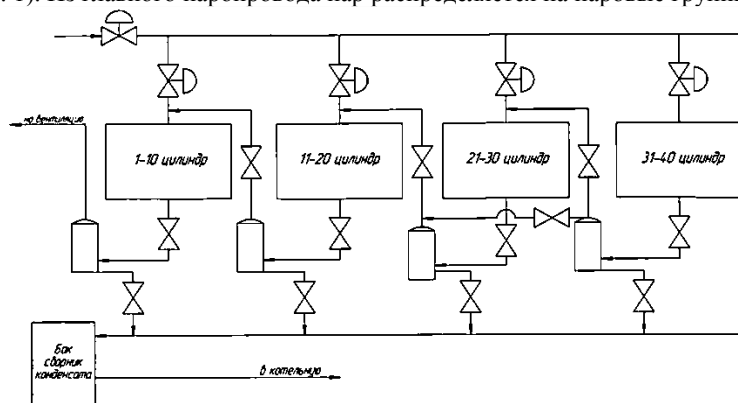


Рисунок 1. Схема сушильной части

При выполнении тепловых расчетов определены расходы пара по цилиндрам, диаметры проходных сечений дроссельных шайб-конденсатоотводчиков, которые устанавливаются на конденсатоотводных стояках, что дает возможность стабилизировать тепловой и гидравлический режимы работы сушильной установки. Так же выяснено, что производительность может быть повышена, а расходы пара на прогрев бумажного полотна уменьшены.

Список используемой литературы:

1. Л.М.Бойков., Н.С.Нечаев. Теплотехника целлюлозно-бумажного производства. Теоретические основы теплотехники. – ВШТЭ, 2017г.
2. Л.М.Бойков. Энергосбережение и ускорение сушки бумаги и картона. – ВШТЭ, 2018г.

3. А.В.Клименко. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике. – Издательский дом МЭИ, 2010г.

4. Н.С.Нечаев. Теплотехника целлюлозно-бумажного производства. Теплоэнергетические и теплотехнологические установки. – ВШТЭ, 2017г.

© Д.А. Астапенко, 2018

УДК 65.011.56

Никачадзе Д.М., гр. 4-МДП-22

***Институт информационных технологий и автоматизации
СПбГУПТД***

Попова Е.С., гр. 4-АДА-5

Институт дизайна пространственной среды СПбГУПТД

Руководитель: ст. преподаватель **Бондаренкова И.В.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Автоматизированные системы управления технологическими процессами освобождают человека от функций контроля и управления. Здесь станок, линия или целый производственный комплекс с помощью собственной системы связи самостоятельно осуществляют сбор, регистрацию, обработку и передачу информации при помощи всевозможных датчиков, контрольно-измерительных приборов и процессорных модулей. Человеку необходимо лишь задать параметры для выполнения работы.

Ведущей современной тенденцией в автоматизации производств и предприятий является использование гибких автоматизированных технологий (ГАП) и гибких производственных систем (ГПС). Среди характерных особенностей таких комплексов:

1. Технологическая гибкость: ускорение и замедление производительности с сохранением слаженности работы всех элементов системы, возможность автоматической смены инструмента.

2. Экономическая гибкость: быстрая перестройка системы под новые требования номенклатуры без лишних производственных затрат, без замены оборудования.

3. В структуре ГПС задействованы промышленные роботы, манипуляторы, средства транспортировки, процессорные, в том числе микропроцессорные системы управления.

4. Создание ГПС предполагает комплексную автоматизацию предприятия или производства. При этом производственная линия, цех или предприятие работают в едином автоматизированном комплексе, который

включает, помимо основного производства, проектирование, транспортировку, складирование готовой продукции.

Эта концепция становится все более распространенным атрибутом современного предприятия - «отключается» само производство, когда производственная деятельность и материальные потоки обрабатываются полностью автоматически. В частности, новая волна автоматизации будет управляться теми же людьми. Первоочередные цели просты: освободить рабочих-людей от грязных, скучных или опасных рабочих мест; улучшать качество путем устранения ошибок и уменьшения вариабельности; сокращать издержки производства, заменив дорогой ручной труд на относительно дешевые машины. Современные передовые системы автоматизации имеют дополнительные возможности, позволяющие использовать их в средах, которые до сих пор не были пригодны для автоматизации, и способны захватывать совершенно новые недорогие источники при производстве.

Людей, обладающих навыками, необходимыми для проектирования, установки, эксплуатации и обслуживания роботизированных производственных систем, становится все больше. Инженеры-робототехники были когда-то редкими и дорогостоящими специалистами. Сегодня эти люди учатся в колледжах и университетах по всему миру, либо на специальных курсах, либо в рамках более общего образования по технологиям производства или инженерному проектированию для производств. Наличие программного обеспечения, такого как пакеты моделирования и автономные системы программирования, которые могут тестировать роботизированные приложения, сократило время разработки и риски. Задачи создания автоматизированных процессов стали гораздо выгодней с точки зрения финансового распределения, что ведет к увеличению спроса.

Достижения в области вычислительной техники, технологий разработки программного обеспечения и сетевых технологий сделали сборку, установку и обслуживание автоматизированных систем быстрее, дешевле. Ранее датчики и приводы должны были быть индивидуально подключены к контроллерам роботов с выделенной проводкой через терминальные стойки, разъемы и распределительные коробки, теперь они используют технологии plug-and-play, в которых компоненты могут быть подключены с использованием более простой сетевой проводки. Компоненты автоматически идентифицируют себя в системе управления, что значительно сокращает время настройки.

Эти датчики и исполнительные механизмы могут также контролировать себя и сообщать о своем статусе в системе управления, помогать процессу и собирать данные для обслуживания, а также для постоянного улучшения и устранения неполадок. Другие стандарты и сетевые технологии делают это аналогичным образом, чтобы связать автоматизированные системы с более широкими системами производства.

К очевидным плюсам внедрения автоматизированных систем относится врожденная гибкость устройства, которое может быть запрограммировано быстро и легко, часто для машины программируют повторяющиеся задание, чтобы оправдать стоимость покупки и ввода в эксплуатацию. Это делает роботизированные машины жизнеспособными для компаний, работающими с небольшими размерами партии и значительным ассортиментом продукции. Например, продукты гибкой дорожки, используемые в аэрокосмической промышленности, могут «сканировать» на фюзеляже, используя «зрение», чтобы направлять свою работу. Экономия затрат, обеспечиваемая такой малой автоматизацией, может принести пользу многим различным организациям: малые компании смогут впервые получить доступ к технологии роботов, а более крупные могут увеличить разнообразие предлагаемых продуктов.

С каждым годом робототехника набирает обороты и совершенствуется. Когда-то ранние машины слепо следовали по запрограммированным действиям, позже итерации использовали лазеры или системы видения для определения ориентации деталей и материалов, последние поколения роботов могут интегрировать информацию с нескольких датчиков и адаптировать их движения в реальном времени. Это позволяет им, использовать силовую обратную связь, чтобы, например, имитировать в программе мастерство мастера в шлифовальных, зачистных или полирующих. Также возможно использование более мощных компьютерных технологии и больший анализ данных. Например, они могут использовать спектральный анализ для проверки качества сварного шва в процессе его изготовления, что значительно сокращает требуемый объем проверки после изготовления.

Возможно, самым значительным вкладом автоматизации в мир стал прогресс в робототехнике. По мере совершенствования компьютерного ПО, человек начинает разрабатывать машины, которые могут воспроизводить действия человека. Приложения для робототехники настолько широки по охвату; это буквально может быть применено практически к любой мыслимой промышленности. В настоящее время робототехника уже изменила многие отрасли промышленности, и в будущем она обречена становиться только большей частью нашей жизни.

Список использованной литературы:

1. Страшун Ю.П. Основы сетевых технологий для автоматизации и управления. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2003.
2. Гридин С.М., Моногаров С.И. «Автоматизированное управление экстремальной установкой» Сборник лучших докладов XIX студенческой научной конференции АМТИ, посвященной 95-летию КубГТУ. Под общ.ред. А.И. Шарнова. – Армавир: Изд-во ОАО «Армавирскоеполиграфпредприятие», 2013.

3. Прохоров Н.Л., Егоров Г.А., Красовский В.Е. и др. Управляющие вычислительные комплексы для промышленной автоматизации / Под ред. Н.Л. Прохорова, В.В. Сю-зева. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.
4. Аттали Ж. Краткая история будущего. СПб.: Питер, 2014. 288 с.

© Д.М. Никачадзе, Е.С. Попова, 2018

УДК 62-69

Куликов В.С., гр. 443

Руководитель: ст. преподаватель **Горбай С.В.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОТОЛОЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ДОМА

С давних времен человек, как и многие животные, занимается обустройством своего жилища. И одним из главных вопросов, особенно для северных народов, является согревание до комфортных условий места проживания. Изначально для этого использовался огонь от костра, затем появились дровяные печи и камины, придумали водяное и электрическое отопление. С помощью подачи напряжения на специальные устройства, нагревается жидкость и подается в заранее изготовленную систему для обогрева определенной площади. В современном мире при подаче электроэнергии в дом часто используют иные нагреватели, работающие от сети.

Одним из видов таких устройств является потолочное отопление (см. рис.1.). Оно представляет собой фольгу из алюминия, расположенную между пленками из лавсана (термопластик, который относится к полиэфирам и является хорошим диэлектриком). К данной системе подводится электрическое напряжение, которое нагревает фольгу. Подобное отопление может применяться в качестве основного или дополнительного нагревательного элемента комнаты. Оно монтируется в промежутке между лицевым материалом (видимая часть потолка, например из вагонки) и материалом, который используется для теплового изолирования помещения. Тепло, которое создается модулями, нагревает потолочное покрытие до конечной температуры 36 градусов Цельсия. Потолок, в свою очередь, излучает тепло путем электромагнитного излучения, которое попадает на все поверхности внутри помещения и поглощается ими и отдается обратно. Тем самым создаются комфортные условия проживания при минимальных финансовых затратах.

Оплата за тепло будет незначительна, так как для данной системы потребление от 50 Вт мощности на один квадратный метр площади – это достаточный показатель для приемлемых условий времяпрепровождения. Также необходимо заметить, что коэффициент полезного действия очень высок и соответственно потери, которые уходят безвозвратно – минимальны.

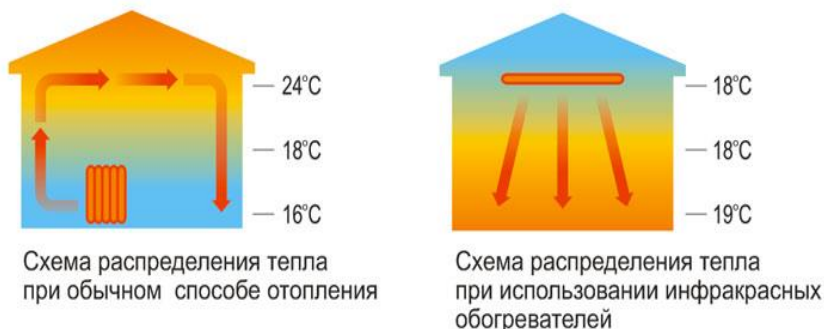


Рисунок 1. Схемы распределения тепла

Оптимальными по потреблению являются системы, рассчитанные на 150 Вт, шириной изделия от 30 до 120 сантиметров и длиной до 7 метров. При использовании такой мощности заполнение потолочной площади фольгой из алюминия с пленкой из лавсана минимально, что дает возможность монтажа приборов для освещения помещения. Хотя правильнее всего будет запланировать места расположения источников света еще при создании проекта. Также проводится расчет системы отопления и подбираются модули, которые подойдут для данного помещения. При заказе отопления необходимо знать, что длинные изделия обойдутся дешевле. Ввиду того, что длинная полоса имеет один вход для питания и один выход, а две коротких в 2 раза больше проводов. Так же упрощается монтаж и отладка системы на месте установки и подключения.

Чаще всего данное отопление применяют в деревянных домах с высокими (3 метра) потолками. В зимнее время дереву инфракрасное излучение дает возможность просохнуть от накопленной влаги, чем благоприятно сказывается на его физических и химических свойствах - не покрывается плесенью, не гниет, не темнеет, не меняет своего естественного запаха. Оптимальным является расположение потолочного отопления около оконных и дверных проемов, в зоне отдыха (над диваном, креслами и кроватью), в рабочей зоне (письменный стол, верстак, станок), в зоне принятия пищи и ее готовки (кухня).

Чтобы инфракрасное излучение от данной системы не напекало голову (как солнечное тепловое излучение) необходимо высокое расположение потолков. А размещение модулей в особых зонах создает дополнительный комфорт при выполнении определенных действий. Также рекомендуется устанавливать специальную систему для контроля и возможности регулировки работы отопления, которая может отключить тот или иной участок обогрева. Нет смысла греть ту зону, где вас нет постоянно, с этим должны справляться утепленные стены и окна.

Если тепла в доме недостаточно, имеются разные способы отопления. Кроме общеизвестных и давно применяемых обогревов дровяной печью, систем отопления с газовым и электрическим водонагревателями, имеются и другие способы. Одним из них является установка специальной пленки в пол. Да, расход электроэнергии увеличится, но чувство защищенности от погодных условий, возможность согреться с дороги и общий комфорт стоят потраченных денег.

© В.С. Куликов, 2018

УДК 504.054

к.т.н., доцент **Сколяров Я.Н.,**

Александрович А.А., магистрант гр. 419.1

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ РАБОТЕ СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Обезвреживание и утилизация твёрдых коммунальных отходов и очистка городов от них – чрезвычайно актуальный вопрос, являющийся серьёзной проблемой не только для коммунальных хозяйств Российской Федерации, но и всего мира.

В настоящее время наиболее широко применяется вывоз ТКО на свалки и полигоны. Но это, во-первых, является недопустимым из-за санитарно-гигиенических условий, а во-вторых, требует удаление свалок на значительные расстояния от города, что ведёт за собой увеличение расходов на вывоз.

Эти факторы часто приводят к возникновению незаконных свалок на окраинах города. Протекающая в течение нескольких лет, а иногда и десятилетий, минерализация мусора ведёт к заражению находящейся поблизости воды, почвы, воздуха.

Один из основных методов избавления от отходов – сжигание их в виде топлива в различных установках, которые работают подобно котлоагрегатам для выработки пара и горячей воды.

При сжигании образуются такие вредные элементы, как CO_2 (диоксид углерода), SO_2 (диоксид серы, который образуется при сжигании серосодержащих топлив), NO и NO_2 (называемые NO_x , образующиеся из азота воздуха и азотосодержащих компонентов топлива), а так же золыстые частицы и небольшое количество горючих элементов (например, CO).

Для исследования образования вредных выбросов и подсчёта их количества как объект исследования была выбрана нестационарная (передвижная) установка, состоящая из 2-х частей (см. рис. 1.):

1) Система подготовки и приготовления топлива, то есть сортировка ТКО и удаление ненужных для сжигания компонентов из общего потока отходов.

2) Система сжигания отходов в котле с колосниковой решёткой и производство тепловой энергии.

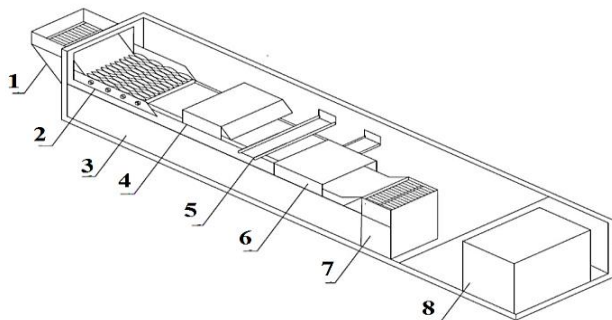


Рисунок 1. Принципиальная схема нестационарной установки для сжигания ТКО

В состав оборудования входит: разрыватель пакетов (1), сепаратор (2), энергетический котёл, в состав которого входят топка с подвижной колосниковой решёткой и теплообменник (3), устройство для оптико-механической сортировки (4), металлоуловитель (5), стеклоуловитель (6), шредер (дробилка) (7), автоматика и дизельгенератор (8), а так же дополнительное оборудование - промежуточный бункер, дутьевой вентилятор, ленточные транспортеры, пресс для пластика, сборники для отсортированного мусора и золы, погрузчики мусора.

Так как представленная выше установка производит сжигание только некоторых типов фракций (а именно макулатуры, картона, текстиля, древесины), то состав топлива выглядит следующим образом (см. табл. 1):

Таблица 1. Состав сжигаемого топлива

Влажность	9%
Зольность	6,7%
Сера общая	0,5%
Углерод	40,8%
Водород	5,3%
Азот	0,6%
Кислород	37,9%
Низшая теплота сгорания	15,88 МДж/кг

При работе стационарной установки, которая для простоты расчётов взята с теми же параметрами, что и нестационарная, необходимо кроме

количества вредных веществ посчитать ещё и приемлемую высоту дымовой трубы, при которой обеспечивается рассеивание выбросов в атмосферу при соблюдении условия, что в приземном слое атмосферы концентрация веществ не превышает ПДК.

В ходе исследования образования вредных выбросов при работе установок по утилизации ТКО были получены следующие основные характеристики (см. табл. 2):

Таблица 2. Основные полученные в ходе исследования характеристики

Объём дымовых газов и необходимого для сжигания воздуха	7,83 м ³ /кг и 6,08 м ³ /кг
Содержание в дымовых газах угарного газа	0,008% = 0,0626 м ³ /кг
Количество выбрасываемых оксидов серы	4,38 г/с
Количество выбрасываемых оксидов азота	1,45 г/с
Предельно допустимый выброс вредного вещества в атмосферу (ПДВ) от одиночного источника, при котором обеспечивается концентрация, не превышающая ПДК в приземном слое воздуха:	9,9 г/с для SO ₂ , 5,13 г/с для NO ₂
Значение максимальной концентрации вредного вещества на уровне Земли	Для SO ₂ - 0,050004 мг/м ³ Для NO ₂ - 0,0165 мг/м ³
Высота дымовой трубы	35 м
Расстояние X _м от источника до координаты максимума концентраций	420 м
Объём углекислого газа	0,76 м ³ /кг (9,69% от общего объёма V _г)
Максимальная суммарная концентрация оксидов азота	0,12 мг/м ³

Но несмотря на то, что все найденные величины соответствуют всем экологическим стандартам и нормам, проблеме вредных выбросов и загрязнения окружающей среды нужно уделять большее внимание. Растёт потребление электроэнергии и тепла, стремительными темпами растёт промышленное производство, что приводит к ежегодному увеличению вредных выбросов.

При проектировании установок по утилизации ТКО проблема вредных выбросов должна иметь первостепенное значение, так как состав топлива разнообразен и многие из присутствующих в нём фракций при сжигании образуют большое количество вредных выбросов (в основном, это относится к пластмассам). Основные методы снижения выбросов в таких установках, это:

- Проведение различных мероприятий по снижению выбросов: установка современного очистного оборудования, реконструкция котлоагрегата и т.д.

- Поддержание температуры горения в топке на уровне 800-1000 °С
- Организация двух- и трёхступенчатого сжигания для уменьшения химического и механического недожога.
- Рециркуляция дымовых газов

Таким образом, при грамотной организации работы установок по утилизации ТКО в перспективе будет уменьшаться количество отходов при минимальном воздействии на окружающую среду.

Список используемой литературы:

1. Беньямовский Д. Н. Термические методы обезвреживания ТБО. – Стройиздат, Москва, 1979.
2. Котлер В. Р. Снижение выбросов оксидов азота в котельных установках ТЭС. Учебно-методическое пособие. – ИПК госслужбы, 2011.
3. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч.2. Теория горения: учебное пособие/ СПБГТУРП. – СПб, 2011.
4. Смородин С.Н., Белоусов В.Н. Котельные установки и парогенераторы; учебное пособие/СПБГТУРП. – СПб, 2016.

© А.А. Александрович, 2018

УДК 628.4.03

Якубова З.С., магистрант гр. 429.1

Руководитель: к.т.н., доцент **Смородин С.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

УТИЛИЗАЦИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОТХОДОВ

Целесообразность вовлечения отходов в процесс выработки энергии не вызывает больших сомнений. Однако, использование ТКО в энергетических целях сталкивается с рядом трудностей, связанных с неоднородным составом, низкой плотностью, высокой влажностью ТКО, наличием в них опасных компонентов и др. Для определения возможных путей использования ТКО с целью получения полезных видов энергии и/или энергоносителей, а также оценки масштаба их использования в энергетике прежде всего необходима детальная информация о свойствах отходов.

Основными компонентами, входящими в состав ТКО, являются пищевые отходы, бумага, дерево, пластик, черные и цветные металлы, стекло, текстиль, резина и др. Состав ТКО зависит главным образом от того, в каком месте и в какое время года они возникли.

На долю пищевых отходов приходится 24-67%, бумаги 6-30%, дерева 2-24 % и пластика 3-14 % от общей массы ТКО. Суммарная доля группы органических отходов (включающей пищевые отходы, бумагу, дерево, текстиль, кожу, резину и пластик) для большинства регионов мира находится в интервале от 60 до 90% (см. рис.1)

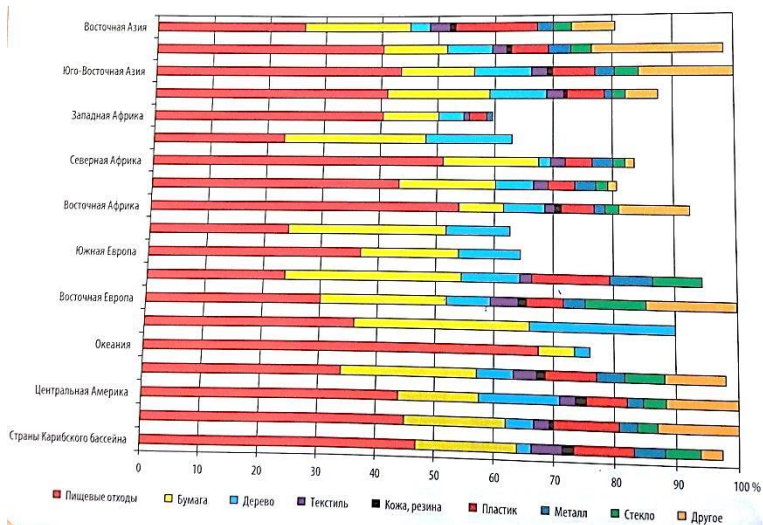


Рисунок 1. Компонентный состав ТКО для различных регионов мира (масс. %, во влажном состоянии)

В отличие от США и Германии в российских отходах присутствует большая доля пищевых отходов и бумаги и меньшая доля пластика и стекла. По данным экспериментального исследования, в Москве по сравнению с общими для России показателями доля пищевых отходов и бумаги уменьшается, а доля пластика и стекла увеличивается (см. рис.2).

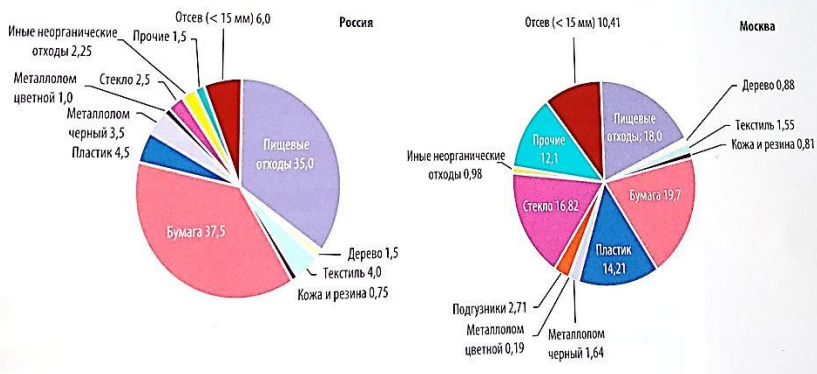


Рисунок 2. Компонентный состав ТКО для России и Москвы

Энергетические и экологические показатели процессов термохимического превращения ТКО определяются прежде всего химическим составом отходов. Анализ химического состава отходов, как и любого углеводородного твердого топлива, включает в себя определение элементарного состава (содержание С, Н, N, O, S, Cl), а также влажности, зольности фиксированного углерода и выход летучих. Содержание указанных элементов в ТКО позволяет определить состав газообразных продуктов, образующихся в результате термической конверсии. Исследуемые ингредиенты подвергались предварительной сушке при температуре 105 °С для удаления влаги (см. рис.3).

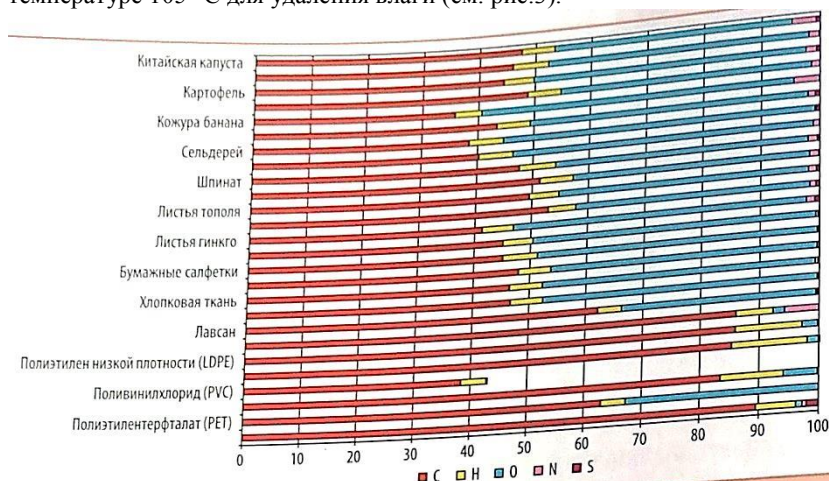


Рисунок 3. Содержание С, Н, N, O, S для отдельных ингредиентов из состава пищевых, деревянных, бумажных и пластиковых отходов, %

Для других видов отходов установлена целесообразность термического обезвреживания с последующим использованием образующейся золы. К таким видам отходов относятся «легкие» отходы от роспуска макулатуры при производстве картона и санитарных бумаг (далее СГБ), осадки с общезаводских очистных сооружений и избыточный активный ил, а также древесные отходы. Количество осадков от очистки сточных вод на рабочую массу составляет около 20 тыс. т/год, а количество «легких» отходов - 200 т/год. Морфологический и химический составы «легких» отходов от роспуска макулатуры зависят от загрязненности используемой макулатуры и степени очистки бумажного волокна.

Таблица 1. Морфологический состав легких отходов

Измеряемый показатель	Содержание в отходе, %	
	При производстве картона	При производстве СГБ
Бумага и картон	18,62	77,82
Полипропилен (ПП)	31,23	3,69
Полиэтилен (ПЭ)	23,85	2,89
Прочее*	26,3	15,6

**Прочие синтетические полимеры: ПЭТФ, ПС, ПВХ; древесина; резина; металлы; текстиль и др.*

Как видно из таблицы 1, при производстве картона большую часть «легких» отходов составляют полиолефины: полиэтилены высокого и низкого давления и полипропилен. Содержание минеральной части незначительно. Первоначально была изучена возможность утилизации полимерной составляющей этих отходов. Установлено, что трудности, возникающие при переработке «легких» отходов в высокотехнологичные изделия, связаны, с одной стороны, с термодинамической несовместимостью указанных полимеров, а с другой - с наличием неполимерных включений: металлов, стекла и др. В силу этих обстоятельств экономическая целесообразность утилизации этих отходов должна быть установлена дополнительно.

Таблица 2. Теплота сгорания отходов от производства бумаги и картона из макулатуры

Измеряемый показатель	Значение показателя		
	Шлам от облагораживания	Осадок от очистки сточных вод	«Легкие» отходы
Влажность, %	47,7	70,5	75
Зольность на с.м., %	42,85	3,29	12,5
Высшая теплота сгорания, кДж/кг	3573	9909	37152

Теплотворная способность осадка от очистки сточных вод и «легких» отходов при производстве картона, а также шлама от облагораживания макулатуры при производстве СГБ представлены в таблице 2. Данные,

приведенные в таблице, получены по методике с использованием калориметрической бомбы.

Выполненные исследования позволяют рекомендовать утилизацию и обезвреживание в соответствующих направлениях следующих видов отходов:

- обезвоженного шлама от облагораживания макулатуры или зольного остатка от его сжигания;
- «легких» отходов от роспуска макулатуры при производстве картона и СГБ;
- осадков от очистки сточных вод на общезаводских очистных сооружениях.

Список использованной литературы:

1. Статья из журнала «Твердые бытовые отходы» № 8, 2016г.
2. Васильева Е.А. «Некоторые аспекты утилизации обезвоженных осадков от очистки сточных вод, образующихся при роспуске макулатуры»
3. Исянов Л.М. «Энерго- и ресурсосбережение при утилизации обезвоженного осадка от очистки сточных вод, образующегося при роспуске макулатуры»

© З.С. Якубова, 2018

УДК 681.5.08

Ларин Д.О., магистрант гр. 519

Руководитель: ассистент **Труханова И.А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИЗАТОРОВ КИСЛОРОДА В СОВРЕМЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

На сегодняшний день контроль технологических процессов в котельных невозможен без таких устройств, как анализаторы кислорода. Для того чтобы понять основные возможности анализаторов кислорода рассмотрим позицию кислорода в природе. O_2 считается самым встречающимся окислителем на всей Земле. В водной среде содержание кислорода составляет 88%, а в атмосфере эта отметка достигает 21%. При взаимодействии O_2 с другими элементами периодической системы Менделеева образуется оксид. Каждое предприятие, которое связано с биотехнологиями, не может работать без устройств, которые способны измерять концентрацию кислорода в жидкостной среде. Применяются анализаторы кислорода не только для нормальных, но и для сточных вод для процесса очистки.

Рассмотрим влияние содержания кислорода в воде на примере котельных. Точность работы оборудования, всех труб и тепловой сети котельной в большей степени зависит от водоподготовительных работ. Качество этих работ зависит от контроля на всех участках технологического

процесса. Контроль за содержанием растворенного кислорода является важнейшей целью для устранения в металле кислородной коррозии.

Осадок, наслоившийся при окислении растворенных железа и марганца, а также при попадании механических частиц, уменьшает размеры рабочего участка труб.

Появление нежелательных отложений на поверхностях нагрева может привести к:

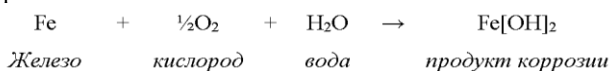
- перегреву отдельных участков и, тем самым, появлению надломов и трещин;
- ухудшение теплообмена и теплопроизводительности;
- сокращение функционирующего пространства трубы, приводящее к увеличению сопротивления потоку.

Рассмотрим негативное влияния кислорода в воде на примере снижения теплопередачи и производительности тепла, так как это главные потери энергии, а значит и упущенная выгода или изменение бюджета.

Полученные отложения размером лишь 0,5 мм приводят к утечке энергии на 9-10%. Чтобы избежать подобных ситуаций следует использовать кислородо-меры или газоанализаторы.

Главные характеристики воды, воздействующие на образование нежелательных отложений на внутренней поверхности труб горячего водоснабжения, составляют концентрации сульфатов, хлоридов, величина pH, содержание кислорода и свободной углекислоты. В основе коррозии в металле находится химическая реакция взаимодействия металла и воды.

Например:



Растворенный кислород и углекислый газ увеличивают скорость коррозии металлов, особенно сильно при высоких температурах. Из-за этого их необходимо как можно больше удалять из котельной воды и воды отопительных систем.

Приборы обладают функциями, которые необходимы для контроля протекания среды, предотвращения преждевременного старения оборудования и определения качества воды. Своевременное удаление кислорода позволит сэкономить на затратах топлива и обслуживания котлоагрегата. Но прежде чем использовать анализатор, необходимо изучить потребности компании в его использовании, специфику работы и технические характеристики каждой модели, чтобы выбрать наиболее подходящий из них.

©Д.О. Ларин, 2018

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОРАЗМЕРНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МАРКИ
АРБОЦЕЛЛВ КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Бумажная промышленность использует огромное разнообразие добавок, в том числе и целлюлозных. Преимущество таких добавок в том, что сырьем служит возобновляющийся ресурс. Наполнители используются для придания определенных свойств бумаге, таких как белизна, мягкость, гладкость, впитывающая способность.

Наиболее известная целлюлозная добавка — это микрокристаллическая целлюлоза. По сравнению с другими известными целлюлозными добавками, МКЦ имеет максимальную степень кристалличности и плотность, обладая при этом высокой удельной поверхностью. Но так как эта целлюлозная добавка экономически не выгодна, МКЦ используют редко, иногда добавляют в массу с диоксидом титана. Самая большая трудность в применении — это правильное распределение волокон и их фиксация. Арбоцелл — это современная микроразмерная целлюлозная добавка, изготовленная из древесной целлюлозы путем механической рубки волокон, с сохранением аморфной части, что дает возможность лучше удерживаться на волокне, за счет сохраненных гемицеллюлоз [2]. Применение Арбоцелл в ЦБП весьма специфично, эти волокна не смогут заменить традиционные химические добавки. Арбоцелл добавляют в санитарно-гигиенические виды бумаги. Для улучшения прочности, мягкости и способности впитывать влагу. Сам изготовитель характеризует Арбоцелл как носитель. Например, носитель для клея АКД. Арбоцелл с АКД применяются в качестве гидрофобно-биологической добавки между бумажными волокнами. Плюсом является высокая эффективность проклейки и объем конечного продукта.

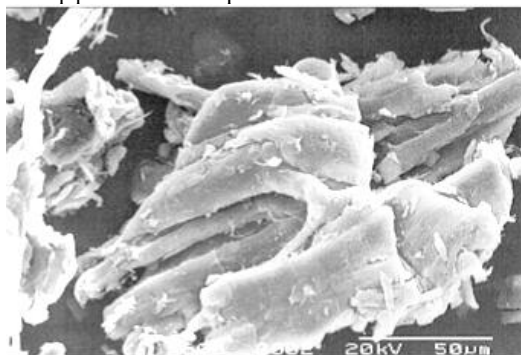


Рисунок 1. Волокно целлюлозы, укрепленное микроразмерной целлюлозой Арбоцелл.[3]

Серия целлюлозных добавок Арбоцелл изготовлены с использованием специально разработанных сочетание режимов сухого размола, волокна действуют как 3-D уплотнитель между первичными волокнами. Этот эффект достигается даже при малых дозировках, делая Арбоцелл чрезвычайно эффективным и рентабельным[2].

Техническое применение

Обычно добавляют Арбоцелл в санитарно-гигиенические виды бумаги.

Арбоцелл изготовлен из древесной целлюлозы. Данную целлюлозную добавку можно добавлять прямо в мельницу, либо после размола. Арбоцелл придает санитарно-гигиеническим видам бумаги преимущества, бумага с добавлением целлюлозной добавки Арбоцелл обладает:

- Повышенной мягкостью
- Более высокой прочностью
- Процесс изготовления становится более экологически чистым и высоко эффективным, экономичным.

Эксперимент

Для испытаний, замачивали СФА листовную целлюлозу массой 30г в.с.в. в 500 мл проточной воды на 1 час. Далее осуществлялся роспуск в гидроразбивателе, размол в дисковой мельнице, определялась степень помола в соответствии действующими стандартами [4]. После приготовления бумажной массы, в сосуд для перемешивания, оснащенной мешалкой переносили пробу целлюлозной суспензии, и добавляли рассчитанное количество целлюлозной добавки. Из полученной суспензии изготавливали листы бумаги для дальнейших испытаний данных образцов.

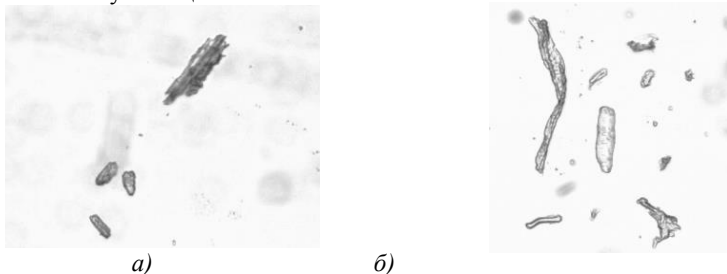
Для исследования брались разные дозировки целлюлозных добавок в массу. Проводились испытания отливок массой 60 г/м² на капиллярную впитываемость, прочность при растяжении, микроскопическое исследование и определение дисперсности по измерению мутности растворов.

Таблица 1. Обозначение образцов

Обозначение	Входящие в образец вещества
0	Без добавок
1.1	Арбоцелл (с концентрацией 1кг на 1 тонну целлюлозы)
1.2	МКЦ (с концентрацией 1кг на 1 тонну целлюлозы)
2.1	Арбоцелл (с концентрацией 2,5 кг на 1 тонну целлюлозы)
2.2	МКЦ (с концентрацией 2,5 кг на 1 тонну целлюлозы)
3.1	Арбоцелл (с концентрацией 5 кг на 1 тонну целлюлозы)
3.2.	МКЦ (с концентрацией 5 кг на 1 тонну целлюлозы)

Микроскопическое исследование

Исследование выполнялось на биологическом микроскопе Микромед-3 с системой визуализации.



*Рисунок 2. Частицы растворов
а) МКЦ 10х б) Арбоцелл 10х*



Рисунок 3. Волокна Бук

Вывод: В отличие от МКЦ, у частиц Арбоцелл есть поры, это означает, что Арбоцелл изготовлен из древесных волокон. Если сравнить сосуд Арбоцелл и сосуд Бук видно явное сходство. Так же важным фактором является, что частица Арбоцелл светлее и прозрачнее МКЦ, что подтверждает природу волокон Арбоцелл. Так как МКЦ это кристаллическая часть целлюлозы, а у Арбоцелл есть и аморфная часть, которая светлее [1]. Поэтому можно предположить, что у Арбоцелл лучше связеобразование, это обусловлено наличием гемичеселлюлоз в аморфной части.

Определение мутности рабочих растворов

Для данного исследования использовался прибор «МутномерMi415». Измерение мутности осуществляется путем анализа количества света, отраженного от взвешенных частиц, таких как глина, ил и органические вещества.

Таблица 2. Результаты измерений на мутномере

Рабочий раствор, 1 г/л	Мутность, FNU
Арбоцелл	306
МКЦ	184

Вывод: Из результатов измерения видно, что поверхность частиц Арбоцелл в 1,5 раза больше, чем у МКЦ. Это так же свидетельствует о том, что Арбоцелл изготовлен из лиственной древесины [1].

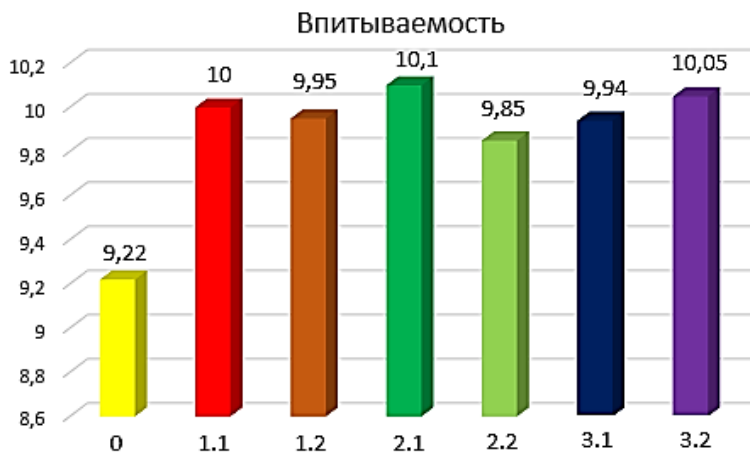


Рисунок 4. Изменение впитываемости в зависимости от дозировки и от целлюлозных наполнителей (Арбоцелл и МКЦ)

Вывод: Впитываемость не зависит ни от дозировки, ни от вида целлюлозной добавки. Однако впитываемость Арбоцелл выше, чем у образца без добавок. Повышение впитываемости позволяет повысить степень помола, тем самым улучшить механические свойства бумаги. В целом этот показатель требует дополнительных исследований.

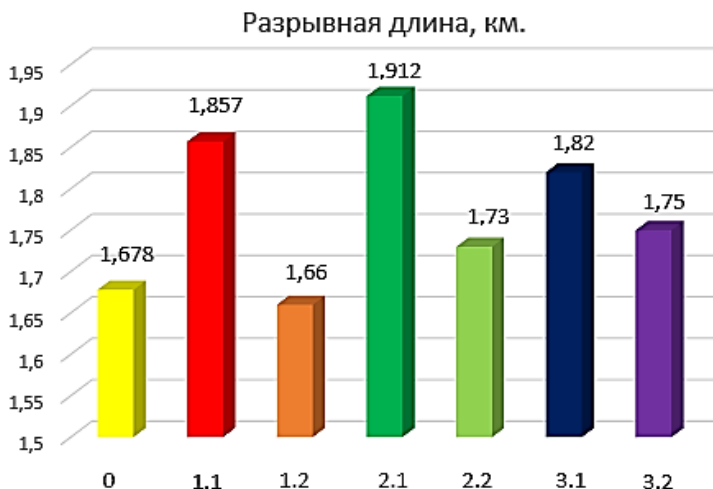


Рисунок 5. Изменение механической прочности в зависимости от дозировки и от добавки (Арбоцелл и МКЦ)

Вывод: Из результатов видно, что оптимальная дозировка целлюлозной добавки Арбоцелл 2,5кг на 1 тонну целлюлозы. Разрывная длина увеличилась, значит, требуется меньший размол, сохраняется мягкость и капиллярная структура, что является важным показателем для туалетной бумаги.

Список использованной литературы:

1. Котельникова Н. Е., Петропавловский Г. А., Погодина Т. Е. Исследования структуры ихроматографических свойств микрокристаллической целлюлозы, полученной из древесины березы, Химия древесины. 1980. № 6.
2. A. Ozersky, S. Galic, Eineneue Generation von fasergestützten Papierchemikalien, Mikronisierte Cellulose alsTräger und Papierhilfsstoff
3. Рекламный проспект изготовителя Арбоцелл.
4. Р.О. Шабиев, А.С. Смолин, Л.Л. Парамонова. Изготовление и испытание лабораторных образцов бумаги и картона из вторичного сырья: уч. пособие. СПб.: СПбГТУРП, 2013. 66 с.

© Д.И. Малютина, 2018

Валиев М.Р., аспирант
 Руководитель: к.т.н., доцент **Шакиров Ю.И.**
*Набережночелнинский институт
 Казанского (Приволжского) федерального университета*

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Отопительные колонки на газу актуальны уже долгое время, и их используют как владельцы частных домов, так и городских квартир. Это объясняется многими факторами – в первую очередь современной усовершенствованной комплектацией оборудования.

Газовые водонагреватели очень экономичны, эффективны, выглядят элегантно и стильно, но самым главным их достоинством по праву считается низкая стоимость. По сравнению с электрическим водонагревателем его газовый «собрат» помогает владельцам значительно экономить на сырье. Если хозяин квартиры установил у себя газовую колонку, то он может забыть о профилактических работах на теплоцентрали, поэтому перебоев с водой не будет никогда. Современный дизайн делает ее стильным элементом кухни или ванной, а безопасность и удобство моделей сделают ее простой в эксплуатации даже для ребенка.

Современный рынок отопительных котлов предлагает большой ассортимент домашних газовых водонагревателей, поэтому перед тем как идти за покупкой, нужно узнать о них самые основные и важные вещи.

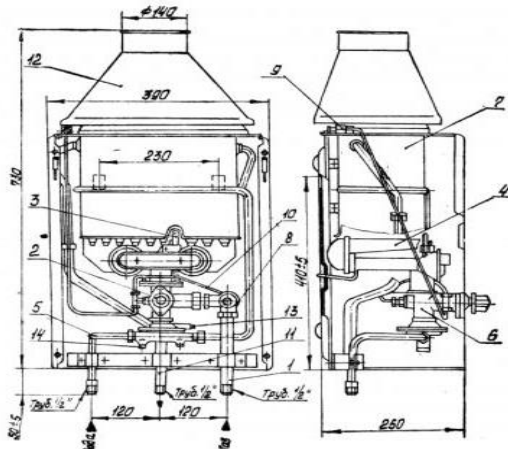


Рисунок 1. Схема внутреннего устройства проточного
 газового водонагревателя

Большинство газовых колонок, поступающих сегодня на прилавки магазинов, проточного типа. Принцип их работы довольно прост: вода течет сквозь теплообменник и нагревается, в результате мы моем руки горячей водой. В конструкцию водонагревателя входит газовая горелка, теплообменник, а также автоматика, которая делает работу системы безопасной.

Такие колонки выглядят очень прилично, они современные и компактные, их запросто можно вписать в интерьер кухни или ванной любого дизайна, к тому же сейчас такие отопительные устройства могут тоже иметь достаточно оригинальную расцветку и дизайн.

Розжиг

Разжигаются современные газовые колонки тремя способами – пьезорозжигом, электророзжигом и системой Hydropower.

Пьезорозжиг – это розжиг колонки вручную путем нажатия специальной кнопки, которая образует искру. Фитиль будет гореть все время, пока вы его не затушите, даже если водой никто не пользуется, а значит, газ тоже будет расходоваться. Расход относительно невелик, но все-таки это не самый экономичный вид работы системы.

Электрический розжиг экономичнее предыдущего варианта – запальник горит не постоянно, а только когда открывают воду. Тогда электронный блок, работающий на батарейках, автоматически зажигает запальник, от которого зажигается основная горелка. Это значит, что когда вода не течет, не расходуются и газ.

Системой Hydropower газовые водонагреватели стали оснащать не так давно. Она устроена так: водяной поток приводит в действие небольшую турбину, которая производит электрический ток, зажигающий газовую горелку. Такая система исключает потребность в батарейках, к тому же подобный розжиг значительно снижает расход газа.

Моделирующая горелка

Нагреватель проточного типа греет воду в зависимости от ее напора – то есть чем напор меньше, тем вода горячее, и наоборот. Но потребляемое количество воды не может быть всегда одинаковым. Для этого существуют моделирующие горелки, которые могут регулировать высоту пламени автоматически. Они также сохраняют нужную температуру воды, когда расход ее изменяется и в трубопроводе наблюдается скачок давления. Однако стоимость газовых колонок со встроенными моделирующими горелками несколько выше, хотя, пожалуй, за удобство стоило бы немного доплатить.

Мощность

Мощность газовых колонок обычно различается, что зависит от объемов потребления воды, а также одновременного ее потребления из нескольких источников. Если вода будет течь из каждого крана по очереди, то требуемая мощность котла будет составлять 17–19 кВт, а в случае

одновременного мытья посуды на кухне и принятия душа в ванной мощность устройства должна быть выше – 28–31 кВт.

Безопасность

С течением прогресса усовершенствовалась и система безопасности. Нынешние модели газовых котлов оснащены трехуровневой системой безопасности. Когда тяга в дымоходе пропадает или вдруг возникает обратная тяга, сразу же включается датчик, расположенный на выводном кожухе. Этот датчик перекрывает поток газа, и работа всего оборудования останавливается. В случае затухания запальной горелки термопара автоматически превращает подачу газа. Чтобы газовый водонагреватель не перегрелся, когда давления воды не хватает, срабатывает защита, осуществляемая при помощи предохраняющего гидравлического клапана, и он моментально прекращает всю работу.

Эксплуатация

Длительность функционирования газовой горелки может продлить грамотная эксплуатация и соблюдение несложных правил. Во избежание быстрого отложения солей, которое может вызвать отказ всего оборудования, лучше выставить температуру нагревателя в пределах от +450 до +600 С, не выше. Когда жесткость воды очень высока, в теплообменнике образуется много накипи, а дополнительное оборудование защитит от нее и поможет уберечь колонку от коррозии. Нужно регулярно чистить прибор от продуктов сгорания, а также чистить запальник и теплообменник.

© М.Р. Валиев, 2018

УДК 004.942

Абалымов Д.Д., студент гр. 519

Руководитель: к.т.н., доцент Суриков В.Н.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

Одной из основных задач, которую необходимо решить при проектировании системы управления, является получение математической модели рассматриваемого объекта управления.

Модели объектов управления, отражающие в значительной мере реальные процессы, можно представить на основе их физического и математического описания. Описать объект управления можно с помощью математического описания физических явления или экспериментально. Определение характеристик объекта управления по данным экспериментальных исследований называется идентификацией [1, с. 31].

Для идентификации системы по экспериментальным данным используется программный продукт MatLAB. Данная процедура реализована следующим образом: необходимо обозначить переменные входного и выходного параметров, представленные в виде столбцов одинаковой длины; далее, с помощью инструмента System Identification Toolbox приступить к импорту ранее введённых значений входного и выходного параметров и их анализу.

Инструмент System Identification Toolbox предоставляет возможность построения математических моделей динамических систем из экспериментально полученных данных. Возможно использование входных/выходных данных во временной и частотных областях для идентификации аналоговых и дискретных передаточных функций, моделей производственных процессов и моделей пространства состояний. Так же представлены алгоритмы для встроенной оценки параметров в режиме онлайн.

System Identification Toolbox предоставляет такие методы идентификации, как метод максимального правдоподобия, минимизация ошибки и идентификация систем подпространств. Чтобы представить нелинейную динамику, в данном инструменте можно оценивать модели Хаммерштейна-Винера и нелинейные ARX-модели.

Данный инструментарий выполняет идентификацию систем модели серого ящика для оценки параметров пользовательской модели. Можно использовать идентифицированную модель для прогнозирования отклика системы и моделирования установки в Simulink. Инструментарий также поддерживает моделирование и прогнозирование временных рядов.

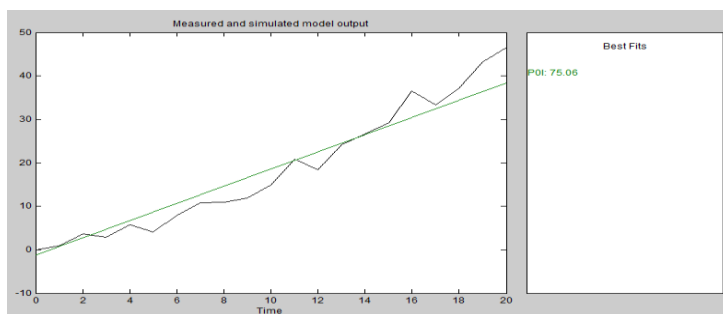


Рисунок 1. График соотношения экспериментальных данных к идентифицированной модели

Возможна проверка соотношения идентифицированной модели к экспериментальным данным. Пример соотношения идентифицированной модели к экспериментальным данным представлен на рис. 1, где чёрным цветом указан график переходного процесса по экспериментальным

данным, а зелёным представлен график переходного процесса идентифицированной модели.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что при идентификации системы по экспериментально полученным данным выгодно воспользоваться инструментом System Identification Toolbox в MatLAB, который предоставляет широкий набор возможностей для моделирования динамических систем и дальнейшего их анализа.

© Д.Д. Абалымов, 2018

УДК 628-1/-9

к.т.н., доцент **Белоусов В.Н.**,

к.т.н., доцент **Иванов А.Н.**,

к.т.н., доцент **Сморodin С.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК

По возможности использования различают отходы утилизируемые и неутилизируемые. Для первых существует технология переработки и вовлечения в хозяйственный оборот, для вторых – в настоящее время отсутствует.

Утилизация твёрдых бытовых отходов (ТБО) – актуальная проблема любого мегаполиса. В Санкт-Петербурге лишь 8 % ТБО утилизируются, тогда как большая их часть депонируется на свалках, которые занимают огромные площади, что приводит к тому же к непрерывному образованию вредных веществ, загрязняющих атмосферу. В целом по России картина ещё более плачевная: лишь 3...4 % отходов подлежат утилизации. Для сравнения: в странах ЕС – 38 %, в США – 25 %.

В результате жизнедеятельности в Санкт-Петербурге по официальным сведениям образуется в год около 4 млн тонн отходов:

- коммунальные отходы – 1,5 млн тонн;
- коммерческие отходы – 1 млн тонн;
- отходы строительства и сноса – 1,5 млн тонн.

В Санкт-Петербурге на сегодняшний день, в отличие от крупных городов Евросоюза, к сожалению, не введён в практику отдельный сбор мусора. Для разделения отходов на мусороперерабатывающем заводе необходима двухступенчатая сортировка: стекло и пластмасса сепарируются (вручную), измельчаются и гранулируются (спрессовываются), остальной мусор разделяется на различные фракции с помощью сит. Мелкофракционный мусор, а также органические вещества направляются в цех биологической переработки. Твёрдые отходы, включая бумагу, текстиль и остальной мусор, аккумулируются в цехе пиролиза для

дальнейшего термического обезвреживания. Конечный продукт пиролиза представляет собой так называемый пирокарбон.

На рис. 1 представлена технологическая система термического обезвреживания ТБО на мусороперерабатывающих предприятиях с помощью пиролиза [1,2].

Отходы подаются в сушильный барабан (1) диаметром $D = 2,8$ м и длиной $L = 35$ м, стоящий под уклоном 1° и вращающийся с частотой $n = 1$ об/мин. Внутри барабан футерован огнеупорным шамотным кирпичом. Сушка производится за счёт тепла дымовых газов, образующихся при сжигании природного газа в камере сгорания сушильного барабана. Движение отходов и дымовых газов в сушильном барабане осуществляется по прямоточной схеме. За время нахождения в барабане в течение $2,5...3$ ч сырьё высушивается до остаточной влажности не более 5 %.

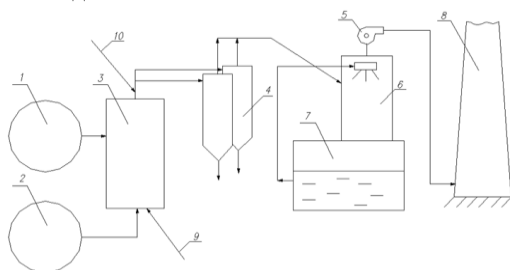


Рисунок 1. Технологическая схема установки по термическому обезвреживанию твёрдых бытовых отходов и использованных автомобильных покрышек

- 1 – сушильный барабан, 2 – пиролизный барабан, 3 – печь дожигания,
4 – циклон, 5 – дымосос, 6 – мокрый скруббер, 7 – бак-отстойник,
8 – дымовая труба, 9 – ввод пиролизного газа, 10 – ввод холодного воздуха

Высушенные отходы по течке самотёком поступают во вращающийся барабан пиролиза (2), расположенный под сушильным барабаном и имеющий те же размеры, что и сушильный барабан. В пиролизном барабане за счёт тепла дымовых газов, получаемых при сжигании природного газа, в течение $2,5...3$ ч происходит термическое разложение (пиролиз) основной части некомпостируемых бытовых отходов. Процесс пиролиза твёрдых отходов должен осуществляться в бескислородной (восстановительной) среде. В результате процесса пиролиза сырья образуется парогазовая смесь и твёрдый углеродистый материал (продукт) – *пирокарбон*.

Существует возможность утилизации автомобильных покрышек, в этом случае в работе находится только пиролизная печь.

Выходящая из печи термического разложения парогазовая смесь, в состав которой входят ацетон, бензол, изобутанол, толуол, стирол, фенол, этанол, гексанбутилацетат, акролеин, формальдегид, углеводороды, твёрдые

минеральные частицы, не может быть непосредственно выброшена в атмосферу и направляются в печь дожигания (3).

Частицы размером более 10 мкм предусмотрено улавливать в циклонах (4), расположенных в схеме очистки отходящих пиролизных газов. Частицы менее 10 мкм должны полностью выгорать в печи.

За циклоном установлен мокрый скруббер (6), в котором происходит дополнительная очистка дымовых газов. После очистки дымовые газы дымососом (5) выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу (8).

Пирокарбон – однородный, тонко измельченный порошок черного цвета, нетоксичный, инертный материал с высоким содержанием углерода.

Состав пирокарбона зависит от вида перерабатываемого сырья (городской мусор, отработанные автомобильные шины и т.д.): до 80 % чистого углерода, 18 % золых частиц и 2 % влаги при работе на крышах и 70 % углерода, 12 % золых частиц и 10 % влаги при работе на бытовых отходах.

Пирокарбон может быть использован в качестве:

- защитно-смазочной смеси в металлургической промышленности;
- наполнителя при производстве резинотехнических изделий;
- заменителя известняка при производстве асфальта;
- красителя при производстве отдельных видов пластмасс.

Список использованной литературы:

1. Иванов А.Н., Тюльпанов Р.С., Белоусов В.Н. Совершенствование системы утилизации уходящих газов пиролизного производства. Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС. Межвузовский сборник научных трудов. СПбГТУРП, 2001.
2. Иванов А.Н., Тюльпанов Р.С., Белоусов В.Н. Опыт эксплуатации системы утилизации вредных газовых выбросов. Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС. Межвузовский сборник научных трудов. СПбГТУРП, 2001.

© В.Н. Белоусов, А.Н. Иванов, С.Н. Смородин, 2018

УДК 676.082.3

Белькова Д.В., магистрант гр. 429.1

Руководитель: д.т.н., профессор **Суслов В.А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ НЕДОГРЕТЫХ РАСТВОРОВ

Процесс теплообмена при кипении чрезвычайно широко распространен в технике. Кипение жидкостей имеет место в многочисленных выпарных аппаратах, работающих в химической, нефтяной, пищевой и других отраслях промышленности, при генерации пара в паровых котлах и испарителях на электростанциях, в атомных реакторах и во многих других аппаратах современной техники. Поверхностное кипение характеризуется

возникновением пара на отдельных местах поверхности нагрева, что создаёт неоднородную структуру смеси жидкости и пара у поверхности тепловыделения. Наличие распределённой двухфазной системы у границы тепловыделения с переменными подвижными поверхностями раздела фаз представляет большую трудность для аналитического описания такого процесса.

Для получения аналитической зависимости процесса теплоотдачи проводились эксперименты на стендовой установке по выпарке чёрного шёлока (рис.1).

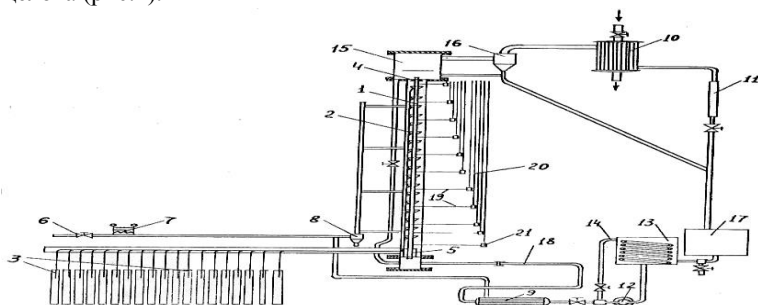


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда для исследования теплообмена при выпаривании обработанных растворов ЦБП

Опытный испаритель представляет собой однострунный вертикальный однопроходной выпарной аппарат, работающий в замкнутом циркуляционном контуре. В зависимости от необходимости могла быть осуществлена как естественная так и вынужденная циркуляция раствора. Поверхностью теплообмена служила стальная нержавеющая труба 1 (X18H10T) диаметром 57х3,5 мм, активная длина которой составляла 7,9 м. Для определения плотности теплового потока по длине кипяtilьной трубы к ней с шагом 415 мм были приварены стаканы 2 для сбора и отвода конденсата с отдельных участков по высоте трубы. Каждый стакан соединялся с соответствующим мерником конденсата 3 емкостью 1,2 литра трубопроводом. Для предотвращения вскипания конденсата трубопроводы проложены внутри греющей камеры с выходом в горизонтальную паровую рубашку, под которой были установлены мерники. Последние были выполнены из труб диаметром 57х3,5 мм и заключены в паровые рубашки диаметром 159 мм. Каждый мерник был оборудован водомерным стеклом для определения количества собирающегося в нем конденсата. В верхнем конце кипяtilьной трубы прикреплен конус 4 для отвода конденсата, образующегося на торцевой крышке греющей камеры. Нижний участок кипяtilьной трубы отделен от греющей камеры стаканом 5. Таким образом, в мерники 3 мог попадать конденсат, образующийся только на поверхности кипяtilьной трубы. Конденсат, образующийся на стенках греющей камеры

и мерников, вследствие потерь тепла в окружающую среду, отводился в дренаж.

Греющий пар после дроссельного вентиля 6, электрического нагревателя 7, где нагревался на $10 - 15^{\circ}\text{C}$, и водоотделителя 8 подводился к установке в четырех точках по высоте греющей камеры.

Вторичный пар, полученный от выпаривания растворов, конденсируется в конденсаторе 10 и поступает в мерник 11. В качестве рабочего раствора использовался чёрный сульфатный щёлок.

Циркуляция раствора происходит следующим образом. Из питательного бака 13 подогретый раствор шестеренчатым насосом 12 подается в паровой подогреватель 9, где устанавливается необходимая для исследований температура раствора на входе в кипятельную трубу. Часть щелока по линии 14 сразу же возвращается в питательный бак 13. С помощью изменения числа оборотов насоса 12 и соотношения открытия вентилей на питательной и возвратной линиях устанавливался необходимый расход щелока через кипятельную трубу. Из подогревателя 9 щелок поступает на участок стабилизации 18 с установленным на нем дроссельным расходомером. Из участка стабилизации 18 щелок поступает в приемную камеру опытного выпарного аппарата, а затем в его кипятельную трубу. Упаренный щелок, отделенный от выпара в сепараторе 15 и щелоковой ловушке 16, направляется в сборный бак 17. Для создания замкнутой схемы на стенде предусмотрена возможность отвода конденсата вторичного пара из мерника 11 в сборный бак. После окончания экспериментов установка регулярно промывалась водой.

После проведения экспериментов были собраны опытные данные для процесса кипения недогретого чёрного щёлока, которые впоследствии сводятся в один массив и обрабатываются методом наименьших квадратов с целью выведения аналитической зависимости коэффициента теплоотдачи от параметров, таких как: скорость циркуляции, недогрев жидкости, плотность теплового потока, температурный напор, концентрация раствора.

$$\alpha = f(w_0; \Delta t_{\text{нед}}; q; \Delta t; b) \rightarrow \alpha = w_0^n \cdot \Delta t_{\text{нед}}^k \cdot q^m \cdot \Delta t^i \cdot b^c$$

Получение такой зависимости актуально для ЦБП, так как упрощается автоматизация процесса, а, следовательно, и увеличивается экономичность. Всё это связано с тем, что процессы будут регулироваться напрямую, в зависимости от показателей параметров, а не через теорию подобия, как это было раньше.

Список использованной литературы:

1. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1986 г.
2. Суслов В.А., Повышение эффективности выпаривания отработанных варочных растворов целлюлозного производства: диссертация, 2006 г.

© Д.В. Белькова, 2018

СИСТЕМА ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ВОССТАНОВЛЕННОЙ СЕРЫ ЛЕСОХИМИЧЕСКОГО ЦЕХА КОТЛАССКОГО ЦБК

В процессе производства целлюлозы, бумаги и картона образуется широкий спектр токсичных газообразных соединений.

Основными компонентами ЦБП, загрязняющими воздушный бассейн, являются дурнопахнущие сернистые соединения, самые вредные из которых – это метилмеркаптан CH_3SH , диметилсульфид CH_3SCH_3 и сероводород H_2S . Максимально допустимая концентрация метилмеркаптана в атмосферном воздухе в районе расположения предприятий ЦБП в тысячу раз превышает предельно допустимый уровень.

Вредные выбросы лесохимического цеха Котласского ЦБК представляют собой паро-воздушную смесь (ПГС), насыщенную, в частности, высокотоксичными и дурнопахнущими соединениями восстановленной серы (метилмеркаптан, сероводород и др.). Концентрация отдельных компонентов ПГС достигает $3 \dots 5 \text{ г/м}^3$, а содержание кислорода $16 \dots 18 \%$, расход изменяется в диапазоне $3000 \dots 7000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Одним из наиболее эффективных способов обезвреживания газообразных соединений восстановленной серы (СВС) является термический метод, т.е. дожигание (термическое окисление) токсичных веществ в практически безвредные, преимущественно CO_2 , H_2O , или менее вредные, например, SO_2 . Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале $750 \div 1200^\circ\text{C}$. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99 %-ной очистки газов.

Схема термического обезвреживания выбросов лесохимического цеха включает в себя стационарный технологический котёл, предназначенный для подогрева высокотемпературного органического теплоносителя (ВОТ) – дифенила $(\text{C}_6\text{H}_5)_2$, циклонный предтопок, смонтированный перед котлом и парогазовый теплообменник (рис. 1).

Для обеспечения надёжного сжигания дурнопахнущих СВС перед котлом устанавливается циклонный предтопок (рис. 2.) [1]. Предтопок представляет собой горизонтально расположенную циклонную камеру сгорания, футерованную снаружи огнеупором, на оси которой расположена газо-мазутная горелка. Первичный воздух подаётся по кольцевому каналу. Относительно высокая концентрация кислорода в ПГС позволяет использовать её в качестве вторичного воздуха, подогреваемого в кольцевом канале, образованном внешней поверхностью обмуровки и металлическим

кожухом, и подаваемым в камеру сгорания через патрубок и аксиальный закручивающий аппарат.

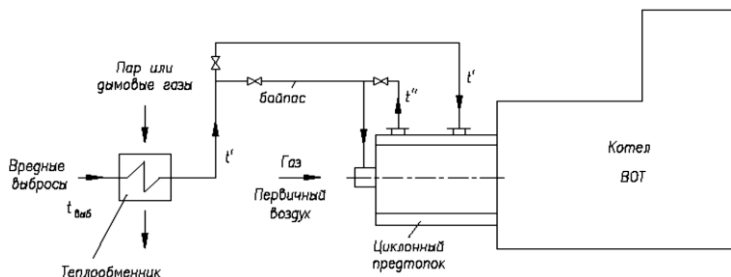


Рисунок 1. Схема термического обезвреживания

Геометрические характеристики предтопка: длина – 1,8 м, внутренний диаметр – 0,7 м, – выбраны на основе расчёта выгорания метилмеркаптана. Топливо – природный газ или мазут.

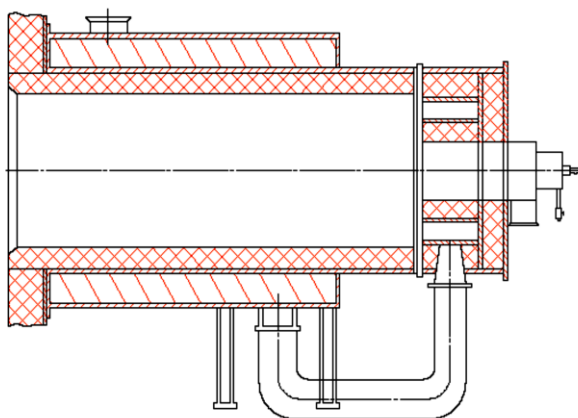


Рисунок 2. Циклонный предтопок

Опыт эксплуатации циклонного предтопка показал, что при соблюдении соответствующих эксплуатационных параметров степень обезвреживания СВС достигает 95..100 %.

В период эксплуатации был выявлен ряд недостатков как отдельных элементов, так и всей системы в целом [2, 3]:

- перегрев и, как следствие, местные разрушения футеровки,
- перегрев направляющих лопаток завихрителя,

- конденсация ПГС в подводящем трубопроводе, что вызывало коррозию.

Для предотвращения коррозии в подводящем трубопроводе и местного перегрева внешних стенок и направляющих лопаток были предложены следующие мероприятия:

- в кольцевом канале устанавливаются направляющие лопатки, благодаря чему достигается турбулентное спиралеобразное движение ПГС (вторичного воздуха) с более высокой скоростью и, как следствие, увеличение коэффициента теплопередачи;

- в подводящем трубопроводе устанавливается конденсатный ящик;

- для предотвращения местного перегрева направляющих лопаток фронтальная стенка также покрывается футеровкой, при этом ПГС подаётся с большей скоростью через патрубок первичного воздуха.

В результате анализа опыта эксплуатации была предложена схема с предварительным подогревом ПГС с 50 до 100 °С в парогазовом теплообменнике.

В случае изменения расхода технологических выбросов или снижения концентрации кислорода предлагается дополнительная подача воздуха.

Список использованной литературы:

1. Тюльпанов Р.С., Федоров Г.М., Брыксенкова Н.К. Топочное устройство для сжигания дурнопахнущих газов в ЦБП. 1989.

2. Тюльпанов Р.С., Белоусов В.Н., Кубецкий Г.М., Полищук А.В. Опыт эксплуатации предтопка для сжигания токсичных выбросов. Международная научно-техническая конф. RAPFOR-94// Информ. сообщ./ Санкт-Петербург, 1994.

3. Tulpanov R., Belousov V., Brendeleev I., Polischuk A. Betriebserfahrung der Vorfeuerung von technologischen Schadstoffen und Abgasen. XXVI. Kraftwerks-technisches Kolloquium, Kurzreferate, Dresden, 1994.

© В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, 2018

УДК 621.18

Горлова В.Н., магистрант гр. 419.1

Руководитель: к.т.н., доцент **Смородин С.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РАЗРАБОТКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА БЛОК— МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Важнейшим фактором, который оказывает достаточно сильное влияние на состояние энергетического комплекса России, является очень высокий процент износа оборудования данной отрасли. На данный момент износ основной мощности в электроэнергетике РФ составляет приблизительно 65%. Если учитывать, что основное развития электроэнергетики Российской Федерации приходилось на 60–70 годы прошлого века, то

становится очевидным тот факт, что износ достиг критического уровня. Такой износ в первую очередь связан с невысоким уровнем вложения инвестиций в 90-е годы.

Высокий уровень изношенности базового энергооборудования ТЭС приводит к понижению эффективности и надежности: КПД ТЭС в РФ составляет 36,6%, в то время как в европейских странах данный показатель достигает 39–41,5%. Технические показатели отечественных ТЭС также проигрывают аналогичным общемировым параметрам (давление пара в РФ достигает 25 МПа, в развитых странах – 32–35 МПа; температура пара в РФ 545–550 °С, в развитых странах – 610–650 °С).

Суммируя вышеизложенное можно сделать вывод о росте затрат, связанных с обслуживанием и эксплуатацией ТЭС, что представляет для страны серьезную экономическую и техническую проблему. В связи с этим 23 ноября 2009 года был принят Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Новым федеральным законом определен комплекс правовых, экономических и организационных мер, направленных на стимулирование энергосбережения и повышение энергетической эффективности.

На основании этого, предлагается расчёт теплотехнической части отопительной блочно - модульной котельной с установкой современного оборудования высокой энергоэффективности.

Исходными данными для расчета являются:

1) Часовой расход тепла на отопление и вентиляцию $Q'_{ОВ} = Q'_{ОТ} + Q'_{В} = 1,028 \text{ МВт}$.

2) Часовой расход тепла на горячее водоснабжение $Q'_{ГВС} = 0,24 \text{ МВт}$.

3) Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_{нро} = -24^\circ\text{C}$

4) Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции. $t_{нрв} = -11^\circ\text{C}$

5) Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ср.от.} = -1,3^\circ\text{C}$

В результате расчётов было установлено, что:

1) Суммарный годовой расход тепла с учетом потерь (годовая выработка тепла котельной)

$$Q_{\text{выр}}^{\text{год}} = 1,1 \times Q_{\text{отп}}^{\text{год}} = 1,1 \times 2,33 \times 10^7 = 2,563 \times 10^7 \text{ МДж/год.}$$

2) Годовой расход условного топлива

$$B_{\text{усл}}^{\text{год}} = Q_{\text{выр}}^{\text{год}} / Q_{\text{исл}}^{\text{р}} \times \eta_{\text{к}} = 2,563 \times 10^7 / 29330 \times 0,92 = 949,8 \text{ т/год.}$$

3) Годовой расход газа

$$B_{\text{г}}^{\text{год}} = Q_{\text{выр}}^{\text{год}} / Q_{\text{г}}^{\text{д}} \times \eta_{\text{г}} = 2,563 \times 10^7 / 35588 \times 0,92 = 782,8 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Кроме того, были определены параметры в «Максимально- зимнем режиме»:

1) Потери тепла в теплосетях на собственные нужды

$$Q_{\text{пот}} = 0,1 \times (Q'_{\text{ов}} + Q'_{\text{гвс}}) = 0,1 \times (1,028 + 0,24) = 0,127 \text{ МВт}$$

2) Суммарная тепловая нагрузка котельной

$$Q_{\text{кот}} = Q'_{\text{ов}} + Q'_{\text{гвс}} + Q_{\text{пот}} = 1,028 + 0,24 + 0,127 = 1,395 \text{ МВт}$$

3) Расчетный расход котловой воды для нужд отопления и вентиляции

$$G_{\text{ов}} = 1,1 \times Q'_{\text{ов}} \times 10^3 / (t_1 - t_2) \times C = 1,1 \times 1,028 \times 10^3 / (95 - 70) \times 4,19 = 10,8 \text{ кг/с}$$

Исходя из полученных значений, рекомендуется к установке котел «AlfaLAVART 700 REVERS». Данное устройство имеет ряд преимуществ: Топки адаптированы под большинство горелок зарубежного и отечественного производства; Высокая надежность и эксплуатационная безопасность; КПД котла LAVART R при работе:

- на природном газе, не менее – 92%

- на жидком топливе, не менее – 91%

Кроме того, топки адаптированы под большинство горелок зарубежного и отечественного производства, что упрощает безопасную эксплуатацию и ремонт котла.

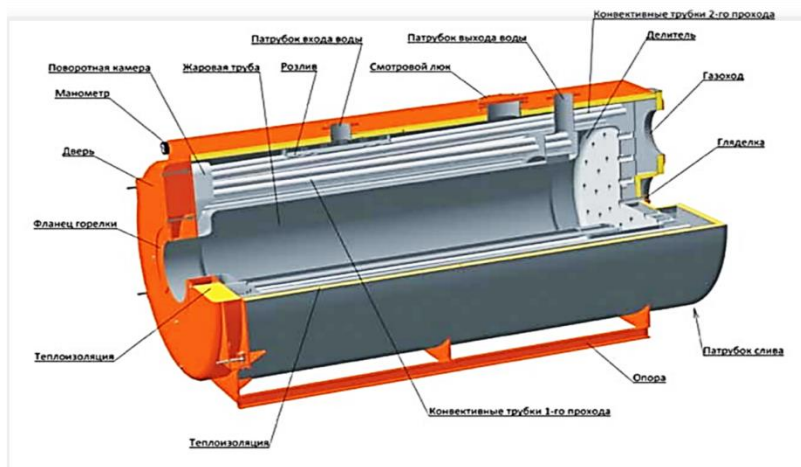


Рисунок 1. Котел ALFA LAVART 700 REVERS

Данный котел предусматривает установку горелки. Идеальным вариантом может стать газовая горелка «OilonGP-50H ½». Она отличается от других несомненными достоинствами. Например, высокой степенью безопасности позволяет использовать ее в закрытых помещениях, что особенно актуально в данное время. Кроме того, работа данной горелки возможна, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

В соответствии с Федеральным законом «О теплоснабжении» от 27.07.2010 N 190-ФЗ с 1 января 2013 г. подключение вновь вводимых объектов капитального строительства к системам ГВС допускается только по закрытой схеме, а к 2022 открытая схема должна быть заменена

закрытой. Именно поэтому предлагается использовать закрытую схему в данном проекте.

В результате расчета тепловой схемы котельной были найдены необходимые площади теплообмена

- для теплообменника ГВС:

$$F = \frac{Q}{k_p \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{0,27 \cdot 10^6}{4237 \cdot 60} = 1,04 \text{ м}^2.$$

- для теплообменника отопления:

$$F = \frac{Q}{k_p \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{6376 \cdot 10} = 19 \text{ м}^2.$$

Исходя из этого, рекомендуются к установке теплообменники М6М.80 для нужд отопления и М6М.10 для нужд ГВС.

Также была разработана схема газоснабжения, представленная на рис.2.

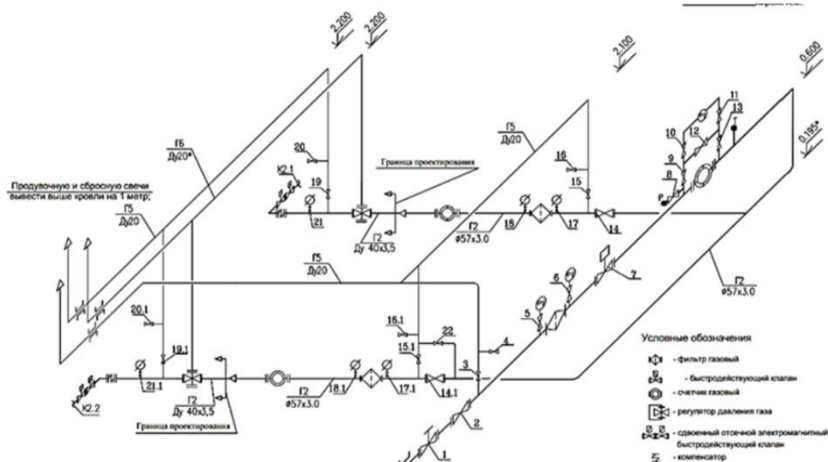


Рисунок 2. Схема газоснабжения котельной

Таким образом, полученная тепловая схема котельной и выбранное оборудование позволит обеспечить бесперебойное и надежное теплоснабжение населения. Кроме теплового расчета, был произведен аэродинамический расчет, в результате которого были получены высота дымовой трубы и концентрации в приземном слое C_{NO_2} и C_{CO_2} , не превышающие значения ПДК.

Список использованной литературы:

1. Мурзич А.Ф., Иванов А.Н.. Теплообменное оборудование предприятий: учебное пособие / Санкт-Петербург, 2008 г.

2. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПБГТУРП.- СПб., 2014.
3. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю.. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO₂): учебное пособие / СПБГТУРП.-СПб., 2014.
4. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю.. Основы энергоаудита объектов. Энергетический паспорт предприятия: учебное пособие /СПБГТУРП.-СПб., 2014.
5. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю.. Системы и узлы учета расхода энергоресурсов: учебное пособие / СПБГТУРП. - СПб., 2014.

© В.Н. Горлова, 2018

УДК 661

д.т.н. профессор **Казаков В.Г.**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ВЫПАРИВАНИЕ СУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ С КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Сульфат натрия используют главным образом в целлюлозно-бумажной, стекольной и химической промышленности, а также в производстве синтетических моющих средств. Основными потребителями отечественного сульфата натрия являются предприятия целлюлозно-бумажной промышленности. В последнее время на стадии регенерации натриевой щелочи в производстве сульфатной целлюлозы предлагается выпаривание черного щелока вести не каустических натриевых растворов, а растворов сульфата натрия. Растворы сульфата натрия характеризуются низкой физико-химической температурной депрессией, что позволяет прогнозировать большую производительность выпаривания в сравнении с концентрированием щелочных каустических растворов.

Основным недостатком процесса выпаривания является кристаллизация сульфата натрия на теплообменных поверхностях в виде корки. Особенно интенсивно инкрустируются греющие поверхности при выпарке сульфатных растворов, загрязненных примесями, вызывающими коррозию стальных кипятильников. Греющие поверхности выпарных аппаратов должны изготавливаться из хромистых или хромоникелевых сталей, наиболее устойчивых в условиях выпарки сульфатного раствора.

Для уменьшения зарастания солью греющих поверхностей рекомендуется применять аппараты с интенсивной принудительной циркуляцией раствора или с механической очисткой поверхности нагрева. Несмотря на интенсивную циркуляцию (3 м/сек), в течение суток нарастает слой накипи до 0,5 мм и коэффициент теплопередачи уменьшается с 3470 до

900 ккал/(м² • ч * град). Поэтому интенсивная циркуляция не исключает необходимости частых промывок аппаратов, что снижает производительность выпарной станции.

Вследствие склонности сульфата натрия к образованию пересыщенных растворов отложение соли происходит не только в зоне подогрева и кипения раствора, но и на всех поверхностях циркуляционного контура. Поэтому наиболее радикальным средством борьбы с зарастанием признана интенсивная принудительная циркуляция в присутствии мелкой затравки соли сульфата натрия. В этом случае пересыщение раствора снимается путем роста взвешенных в жидкости кристаллов. Имеются сведения, что при содержании в суспензии 5—10% твердой фазы выпаривание в опытном аппарате при скорости циркуляции 1,8—1,9 м/сек проходило в течение 1,5 суток без заметного снижения коэффициента теплопередачи. Имеются и другие способы замедления инкрустирования теплообменных поверхностей (магнитная обработка раствора, ультразвуковая обработка и др.). Однако, получаемые результаты (малый межпромывочный период) ни по одному из способов не отвечают современным требованиям ведения процесса выпаривания.

Выпаривание кристаллизующихся сульфатных растворов следует рассматривать (см. рис. 1) с точки зрения растворимости сульфата натрия.

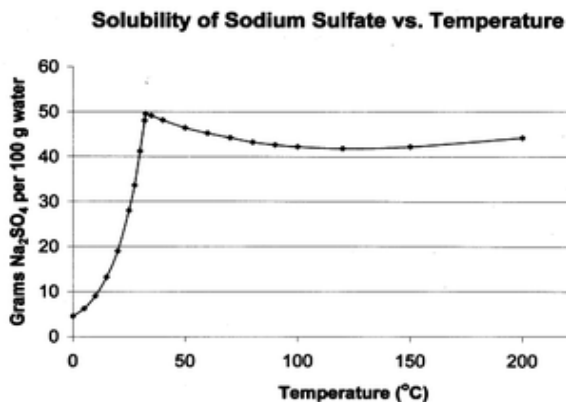


Рисунок 1. Температурная растворимость сульфата натрия.

Не трудно заметить, что температурная растворимость сульфата натрия представлена двумя ветвями кривой: низкотемпературной от 5 °С до 50 °С и высокотемпературной от 50 °С и выше. Полный температурный напор при выпаривании обычно составляет до 100 °С и ограничен температурами 150-50 °С. Из этого диапазона температур растворимость сульфата натрия имеет тенденцию к падению при повышении температуры от 50 °С до 80 °С. В дальнейшем при повышении температуры до 150 °С она практически не

меняется. Отсюда следует, что изменение схемы выпаривания не влияет на температурную растворимость сульфата натрия.

Растворимость сульфата натрия во второй ветви кривой существенно зависит от температуры раствора. При повышении температуры раствора от 0 до 50 °С она резко возрастает от 50 до 500 г/л. Не случайно, что на заводе в Троне (США) раствор концентрируют в трехкорпусной вакуум-выпарной батарее, а затем кристаллизуют мирабилит при охлаждении до 5—6°.

Исследование температурной растворимости сульфата натрия и опыта эксплуатации выпаривания сульфатного раствора позволяет рекомендовать следующую аппаратурно-технологическую схему выпаривания раствора с кристаллизацией сульфата натрия.

Насыщенный раствор сульфата натрия выпаривают в четырехкорпусной трехступенчатой противоточной выпарной батарее с теплообменниками смешения. Один корпус выпарной батареи находится на промывке конденсатом вторичного пара работающей батареи. Каждый из трех корпусов выводится из работы и промывается два часа. Насыщенный сульфатом натрия конденсат направляют в мешалку исходного раствора. Вывод и подключение выпарного аппарата из работы производится автоматически. Для снижения или предотвращения инкрустирования в раствор сульфата натрия вводят ингибитор накипеобразования. Ввод в схему теплообменников смешения позволяет решить проблему накипеобразования в подогревателях. Кроме того, введение теплообменников смешения позволяет раствор перед выпариванием перевести в ненасыщенное состояние, т.е. обеспечить возможность дополнительно отмывать образующийся на поверхностях осадок сульфата натрия.

Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией даже при больших скоростях циркуляции могут забиваться «пробками». Заращению подвергаются как кипяtilьные трубки, так и циркуляционные трубы. В связи с этим рекомендуются к установке выпарные аппараты с «падающей» пленкой и принудительной циркуляцией при скорости стекания пленки 1,5 - 2,0 м/с. Выпарные аппараты выполнены с кристаллизаторами, через которые периодически (по мере достижения заданной плотности суспензии) выгружается твердая фаза сульфата натрия.

В оставшемся крепком растворе концентрация сульфата натрия составляет 400 г/л. Для повышения выхода сульфата натрия обратимся к низкотемпературной ветви кривой растворимости (рис.1). Из ее рассмотрения нетрудно установить, что из крепкого раствора можно извлечь дополнительно 350 г/л сульфата натрия, если охладить раствор до 5 – 6 °С. Такого уровня охлаждения раствора можно достичь применяя абсорбционную холодильную машину, где в качестве источника теплоты можно использовать вторичный пар последнего (вакуумного) корпуса выпарной батареи. Маточный раствор после кристаллизации направляют в

исходный раствор, направляемый на кристаллизацию или на промывку выпарных батарей.

Список использованной литературы:

1. Казаков В. Г., Луканин П. В., Федорова О. В., Самойленко Д. Е. Модернизация технологического процесса переработки черных щелоков сульфатной целлюлозы//ЖПХ.-2016.-Т.89, вып.5 – с.654-659.
2. Патент на изобретение №2617569. Казаков В. Г., Луканин П. В., Смирнова О.С. Бюллетень изобретений №12. 25.04.2017.
3. Патент. № 2634380. Казаков В. Г., Луканин П. В., Федорова О.В.. Бюллетень изобретений № 30. 26.10.2017 г;
4. Варламов М. Л. и др. Производство кальцинированной соды и поташа при комплексной переработке нефелинового сырья. М., «Химия», 1977, 173 с.

© В.Г. Казаков, 2018

УДК 53.072.13

Деманов В.А., гр. ДИАА6-11

Астраханский Государственный Технический Университет

Мостовой А.Д., гр. 532

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

Руководитель: к.т.н. **Ковалёв Д.А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ СТОЙКИХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Весьма актуальным является влияние магнитного поля на различные вещества, в частности на углеводороды, а так же применение магнитного поля в нефтедобывающей промышленности, где целесообразно рассмотреть его воздействие на разделение водонефтяных эмульсий, так как эта проблема часто встает перед нефтяниками [2, с.45].

Наша задача создание нового вида электромагнитной деэмульсации, предварительные исследования модельных эмульсий и разработка лабораторной установки для электромагнитной деэмульсации.

При прохождении электрического тока по проводнику вокруг него образуется магнитное поле (рис 1.). Магнитное поле представляет собой один из видов материи. Оно обладает энергией, которая проявляет себя в виде электромагнитных сил, действующих на отдельные движущиеся электрические заряды (электроны и ионы) и на их потоки, т. е. электрический ток. Под влиянием электромагнитных сил движущиеся заряженные частицы отклоняются от своего первоначального пути в направлении, перпендикулярном полю [1, с.29].

Представляется интересным воздействие магнитного поля на углеводородные соединения, а в частности на водонефтяные эмульсии.

Водонефтяная эмульсия - это смесь двух взаимно нерастворимых жидкостей [3, с.12].

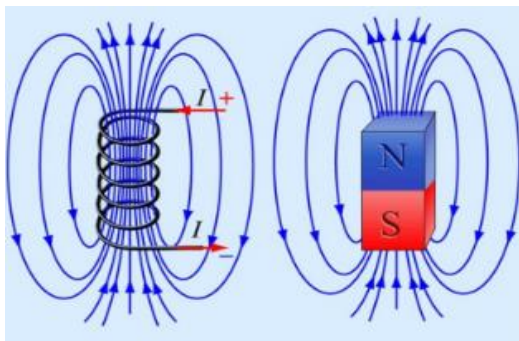


Рисунок 1. Прохождение электрического тока по проводнику

В нашем случае воды и нефти. Водонефтяная эмульсия теоретически является неустойчивой системой, склонной к образованию минимальной поверхности раздела фаз, а, следовательно, к расслоению. На практике чаще наблюдается образование стойких водонефтяных эмульсий [3, с.45].

Водонефтяные эмульсии обладают высокой устойчивостью вследствие образования на границе «вода – нефть» бронирующих оболочек на поверхности капелек воды (рис.2.). Бронирующие оболочки образуются из так называемых естественных стабилизаторов эмульсий, а именно содержащиеся в нефти асфальтены, смолы, нафтены и парафины.

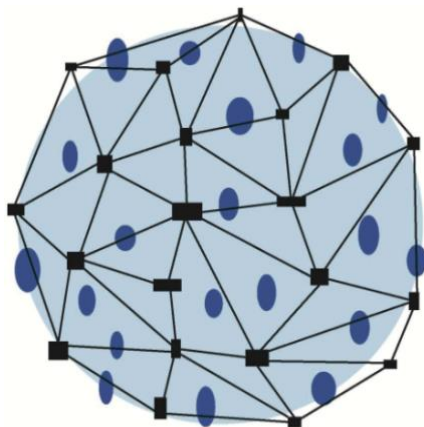


Рисунок 2. Образование на границе «вода – нефть» бронирующих оболочек

От устойчивости водонефтяных эмульсий зависит выбор способа разделения, позволяющего максимально отделить водную фазу от нефти.

В настоящее время существуют различные методы разрушения

нефтяных эмульсий, применяемые в нефтяной промышленности. Рассмотрим как предложение метод электромагнитной деэмульсации [4, с. 169].

Для исследования воздействия магнитного поля на водонефтяные эмульсии разработана лабораторно-экспериментальная установка для исследования параметров электромагнитной деэмульсации (рис.3.), позволяющая проводить эксперименты с эмульсиями в широком диапазоне концентраций.

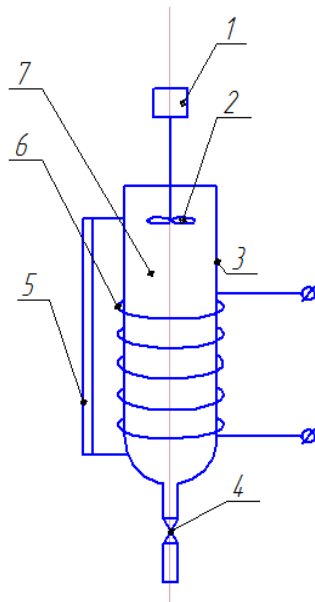


Рисунок 3. Экспериментальная установка для деэмульсации ВНДС: 1 – привод мешалки; 2 – лопасти; 3 – корпус; 4 – кран; 5 – указатель уровня; 6 – магнитный индуктор, 7 – делительная воронка.

Для проведения экспериментов было необходимо получить образцы эмульсий различной концентрации. Провести пробы методом «бутылочного отстоя» для сравнения с образцами, обработанными электромагнитным воздействием.

В лабораторных условиях был проведен ряд экспериментов по подготовке модельных эмульсий из ингредиентов постоянного и известного состава, которые по своим свойствам имитируют реальные эмульсии.

Емкости заполнили водой и нефтью в следующей пропорции: 10% воды - 90% нефти; 20% воды - 80% нефти; 30% воды - 70% нефти; 40% воды - 60% нефти; 50% воды - 50% нефти; 60% воды - 40% нефти; 70% воды - 30% нефти; 80% воды - 20% нефти; 90% воды - 10% нефти.

Далее смеси были перемешаны в течение 5 минут. Перемешивание эмульсий производилось при помощи бытового минимиксера.

Те же эксперименты были проведены со смесями, произведенными с морской водой, доставленной с Каспийского моря. Далее был произведен бутылочный отстой образцов эмульсий различного состава.

В ходе работы были получены следующие результаты (см. табл.1):

Таблица 1. Полученные результаты

№	% нефти/воды	Время бутылочного отстоя, мин. (вода-нефть)	Время бутылочного отстоя, мин. (морская вода-нефть)
1	90/10	Стойкая эмульсия (не разделилась)	Стойкая эмульсия (не разделилась)
2	80/20	Стойкая эмульсия (не разделилась за 2 часа)	Стойкая эмульсия (не разделилась за 3 часа)
3	70/30	1 час. 15 мин.	2 часа. 40 мин.
4	60/40	50 мин.	2 часа. 5 мин.
5	50/50	36 мин.	1 час. 40 мин.
6	40/60	25 мин.	1 час. 10 мин.
7	30/70	19 мин.	46 мин.
8	20/80	13 мин.	28 мин.
9	10/90	7 мин.	12 мин.

По полученным данным построили графические зависимости (рис.4.).

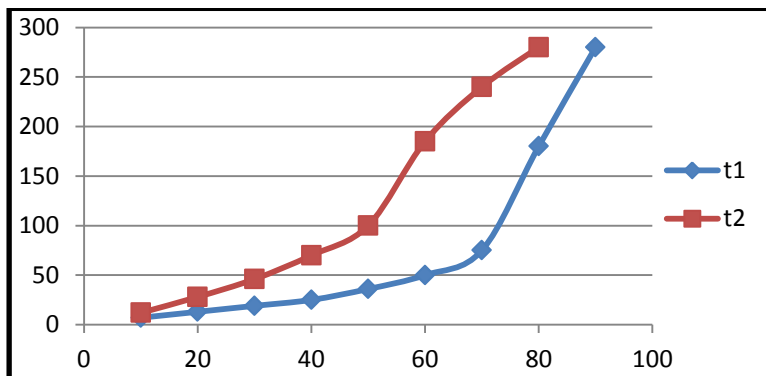


Рисунок 4. Графическая зависимость процентного соотношения эмульсий к времени расслоения

По результатам экспериментов можно сделать вывод, что наиболее стойкие эмульсии получились в составе с морской водой. Для проведения дальнейших экспериментов принято решение использовать эмульсию концентрацией 50/50. В дальнейшем была собрана экспериментальная установка (рис.5.) для исследования электромагнитного воздействия на разделение водонефтяных дисперсных смесей в лабораторных условиях.

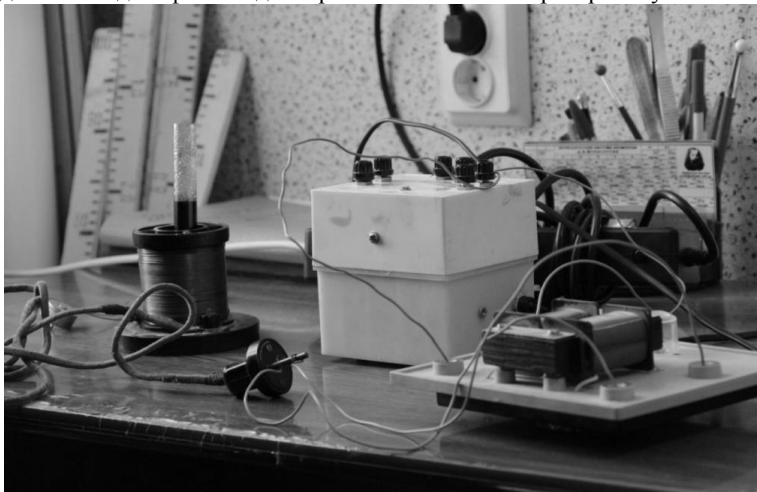


Рисунок 5. Экспериментальная установка для деэмульсации ВНДС

Под воздействием электромагнитного поля эмульсия (вода-нефть 50/50) разделилась в течение 4 мин., эмульсия (морская вода-нефть 50/50) за 13 мин.

Проведен анализ времени расслоения водонефтяных дисперсных смесей различного состава и концентраций. В результате экспериментов выявлено, что более стойкие эмульсии образуются в составе с морской водой.

Данная установка может быть использована на промыслах для разделения водонефтяных эмульсий.

Список использованной литературы:

1. Струк В.А. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: учебно-справочное руководство/ В.А. Струк, Л.С. Пинчук, Н.К. Мышкин, В.А. Гольдаде, П.А. Витязь. – Долгопрудный: - Изд. Дом «Интеллект», 2010.- 536 с.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества: учебное пособие для вузов – 11 – е изд., испр. И доп. М.: Физматлит, 2003. – 616 с.
3. Шайхулов А. М., Бойчук А. А., Докичев В. А., Свирский С. Э., Сингизова В. Х., Крестелева И. В., Телин А. Г., Влияние магнитного поля на деэмульсацию водонефтяной эмульсии пласта А 4 Киянгопского месторождения режим доступа: <http://ngdelo.ru/article/view/871>

4. Влияние природных поверхностно-активных веществ на стабилизацию водонефтяных эмульсий/ Небогина Н. А. [и др.]. // Нефтехимия. 2010. Т. 50. № 2. С.168-173.

© В.А. Деманов, А.Д. Мостовой, 2018

УДК 620.9

Езов А.О., гр. 523

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ

Нефть и газ являются иссекаемыми источниками энергии. Из доклада Кирилла Молодцова, заместителя министра энергетики России, на Петербургском международном газовом форуме в 2017 году стало известно, что мировой запас нефтисоставляет примерно 1,727 триллионов баррелей, которого хватит при таком же уровне потребления, на 54 года, а мировой запас природного газа составил около 186,8 триллионов кубических метров, егохватитчеловечеству примерно на 60 лет. Газ является основным видом топлива, благодаря которому на станциях вырабатывают электричество и тепло. И если человечество не будет развивать альтернативные источники энергии, то в конечном счёте мир окажется на грани хаоса. И чтобы решить проблему иссекаемых источников энергии можно пойти путём развития альтернативной энергетики.

Альтернативные источники энергии - это способы получения электрической, или другого вида энергии, за счёт возобновляемых источников энергии,которую получают из природных ресурсов, её так же называют «Зеленой энергией», так как она является экологически чистой и безопасной. К таким ресурсам относят: солнечный свет, ветер, водные потоки, геотермальная теплота Земли и т.д. С помощью таких источников энергии в 2017 году было выработано около 25% мирового энергопотребления. [1] Если мы будем и дальше продолжать развивать альтернативные отрасли энергетики, то можно будет не беспокоиться за будущее наших детей и внуков.

Одна из наиболее перспективных энергетик на нашей планете, является геотермальная энергетика. По различным подсчетам, температура в центре Земли составляет, минимум 6650 С. Скорость остывания Земли примерно равна 300—350 С в миллиард лет. Тепловой поток, текущий из недр Земли через ее поверхность, составляет 47 ± 2 ТВт тепла (400 тыс. ТВт*ч в год, в 17 раз больше чем выработка всей мировой энергетики), а тепловая мощность, вырабатываемая Землей за счет радиоактивного распада урана, тория и калия грубо оценивается в 13-61 ТВт. [2] Геотермальные электростанции (ГеоЭС) являются одними из самых недорогих источников получения электроэнергии.

Эта не молодая энергетика, свою историю она берет с 1817 года, итальянский учёный Франсуа де Лардерель создал метод взятия горячего пара из гейзера, и только в 1904 году инженер по имени Пьеро Джинори совершил первые испытания геотермального генератора в городе Лардерелло расположенный в регионе Тоскана, Италия. С помощью этого генератора он смог зажечь четыре электрических лампочки. В этом же году городе построили первую геотермальную станцию, которая работает и по сей день.

В России создание ГеоЭС является перспективным направлением, наравне с ветряной, солнечной или приливной энергетикой. Районы, в которых наиболее перспективно развитие геотермальной энергетики России: Дальний Восток и Западная и Восточная Сибирь, потому что именно в этих районах повышенная концентрация геотермальных источников. Так, запасы геотермальной энергии в России настолько велики, что по анализу учёных, они в 15 раз превышают запасы всего топлива в стране.[3]

В России первая геотермальная электростанция была построена во времена СССР, в 1966 году, на полуострове Камчатка, в долине реки Паужетка, Паужетская ГеоЭС, номинальной мощностью 12 МВт. За последние двадцать лет на Камчатке было построено ещё две геотермальные станции, первая из них, это Мутновская ГеоЭС с установленной мощностью турбин 50 МВт, и вторая, Верхне-Мутновская ГеоЭС с установленной мощностью турбин 12 МВт. В наши дни, почти большая часть потребляемой энергии на Камчатке, вырабатывается с помощью этих геотермальных станций, а сами геотермальные ресурсы оцениваются примерно в пять тысяч мегаватт, но их реальный потенциал осуществлён только в размере около восьмидесяти мегаватт. Так же ГеоЭС располагаются на Курильских островах, одна из них - Океанская ГеоЭС, расположенная на острове Итуруп, с установленной мощностью 2,5 МВт, и Менделеевская ГеоЭС расположенная на острове Кунашир, с установленной мощностью 3,6 МВт, и обе питают электроэнергией местные посёлки.

Существует три класса геотермальных районов: геотермальный; полутермальный; и нормальный.

Геотермальный, находится рядом с границами континентальных плит, температурный градиент равен более $80^{\circ}\text{C}/\text{км}$, большинство работающие ГеоЭС на нашей планете размещены в таких районах.

Полутермальный - это природные водоносные пласты, состоящие из раздробленных пород, градиент температуры равен $40 - 80^{\circ}\text{C}/\text{км}$, такой район находится на полуострове Камчатка, в посёлке Эссо, энергия, выработанная на станции в данном районе, используется для отопления жилых домов.

И наконец третий район называется нормальный – это самый распространённый район, и температурный градиент менее $40^{\circ}\text{C}/\text{км}$, но к

сожалению, в таких областях нет смысла строить геотермальные электростанции.

Принцип работы ГеоЭС. Всего существуют 3 схемы осуществления электроэнергии с использованием геотермальных ресурсов. Первая из них - прямая. В основе прямого принципа работы ГеоЭС лежит прохождение горячего пара по трубам через турбины. Горячий пар поднимается по скважине, и попадает сразу на мощную турбину, тем самым появляется огромная энергия, которая сразу передаётся к ротору генератору.

Вторая - непрямая. Её схема идентична первой, разница лишь в том, что перед поступлением горячего пара на турбину, она обрабатывается, тем самым удаляются сероводородные газы, которые могут разрушить трубы.

Третья схема, носит название смешанная. Смешанная схема выделяется от двух предыдущих схем тем, что пар и вода идут на теплообменник, и тем самым они никогда не вступают в контакт с турбиной. Такая схема является одной из самых востребованных, и она даёт возможность во много раз поднять мощность станции, и ещё обеспечить стабильностью работы турбины.

Существуют определённые плюсы и минусы ГеоЭС. Одним из первых недостатков ГеоЭС является предрасположенность их к определенной местности, так как вокруг станции должны лежать термальные гейзеры, на этих гейзерах нельзя проводить сложные строительные работы. Вторым недостатком является дорогая разработка и строительство станций. А третьим минусом является химический состав воды, так как воду необходимо переработать или утилизировать. Воду можно утилизировать обратно в землю по ещё одной скважине, или перемещать в специально оборудованные резервуары с цементными каркасами, где она перерабатывается.

Плюсом геотермальной энергетики является запас геотермальной энергии, её настолько много, что она будет существовать веками. Вторым плюсом является то, что использование ГеоЭС не требует дополнительных трат денежных средств, кроме трат на профилактическое техобслуживание или на ремонт комплектующих станций. Третьим достоинством является экологичность, потому что работа ГеоЭС сопровождается лишь незначительным и несоизмеримым, с другими производствами, выбросами вредных и токсичных газов. Четвёртым достоинством является то, что для работы ГеоЭС не нужны поставки топлива из внешних источников, то есть она независима. Так же, ГеоЭС независима от погоды, климата и времен года. Смотря на плюсы и минусы ГеоЭС, можно сделать вывод, что достоинства ГеоЭС затмевают её существующие недостатки.

Практически на всей территории нашей страны имеются уникальные запасы геотермального тепла с температурами теплоносителя. Введение в широкомасштабном объёме геотермальной энергетики позволит нам снизить расход органического топлива. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что, если мы будем развивать альтернативную энергетику в

© А.О.ЕЗОВ, 2018

Деманов В.А., гр. ДИААб-11

Мостовой А.Д., гр. 532

Руководитель: асс. Труханова И.А.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

Тема применения метода разделения стойких водонефтяных эмульсий интересна для изучения, и позволяет рассматривать данный вопрос в разных отраслях науки и техники. Нас заинтересовал вопрос влияния магнитного поля на различные вещества, в частности на углеводороды.

Рассмотрим практическое применение данного метода.

Астрахань все больше укрепляется в статусе региона, где активно развивается нефтегазодобывающая отрасль. С 1999 по 2005 год на акватории северного Каспия Лукойл открыл 6 крупных месторождений нефти и газа (рис. 1.).

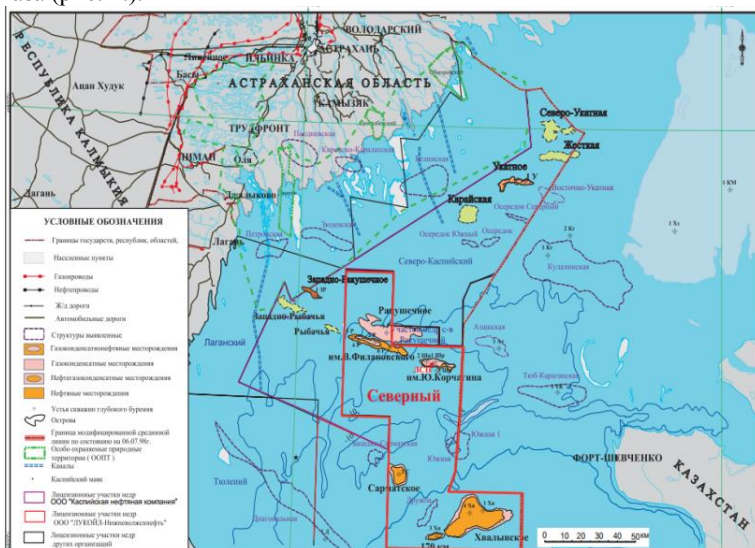


Рисунок 1. Обзорная схема района работ

Нефть с месторождений Северного Каспия транспортируют по трубопроводам частично с помощью плавучих средств (танкеров).

При проведении работ по загрузке или разгрузке танкера может произойти разлив нефти. Схема борьбы с разливами нефти достаточно отработана. Продукты разлива собирают и утилизируют, что требует значительных затрат. При разливе нефти из танкера, особенно при волнении и в соединении с морской водой образуются водонефтяные эмульсии.

В связи с этим возникает проблема разделения водонефтяных эмульсий, собранных при разливах нефти [2, с.43]. В связи с этим необходимо исследовать экологические проблемы в сфере нефтепромышленности.

Танкера с нефтью ходят по Волге от месторождения до нефтебаз в Астрахани и в Волгограде. При перевозке есть вероятность того, что произойдет разлив нефти, что наносит экологические проблемы для окружающей среды.

От подобных аварий страдает животный и растительный мир. В случае если, разлив нефти происходит в пресном водоеме, негативные последствия испытывает на себе и местное население (например, коммунальным службам намного сложнее очищать воду, поступающую в водопроводные сети) и сельское хозяйство.

Мы считаем, что возможно при помощи электромагнитной диэмульсации проводить разделение ВНЭ непосредственно на месте разлива. Данный метод является экологически безопасным и малозатратным. Анализ проведенных экспериментов показал эффективность магнитного воздействия на разделение водонефтяных эмульсий.

Проведены эксперименты по получению модельной эмульсии. В результате проделанной работы выявлено, что при соответствующей концентрации эмульсии время расслоения при равных прочих условиях в соленой воде в два раза больше, чем в пресной, что свидетельствует о большей прочности бронирующей оболочки глобул воды.

Разделение водонефтяных эмульсий под воздействием электромагнитного поля происходит в 7-9 раз быстрее, чем при бутылочном отстое [1, с.59].

Также этот метод можно использовать в качестве разделения воды от нефти на тех водоемах, где не могут проехать судна, предназначенные сейчас для сбора разлива нефти. Наша установка является компактной и ее можно установить на небольшие лодки и непосредственно на месте разлива можно проводить забор водонефтяной эмульсии и разделение, сразу же выливая уже очищенную воду в водоем.

Список использованной литературы:

1. Шайхулов А. М., Бойчук А. А., Докичев В. А., Свирский С. Э., Сингизова В. Х., Крестелева И. В., Телин А. Г., Влияние магнитного поля на

деэмульсацию водонефтяной эмульсии пласта А 4 Киенгопского месторождения режим доступа: <http://ngdelo.ru/article/view/871>

2. Влияние природных поверхностно-активных веществ на стабилизацию водонефтяных эмульсий/ Небогина Н. А. [и др.]. // Нефтехимия. 2010. Т. 50. № 2. С.168-173.

© В.А. Деманов, А.Д. Мостовой, 2018

УДК 697.34

Иванов А.В., гр. 446

Руководитель: к.т.н., доцент **Короткова Т.Ю.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА К ЗАКРЫТЫМ СИСТЕМАМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РФ

Теплоснабжающие организации, доставляющие горячую сетевую воду к потребителям встали перед серьезной эксплуатационной и конструктивной задачей перехода к закрытым системам теплоснабжения, о чем свидетельствует ФЗ №190 «О теплоснабжении» 190 от 27.07.2010 [1].

Закрытая система теплоснабжения основана на следующем принципе: отбираемая из горводопровода холодная вода питьевого качества подогревается в дополнительном теплообменнике сетевой водой, после чего поступает к потребителю в системы ГВС. Теплоносители в теплообменниках разделены между собой, то есть контур горячей воды отделен от контура отопления.

К достоинствам закрытой системы следует отнести следующие:

- Уменьшение расхода тепла на отопление, при установке погодозависимой автоматики;
- Снижение внутренней коррозии трубопроводов и отложения солей;
- Уменьшение темпов износа оборудования тепловых станций и котельных;
- Снижение затрат на химводоподготовку;
- Уменьшение аварийности систем теплоснабжения.

Реализовать переход к закрытым системам достаточно трудно по ряду причин:

- Не определены источники финансирования.
- Отсутствие помещений для размещения нового оборудования.
- Нет заинтересованности среди потребителей.

К рассмотрению предлагаются следующие варианты решения данных проблем. С финансовой стороны можно привлечь средства из следующих источников:

- Государственно-частное партнёрство - совокупность форм среднесрочного и долгосрочного взаимодействия государства и бизнеса для решения общественно значимых задач на взаимовыгодных условиях [2].

- Фонд капитального строительства, имеющий возможность покрыть до 70% затрат;

- Существующие инвесторы.

Так же есть альтернативные варианты взаимовыгодного сотрудничества.

- Тепло- и водопоставляющие компании;

- Организации, занимающиеся производством теплоснабжающего оборудования;

- Реконструкция ЦТП в коммерческие сооружения (магазины и тд).

С технической стороны предлагается установка погодозависимых БИТП (блочные индивидуальные тепловые пункты), где возможна установка в чердачных и подвальных помещениях, где не возможна в пристройках или близлежащих промышленных помещениях. Также тепловые сети некоторых домов, например, старого фонда, объединить в одну, что позволит сократить затраты.

С социальной стороны незаинтересованность и неграмотность потребителей в сфере теплоснабжения является также одной из главных проблем. Эту проблему можно решить несколькими способами:

- Проводить агитации;

- Создавать социальные рекламы;

- Информировать потребителей через управляющие компании и ТСЖ.

Таким образом для потребителей выгода перехода к закрытым системам очевидна:

- Снижается расход тепловой энергии при установке погодозависимых датчиков (за счет снижения себестоимости реализуемого тепла);

- Снижается удельное потребление тепла на 25-30 %, что влечет за собой также снижение платы за тепловую энергию;

- Исключаются осенние недотопы и весенних перетопы, что приводит к более комфортным условиям проживания;

- Улучшается качество горячей воды.

Список использованной литературы:

1. Федеральный закон "О теплоснабжении" от 27.07.2010 N 190-ФЗ;
2. Борщевский Г.А. Государственно-частное партнерство: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Г. А. Борщевский. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 344 с.

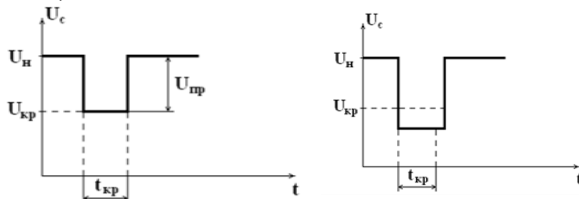
© А.В. Иванов, 2018

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН НАРУШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЛЕКСА БАВР

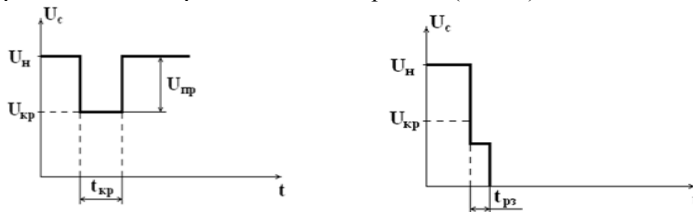
В системе производств не редко бывают чрезвычайные ситуации. Аварии на предприятиях происходят как из-за человеческого фактора, а также из-за сбоев приборов и систем производств. Иногда, некоторые приборы не успевают попросту переключить одну систему на другую, в результате чего происходят аварии. Поэтому на предприятиях нужно устанавливать самые быстрые точные приборы и системы.

Причины нарушения электроснабжения технологических объектов

1) Внешние короткие замыкания – около 90% от общего числа кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ). После провала напряжение восстанавливается, но когда в системе электроснабжения провал напряжения превышает значения $U_{пр} > U_{кр}$ и $t_{пр} > t_{кр}$, синхронный двигатель (СД) отключается, Электроприводные газоперекачивающие агрегаты (ЭГПА) останавливаются.



2) Короткие замыкания в цепи питания потребителей – 7-8% от общего числа КНЭ. При данных нарушениях происходит отключение питания синхронный двигатель (СД) от действий релейной защиты (РЗА). Результат тот же – синхронный двигатель (СД) отключается, электроприводные газоперекачивающие агрегаты (ЭГПА) останавливаются.



3) Несанкционированные отключения в цепи электропитания – 2-3% от общего числа кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ). Результат тот же – синхронный двигатель (СД) отключается, (ЭГПА)

останавливается. Выявление данного вида нарушений является сложной задачей, поскольку напряжение на шинах обесточенной секции сохраняется некоторое время за счёт подпитки от СД.

Технические требования для аппаратного комплекса сохранения технологического режима транспорта газа с применением синхронного электропривода. Аппаратный комплекс должен обеспечивать:

- 1) Сохранение или возврат без критичного снижения скорости вращения ГПА к синхронной скорости (СД) синхронный двигатель
- 2) Исклучение риска повышенного износа СД от электродинамического воздействия токовых нагрузок близких к пусковым;
- 3) Исклучение(минимизацию) риска выхода из строя основного электрооборудования в цепи питания СД и вышестоящей сети;
- 4) Исклучение(минимизацию) риска негативного влияния на потребителей прилегающей сети

Недостатки метода самозапуска синхронного двигателя (СД)

1) После включения секционного выключателя (СВ) от действия АВР можно осуществить самозапуск СД мощностью не более 30% от номинальной мощности полуобмотки трансформатора ТРДН-63000, данное условие не выдерживается и может усугубляться большим сопротивлением вышестоящей сети при изменении в ней конфигурации. В этом случае самозапуск будет сопровождаться недопустимым снижением напряжения (ниже 0,8 Уном) на шинах объединенных секций с работающими СД и пускемым СД, что может привести к останову работающих СД и неуспешному пуску СД в режиме самозапуска. При этом будет оказано негативное влияние на потребителей вспомогательных систем ЭГПА – могут отпасть магнитные пускатели вспомогательных механизмов, что также приведет к останову СД.

2) Для СД необходима ресинхронизация, осуществление которой под нагрузкой становится отдельной проблемой. Дело в том, что даже если будет исследован закон снижения частоты f_d на зажимах СД под нагрузкой (который будет разный для каждого ЭГПА и может меняться в ходе эксплуатации), невозможно осуществить с необходимой точностью синхронный и синфазный момент включения выключателя СД из-за разброса собственного времени включения выключателя. Вследствие этого неизбежны пусковые сверхтоки и электродинамические удары на конструктивные элементы СД, что приводит к преждевременному выходу его из строя.

Решение проблемы – комплекс быстродействующий автоматический ввод резерва (БАВР). Благодаря сочетанию алгоритмов быстрого выявления повреждений и новых технологий в области коммутационных аппаратов, достигается решению поставленной задачи обеспечения непрерывности электроснабжения ответственной нагрузки.

Почему стоит поменять синхронный двигатель (СД) на комплекс Быстродействующего автоматического ввода резерва (БАВР).

- Сокращается время цикла АВР. При обычном АВР время цикла переключения составляет от 3,0 до 5,0 с; при быстродействующем АВР – от 0,028 с до 0,1 с.

- При обычном АВР на самозапуск можно пускать двигатели суммарной мощностью не более чем 30% от номинальной мощности питающего трансформатора. При быстродействующем АВР все двигатели потерявшей питание секции остаются в работе.

- При срабатывании БАВР, в отличие от обычного АВР, синхронные двигатели не теряют синхронизма, следовательно, не требуется гашения поля и ресинхронизации.

- Токи включения основных СД, потерявших питание от поврежденного ввода, не превышают 1,5-2,0 In, что увеличивает их ресурс, а также ресурс приводных механизмов (ЭГПА).

- Переходные процессы после срабатывания БАВР заканчиваются за десятые доли секунды.

- Также снижается время провала напряжения на шинах 0,4 кВ, что, практически исключает отпадание магнитных пускателей и значительно улучшает условия самозапуска всех вспомогательных механизмов

ВЫВОД: система (БАВР) является более надежной и быстродействующей системой при появлении аварийных ситуациях. Именно эта система быстрее исправит ошибку, которая предотвратит аварию на производстве.

© М.А. Игумнов, 2018

УДК 631.95

Искимжи Е.А., магистрант гр. 419.1

Руководитель: к.т.н., доцент **Смородин С.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА КОТЕЛЬНОЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ОТХОДЫ ПТИЦЕФАБРИКИ

Ленинградская область – регион Российской Федерации с интенсивным птицеводством, занимающий лидирующее положение в стране по производству яичной продукции и мяса птицы.

В Ленинградской области очень остро стоит проблема утилизации отходов птицеводства, в частности куриного помета. Игнорирование экологического подхода к утилизации помета приводит к опасному загрязнению грунтовых и поверхностных вод, почв, к росту заболеваемости животных и населения. Представителем такого рода предприятий является птицефабрика «Синявинская» Кировского района в Ленинградской области.

Всего на птицефабриках Ленинградской области образовано 449 842 т помета.

Основными источниками загрязнения окружающей среды на птицефермах являются:

- Пометохранилища;
- Канализационная система птицефермы;
- Производственная зона, зона хранения и переработки отходов производства, убойный цех;

Характер воздействия на окружающую среду:

- Распространение патогенных микроорганизмов;
- Распространение неприятного запаха;
- Эмиссия азота, фосфора и органических веществ в воду, почву и атмосферу;

Существуют различные способы использования куриного помета, такие как:

- Сброс в поля без какой-либо обработки;
- Компостирование и использование сбалансированного или несбалансированного компоста как минерального удобрения;
- Использование как корма для жвачных животных;
- Анаэробное брожение для получения биогаза и использования его в энергетике;
- Сжигание для получения тепла или электроэнергии;
- Вермикультура;
- Рыбоводно-биологические пруды;
- Выращивание личинок мух на органических отходах;
- Технология термический деполимеризации;

Таблица 1. Химический состав сухой массы куриного помёта

Наименование	Куриный помёт	Древесина
Углерод, С	37,49	51,02
Водород, Н	5,12	5,81
Кислород, О ₂	31,82	38,53
Азот, N	3,71	0,46
Сера, S	0,45	0,04
Хлор, Cl	0,98	Нет
Зольность	20,43	4,14

Анаэробный процесс протекает при температуре +35-45°C без доступа кислорода. При разложении его выделяется около 65% метана, 30%

углекислого газа, небольшого количества сероводорода, водорода, аммиака и других соединений.

При сжигании куриного помета мы получаем ценное, богатое минералами вещество – золу. В золе находятся и другие минеральные вещества, необходимые растениям, - фосфор, кальций, магний, сера, бор, марганец и другие макро- и микроэлементы. В сельском хозяйстве зола широко применяют как удобрение.

Кроме различных питательных элементов, сырой птичий помет является весьма опасным источником загрязнения окружающей среды. Соединения фосфора и азота, содержащиеся в помете могут являться причиной эвтрофикации.

В данной работе рассмотрены различные современные использования помета домашней птицы. Электростанция на курином помете в Тетфорде - одна из самых крупных, вырабатывающих электрическую энергию из биомассы в Европе. Она имеет электрическую мощность 38,5 МВт и ежегодно потребляет около 400 000 тонн куриного помета.



Рисунок 1. Система BPS

Группа Канадских компаний обладает технологией и выпускает оборудование для преобразования куриного помета в сухое топливо и получения тепловой и электрической энергии. В Канаде выпускается система BPS (рис. 1), которая одновременно сушит и измельчает биомассу.

Во время переработки куриного помёта, сырой куриный помёт с влажностью ~ 30% подаётся по транспортёру в систему BPS. На выходе системы куриный помёт содержит 10-12% влаги и превращается в сухой порошок. После системы BPS сухой порошкообразный материал с минимальным запахом можно использовать для получения энергии, а также для производства удобрений. Для сжигания применяются пылевые предтопки, разработанные специально для эффективного и полного сжигания трудносжигаемых видов топлива.

Технологией США была рассмотрена система Dall Energy, в которой: нет горячих движущихся частей, также в топке объединены газификация восходящего потока и последующее его сжигание. Топка имеет высокую эффективность из-за комбинации низкого содержания O_2 , воздушной системы увлажнения и традиционного охлаждения дымовых газов.

Завод на 8 МВт в Дании, построен с использованием технологий Dall Energy. В нижней части топливо преобразуется в горючий газ и золу. В верхнем слое топливо высушено и подвержено пиролизу.

В России компания «Ковровские котлы» выпускает тепловые установки мощностью от 100 до 600 кВт, работающие на отходах деревообработки и растениеводства.

В настоящий момент теплоснабжение поселка и птицефабрики «Синявинская» производится от котельной, работающей на природном газе. Тепловые нагрузки котельной составляют примерно 28, 52 МВт. Потребность в электроэнергии птицефабрики – 3 МВт. Количество помета, производимого на фабрике 120 тыс. тонн в год. При этом экономия природного газа составит 12 297 тыс. м³/год.

В данной работе был проведен теплотехнический анализ куриного помета с птицефабрики «Синявинская», а также расчет тепловой схемы. Вопрос о переводе птицефабрики и поселка на тепло- и электроснабжение с использованием куриного помета, можно считать целесообразным. На основании этого было выбрано соответствующее оборудование, а также предложен вопрос о его сжигании в виде пыли после предварительной сушки или в виде топливных брикетов.

Таким образом, строительство новой котельной позволит не только улучшить экологическую безопасность и состояние окружающей среды, но и обеспечить теплом птицефабрику и поселок.

Список используемой литературы:

1. Афанасьев В.Н. Состояние и основные пути улучшения экологической ситуации. // Охрана окружающей среды и «органическое» сельское хозяйство. Сб. докладов научно- производственного экологического семинара. Под редакцией В.Н. Афанасьева. - СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2005.
2. Малофеев В.И. Технология термической переработки помета. М.: Колос, 1981.
3. Лысенко В.П. – Экологические проблемы птицефабрик России и роль биотехнологии в переработке органических отходов. [Электронный

pecypc].URL:<http://www.webpticeprom.ru/ru/articlesprocessingwaste.html?pageID=122945373>

4. В.И. Могилевцев, А.Ю. Брюханов, Д.А. Максимов, Э.В. Васильев, И.А. Субботин, С. Я. Чернин, Ю. С. Парубец, А.Л. Гарзанов / Под ред. В.И. Могилевцева. Международный проект «Устойчивое обращение с навозом/пометом в хозяйствах Ленинградской области».

© Е.А. Искимжи, 2018

УДК 681

Казakov Р.Р., гр. 517

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ В РОССИИ И МИРЕ

Мир не стоит на месте. Он меняется каждый день, а вместе с ним меняемся и мы с вами. Перестраивается структура наших потребностей: их становится все больше и больше, мы требуем все самое лучшее и в как можно большем количестве. Раньше это значило бы необходимость еще более длительного и еще более упорного ручного труда. Но такой способ решения проблемы не слишком привлекателен. Тогда человек понял, что чтобы упростить эту задачу необходимо автоматизировать процесс, т.е. сделать так, что бы уменьшить или и вовсе освободить себя от участия, в работе вдобавок увеличив производительность и качество изготавливаемой продукции.

Но как добиться такого результата? Необходима какая-либо конструкция или механизм.

Так еще в древности одним из наиболее важных и жизненно необходимых занятий было земледелие. Люди собирались группами и работали на пашне. Выраченную и собранную пшеницу необходимо было молотить, что бы получить муку. Этот процесс занимает огромное количество важного времени, к тому же качество получаемой продукции не всегда хорошее. Что бы облегчить себе жизнь была изобретена мельница. Мельница была одной из первых машин для автоматизации. Ее принцип работы заключается в автоматическом перемолоте зерна.

Постепенно человек подобным образом упрощал себе задачи во многих сферах жизни, создавая те или иные устройства в зависимости от потребностей населения. Автоматизация очень широко распространилась и разделилась на множество видов. Важный этап в истории развития автоматизации приходится на 20 век. В это время возникла необходимость в переустройстве производств. Строились заводы и предприятия, создавались новые виды техники, в том числе и первый двигатель. Много было создано в военное время, когда страны активно выпускали точную и многокомпонентную технику в больших количествах. Без автоматизации производств такого результата было бы невозможно добиться. Постепенно

различные фирмы, переняв опыт, переустраивали процессы производства под свои изделия, те, кто успел вступить на такой путь изготовления товаров, были в серьезном преимуществе перед теми, кто оставался на уровне ручного производства, постепенно изживая их с рынков. Таким образом, началась гонка производств, каждая страна, каждый предприниматель, хотел бы, что бы преимущественно его товар лежал на полках в наших магазинах, а для этого необходимо с каждым разом совершенствовать свое производство, наращивать темпы, улучшать качество. Многие процессы производства недостижимы для человека, однако машина может легко их выполнять.

В погоне за прибылью предприниматели старались максимально возможно сократить штат сотрудников. Но как это сделать, что бы не сбавить производительность, ведь за машинами все еще необходим надзор человека? Для этого необходимо добиться автоматизации технологического процесса на производстве. В таком случае потребность в участии большого количества людей отпадает. Таким образом, благодаря автоматизации технологических процессов можно добиться совершенно нового уровня выпуска продукции. Во-первых, повышается экономичность, безопасность, время работы предприятия, а значит и объем товара, а во вторых снижается численность персонала и расходы на сырье.

С переходом человечества на новый этап своего развития в связи с созданием компьютеров появилась возможность сделать большой шаг в автоматизации. Теперь все процессы сводятся до нажатия одной кнопки, а автоматизация распространилась практически во все сферы нашей жизни. АСНИ или автоматизированная система научных исследований. Это программный комплекс на основе вычислительной техники, основной задачей которой является проведение научных исследований или испытаний. Простыми словами это автоматизация в сфере науки. Наука - емкое понятие охватывающее большинство процессов в нашей жизни. Вследствие этого, автоматизация смогла одновременно коснуться огромного множества различных областей. Ядерная физика, электроника, астрономия, геология, биология, медицина, химические процессы, экономика, транспортная, вычислительная техника. Это небольшая часть из всех тех сфер, где успешно прижилась автоматизация. Изучения в этой области автоматизации позволяют развивать ее и в других областях таких как: АСП (планирование) САПР (проектирование) САУ (управление) и др. Но прогресс продолжает наращивать темпы своего роста, с развитием компьютеров и вычислительной техники возникает такое понятие как робот. Робот это машина, которая работает по определенному алгоритму благодаря особой программе, заложенной в него. Развитие в данном направлении позволило человечеству перейти на принципиально новый уровень автоматизации производств – роботизацию. Его смысл заключается в установке специального робота на предприятии для выполнения определенных задач, которые не может выполнять человек, либо для его

замены. Роботизация широко применяется на производствах требующих точности и качества, например машиностроении, роботостроении и ракетостроении. В настоящее время странами, которые наиболее широко используют автоматизацию, являются Южная Корея, Япония и Германия где количество роботов приходящихся на десять тысяч человек варьируется от трехсот до пятисот единиц. В данном списке Россия находится на 18 месте, отставая от Таиланда, Индонезии, Мексики. Основным же изготовителем роботов является КНДР, однако количество роботов там также невелико, но к 2049 власти КНДР планируют вывести страну на первое место по этому показателю.

Ситуация в России немного сложнее. Отсутствие прогрессивных методов производства на большинстве предприятий привело к низкому показателю производительности труда. В нашей стране еще неохотно принимают современные новшества и поэтому основная работа продолжает происходить при помощи ручного труда.

Однако, несмотря на большое количество положительных сторон автоматизации, она имеет и свои недостатки. Для успешного ее внедрения и поддержания работоспособности требуются особые специалисты, люди ранее выполнявшие ту или иную задачу, после замены на машину остаются без работы вследствие чего растет безработица, такую систему можно взломать. Но, несмотря на все эти минусы для автоматизации не только есть место, она находится в первых рядах по вложению в нее материальных и интеллектуальных составляющих.

В ближайшем будущем человечество сможет полностью или почти полностью освободить себя от привлечения ручного труда, переложив все обязанности на автоматизированные системы и роботов. Это лишь вопрос времени, но думаю, его пройдет совсем немного, ведь мировое сообщество прикладывает максимум усилий для развития этой области.

© Р.Р.Казаков, 2018

УДК 339

Хушт Н.И., гр. 18 – СМ- 3К1

Кубанский государственный технологический университет;

ассистент Файзуллаева А.В

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РОССИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ГИПЕРКОНКУРЕНЦИИ

Мировую экономику в настоящее время невозможно представить без такого явления как конкуренция, которая предопределяет политику не только хозяйствующих субъектов, но и отдельных стран в плане эксплуатации ресурсов наиболее рациональным способом. Данная статья посвящена исследованию качественного нового вида конкуренции, такого

как глобальная инновационная гиперконкуренция, и участвующих в ней глобальных инновационных гиперконкурентных компаний или корпораций.

Конкуренция как фактор, предопределяющий модель взаимодействия экономических субъектов в борьбе за наиболее рациональное использование ограниченного числа ресурсов с последующим получением прибыли, является одним из основополагающих в классической экономической теории. Известно, что она существует в нескольких формах: совершенной (к этому относится чистая конкуренция) и несовершенной (монополистическая и олигополистическая).

Однако, с началом НТР и внедрением во все сферы жизнедеятельности человека инновационных технологий, а так же с процессом глобализации возникла так называемая глобальная инновационная гиперконкуренция, и главной характеристикой стран с передовой экономикой стала глобальная конкурентоспособность, отличительными чертами которой являются инновационность, разнонаправленность, доминирование знаний и информации, управляемость и т.д. Под ней подразумевается «динамичный всеохватывающий процесс инновационного (информационно-идеологического, научно-образовательного, сервисно-технологического, организационно-управленческого) соперничества на глобальных рынках между ведущими высокотехнологическими компаниями-лидерами, представляющими, как правило, наиболее развитые страны мира».

Какие же черты определяют этот качественно новый вид конкуренции? Попробуем сформулировать некоторые из них.

Начнем с того, что субъектами отношений в них выступают транснациональные глобальные инновационные гиперконкурентные компании или корпорации (ГИГК), обладающие эффективной матрично-сетевой структурно-функциональной организацией и действенной системой интерактивного менеджмента, а также экономики многих стран, таких как США, Япония, Китай и т.д. Примерами ГИГК могут служить такие корпорации как Google, Apple, Shell и т.д.

Методы ведения гиперконкуренции, имеющие многоаспектный характер, в первую очередь связаны с борьбой за быстрое получение достоверной и актуальной информации на мировых рынках, так как малейшее промедление грозит перехватом текущих позиций конкурентами. Помимо этого война идет за разработку новых методов выпуска продукции, за право управления ресурсами и контроля над многими экономическими процессами. На первое место выходят инновации как основные источники достижения преимуществ, сокращаются сроки НИОКР. Также происходит модернизация сферы услуг, расширяются ассортименты и количественный состав предложения. Очевидно, что поле ведения действий перемещается в информационное пространство, которое является одной из черт постиндустриального общества.

Маркетинг как двигатель продукции, помимо привычных нам форм рекламы, разрабатывает интерактивные системы, охватывающие не только

телевидение и радио, но и сеть Интернет, увеличивая при этом контингент покупателей. Происходит появление всеми известных брендов.

Таким образом, описав в общих чертах сложившуюся ситуацию на мировых рынках, необходимо задаться вопросом: обладает ли той глобальной конкурентоспособностью российская экономика, которая позволила бы ей бороться за ключевые позиции?

Другой проблемой является то, что неспособные сейчас конкурировать с продукцией европейских стран отечественные товары не могут отстоять лидирующие позиции на собственном рынке. Стало быть, для их защиты стоит проводить экономическую политику с протекционистским уклоном, ограничивая импорт и расширяя по возможности экспорт. Но это станет возможным, когда мощностей народного хозяйства будет достаточно для удовлетворения потребностей общества продукцией российского производства. Данный вопрос встал особо остро в недавнее время, в условиях обострения отношений на международной арене, и рядом мировых кризисов.

Было уже упомянуто, что одним из основополагающих факторов конкурентоспособности экономики является ее инновационность. То есть, должны выделяться определенные средства на развитие науки и техники, проведение экспериментов по внедрению последних разработок в производственный процесс. Одним из самых известных шагов в этой области стало создание инновационного научного центра Сколково, который должен в будущем стать «русской силиконовой долиной». Однако в настоящем, уровень конструирования и внедрения новых технологий в производство является недостаточным для ведения гиперконкуренции. В связи с этим, возникает опасность того, что более продвинутые страны, такие как США, Китай и Япония, переходящие уже сейчас «к информационно-сетевой экономике, к шестому инфо-нано-биотехнологическому укладу», могут, закрепившись на занятых позициях, монополизировать мировой рынок и закрыть доступ всем остальным странам, и Россия, обладающая привлекательным колоссальным запасом ресурсов, рискует стать сырьевым придатком на периферии мира. Поэтому очевидна необходимость ускорения темпов внедрения инноваций во все сферы жизни общества.

Список используемой литературы:

1. Дятлов С.А. Глобальная инновационная гиперконкуренция как фактор лидерства в мировой экономике // Евразийская интеграция: политика, экономика, право: международный научно-аналитический журнал.- СПб. Изд-во МПА ЕВРАЗЭС, 2011.- № 9.- С.50-56;
2. Дятлов С.А. Инновационная гиперконкуренция в системе глобальной информационной экономики// Информационное общество, 2013 вып. 4, с. 22-28.

© Н.И. Хушт, А.В. Файзулаева, 2018

**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦБП КОМБИНАТА
ЗАО «INTERNATIONAL PAPER» В Г. СВЕТОГОРСКЕ**

Энергетическое хозяйство предприятия имеет два источника: ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4, от которых обеспечиваются полностью теплоснабжение комбината и города Светогорск и частично – электроснабжение.

На ТЭЦ-3 установлены:

2 паровых котла, реконструированные с увеличением производительности до 90 т/час каждый;

Два паровых котла, производительностью до 75 т/час каждый;

Один содорегенерационный котлоагрегат СРК с проектной производительностью 520 т/сут по сухому веществу черного щелока, реконструированный до производительности 700 т/сут по щелоку и паропроизводительностью 110 т/ч.

В турбинном цехе установлены 4 турбины. Суммарная потребность турбин в паре 560 т/час.

На ТЭЦ-4 установлены:

Один паровой котел, реконструированный с увеличением производительности до 75 т/час;

Один содорегенерационный котлоагрегат СРК с проектной производительностью 520 т/сут по сухому веществу черного щелока.

Суммарная паровая мощность ТЭЦ-4 - 200 т/час, теплофикационная 35 Гкал/час.

В турбинном цехе работает одна паровая турбина с потребностью в паре 140 т/час. Котел работает на природном газе, резервное топливо – мазут.

После котлов пар направляется в турбинные цеха на турбины для понижения давления пара поступающего на производство целлюлозы и бумаги и выработки электроэнергии. Генераторы работают в систему Ленэнерго, откуда комбинат берет электроэнергию.

Производству пар отпускается с давлением 6 и 12 кг/см², температурой соответственно 170-215 °С.

Турбина предназначена для понижения давления пара поступающего на производство и привода синхронного электрического генератора мощностью 12000 кВт.

Эксплуатация котлов должна обеспечивать надежную и экономичную выработку пара или горячей воды требуемых параметров и безопасные условия труда обслуживающего персонала. Для достижения этих требований эксплуатация котлов должна вестись в точном соответствии с действующими правилами, нормами и руководящими указаниями, в частности в соответствии с «Правилами устройства и безопасной

эксплуатации паровых и водогрейных котлов», «Правилами безопасности в газовом хозяйстве» Ростехнадзора, «Правилами технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей» и др.

На основании указанных правил для каждой котельной установки составляют должностные и технологические инструкции по обслуживанию оборудования, ремонту, технике безопасности, предупреждению и ликвидации аварий и т.д.

На оборудование, исполнительные, оперативные и технологические схемы трубопроводов различного назначения и схемы электрических соединений должны быть составлены технические паспорта.

Знание инструкций, режимных карт работы котла и указанных выше материалов является обязательным для обслуживающего персонала, и только при этом условии он может быть допущен к работе. Знания персонала должны систематически проверяться.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов возлагается приказом по предприятию на начальника котельной, а при отсутствии в штате котельной начальника — на инженерно-технического работника, выполняющего функции начальника котельной. К обслуживанию котлов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов. К ТЭЦ относятся котельные и турбинные цеха ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4. Паровые котлы, установленные в котельных цехах вырабатывают пар с давлением 39 кг/см² и температурой 440 °С при сжигании природного газа или мазута. После котлов пар направляется в турбинные цеха на турбины для понижения давления пара поступающего на производство целлюлозы и бумаги и выработки электроэнергии. Также установлены РОУ (редукционно-охладительная установка). Производству отпускается пар давлением 6 и 12 кг/см², температурой соответственно 170 и 215 °С. На ТЭЦ имеются теплофикационные установки для обеспечения отопления и ГВС комбината и города. В котельном цехе №3 установлены два паровых котла БКЗ-75 39 ГМА Р, реконструированные с увеличением производительности до 90 т/час каждый и два паровых котла БКЗ-75-39 ГМА, производительностью до 75 т/час каждый, которые вырабатывают пар с давлением 39 кг/см² и температурой 440 °С при сжигании природного газа или мазута. В котельном цехе №4 установлен один паровой котел БКЗ-75-39 ГМА Р, реконструированный с увеличением производительности до 90 т/час, работающий на газе или мазуте.

© К.О. Козлова, 2018

«УМНЫЕ» СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

«Умные» сети электроснабжения это модернизированные сети электроснабжения, использующие информационные и коммуникационные технологии для сбора информации об энергопотреблении и энергопроизводстве, и позволяющие автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Суть системы «Умные» сети (SmartGrid) состоит в том, что эта система передачи электроэнергии для достижения максимальной эффективности самостоятельно распределяет и отслеживает потоки электричества. Всё оборудование «Умных» сетей SmartGrid взаимодействует друг с другом, используя современные информационные и коммуникационные технологии и образуя единую интеллектуальную систему энергоснабжения. Собранная с оборудования информация анализируется, а результаты анализа помогают оптимизировать использование электроэнергии, снизить затраты, увеличить надёжность и эффективность энергосистем. Их создание направленно на более эффективное использование ресурсов, а так же повышение эффективности и более широкого распространения возобновляемых источников электроэнергии. А так же внедрение «умных» сетей обеспечит упрощенный контроль учета потребления электроэнергии.

Различия с традиционной сетью

Технология «Умные» сети характеризуется инновационными свойствами. Активная двунаправленная схема взаимодействия в реальном времени информационного обмена между элементами и участниками сети, от генераторов энергии до устройств потребления электроэнергии. Основной отличительной особенностью является то, что «Умная» сеть может практически непрерывно обеспечивать баланс между спросом и производством электроэнергии и поддерживать баланс между ними. Для этого все элементы сети непрерывно обмениваются информацией между собой. «Умные» сети обладают способностью эффективно защищаться от сбоев, внешних угроз и природных катаклизмов, а в дальнейшем самовосстанавливаться.

В отличие от традиционных сетей в «умных» сетях присутствуют такие элементы и системы как: автоматизированная система управления энергопотреблением со стороны ЭЭС, в том числе с привлечением потребителей к участию к регулированию и к режимному управлению; повсеместно присутствует автоматизированная система учета потребления; местные источники генерации в качестве резерва и накопители

электроэнергии; присутствует интерфейс связи с единым центром управления; интеллектуальные системы контроля электроснабжения такие как, например «умный дом» и «умный город»; системы контроля качества электроэнергии в узлах сети; система контроля баланса активной и реактивной мощности; система контроля и управления балансом электроснабжения; система централизованного автоматического управления нагрузкой потребителя; наличие элементов сетевых, изменяющих параметры сети. В «умных» сетях присутствуют системы, помогающие противостоять негативным физическим воздействиям на систему, а так же способствует более быстрому выведению в ремонт и восстановлению.

Благодаря современным технологиям система может применяться как в масштабах страны, районов, городов, предприятий, так и для обычных домашних электрических устройств, например холодильника или стиральной машины. Соответственно, все устройства, входящие в состав «Умные» сети, должны быть оснащены техническими средствами, осуществляющими информационное взаимодействие.

На рисунке 1 представлены преимущества «Умных» сетей перед традиционными сетями электроснабжения.

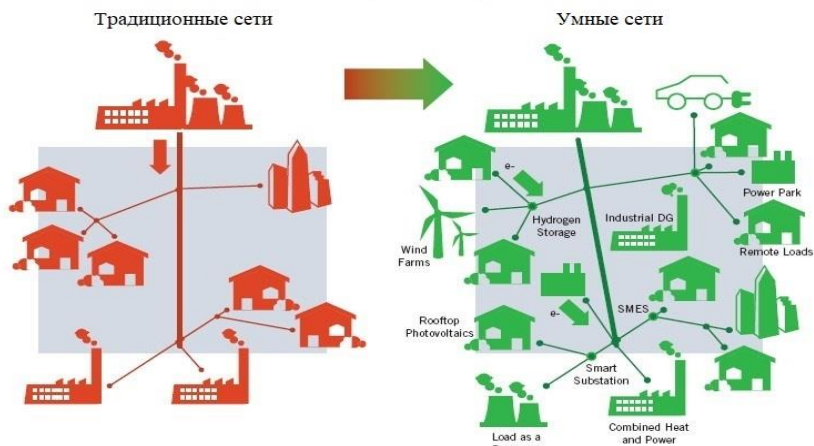


Рисунок 1. Преимущества умных сетей

Стоит отметить способность «Умных» сетей с помощью современного оборудование, а в частности реклоузеров и бустеров, повышать качество электроснабжения. Так же немаловажной является особенность подключения к этим сетям источников возобновляемой энергии, что положительно скажется на экологии в целом.

Основными целями создания «Умных» сетей являются: увеличение качества и надежности электроснабжения, снижение потерь в электрических сетях и, как следствие, повышение доходности предприятий, а так же

уменьшение потребности реконструкции линий и силового и распределительного оборудования при сохранении динамики увеличения спроса электроэнергии.

Основные возможности «умных» сетей:

1. Сокращение нагрузки на электростанции и сети в периоды пика потребления за счет: возможности у потребителей управлять электрооборудованием; создание возможности широкого использования возобновляемых источников электроэнергии таких как солнечные батареи, ветряки, аккумуляторные батареи и другие альтернативные источники.

2. Оперативное выявление очагов возникновения потерь электроэнергии в распределительной сети сможет решаться следующими способами: оперативное балансирование и переключение распределительной сети; оперативный учет изменений в распределительной сети; на основании информации с измерительных элементов планирование работ по снижению потерь.

3. Выявление возможных технологических отказов с прекращением электроснабжения потребителей и снижение влияния факторов, увеличивающих данный риск. Для этого будут фиксироваться все отказы в системе (в том числе с помощью соответствующих систем автоматизации). Будет проводиться анализ условий возникновения отказов и качества электроснабжения потребителей, прогнозирование и оперативное управление бригадами с целью минимизировать возникновение отказов.

4. Экономия эксплуатационных затрат электросетевых компаний.

Для реализации рассмотренных целей и задач разработана такая модель сети, которая непрерывно собирает данные и обрабатывает их с помощью определенных алгоритмов. Она позволит, исходя из поставленных целей и полученных измерений, сформировать соответствующее управляющее воздействие на физическую сеть оптимальным образом, исходя из имеющихся данных.

Эффект от внедрения:

«Умная» сеть сегодня - это концепция инновационного преобразования электроэнергетики и электроснабжения в целом. Реализация, как ожидается, будет связана с существенными социальными, экономическими, научно-техническими, экологическими и другими эффектами, что и обуславливает значительное внимание к данному направлению технологически развитых стран и крупномасштабность реализуемых ими мероприятий.

Следствием перехода к развитию на базе интеллектуальной энергетики станет снижение новых электростанций и сетевых объектов связанных с ними, отчасти за счет внедрения источников возобновляемой электроэнергии и значительного снижения потерь, и, как следствие, снижение капиталовложений. Так же не менее значимым эффектом будет снижение затрат топлива электростанций.

Достижение потенциальных эффектов от «Умных» сетей в долгосрочной перспективе требует изменения принципов, целей, задач, моделей развития

и функционирования электроэнергетики, поскольку «Умная» сеть основывается на подходах, отличающихся от традиционных. Эти подходы включают в себя: использование централизованной и распределенной генерации в рамках интегрированной единой энергосистемы; управление «активными» потребителями некоторыми субъектами энергосистемы; появление технологий контроля и управления, диагностики состояния энергосистемы и ее элементов, методы упреждения опасных ситуаций и обеспечение процесса самовосстановления системы; рассредоточение и локализация контрольных и управляющих функций в энергосистеме, включая принятие решений интеллектуальными распределенными автоматическими устройствами с осуществлением координации взаимодействия и функционирования всех элементов и субъектов энергосистемы. А так же трансформация схемы электроснабжения из радиально-лучевой в сетевую или ячеистую.

Не смотря на все вышеперечисленные плюсы данных сетей длительность внедрения проектов «умных» сетей и их отладки будет составлять не менее полутора-двух десятков лет, а срок их окупаемости в пару раз дольше. К тому же в некоторых странах, внедряющих данную систему, присутствует некоторая неопределенность ожидаемых эффектов. Но тем не менее к «умным» сетям электроэнергетика придет уже в ближайшем будущем так как это просто следующая ступень эволюции отрасли на которую необходимо вставать уже сейчас.

Список использованной литературы:

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SmartGrid. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
2. Fereidoon P. Sioshansi. SmartGrid: Integrating Renewable, Distributed & Efficient Energy («Умные» сети: эффективное внедрение возобновляемой и распределённой электроэнергетики). — 2012 (электронный носитель).

© М.А. Каширин, 2018

УДК 658.26

Липатов М.С., аспирант гр. 410-13

Руководитель: д.т.н., профессор **Барановский В.В.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Энергосбережение и экология в крупных городах – это две важнейшие проблемы современности, требующие особого внимания и незамедлительного решения. Эти проблемы напрямую связаны с техническим уровнем производства и потребления тепловой и электрической энергии.

В последнее время на рынке теплоэнергетических установок появилось большое количество предложений, ориентированных в первую очередь на потребителей энергии из частного сектора и многоквартирных домов. Газификация регионов, активно проводившаяся все последние годы, позволяет гражданам делать выбор в пользу доступного, дешевого и экологичного топлива. Газ не подвержен таким отрицательным явлениям природы, как налипание мокрого снега на провода, обрыв линий поваленными ветром деревьями, прорыв трубопроводов из-за высоких температур теплоносителя, коррозии и гидроударов.

Аварии и неполадки на котельных наносят большой ущерб потребителям. Безаварийная, надежная и экономичная работа котлов и вспомогательного оборудования возможна только при наличии технически грамотного, высоко квалифицированного обслуживающего персонала, а также планового и своевременного технического обслуживания эксплуатируемого оборудования.

На этом фоне в современном жилищном строительстве особо востребованы инновационные технологии, применяемые в теплоэнергетике.

Это продиктовано в первую очередь запаздыванием строительства инфраструктурных объектов, таких как котельные, насосные подстанции и т.п., желанием покупателей возводимого жилья быть независимыми от таких неприятных явлений прошлого, как отключение горячей воды в период летних ремонтных работ на теплосетях.

Ввиду того, что тепловые сети эксплуатируются в трудных условиях, их элементы находятся под воздействием внутреннего давления рабочей среды, веса труб и тепловой изоляции, напряжений самокомпенсации, возникающих в результате теплового расширения.

На данный момент развитие технологий и инфраструктуры позволяет значительно сократить потери тепла, поставляемого потребителям путем переноса установок для выработки тепла (котлоагрегатов) непосредственно на территорию потребителя.

Установка котлоагрегатов непосредственно у потребителей увеличивает эффект от применения современных инновационных материалов, технологий, систем регулирования.

Включение котельного агрегата непосредственно в схему теплоснабжения дома (рис. 1), объекта, позволяет чутко и оперативно реагировать на изменения погоды, микроклимата здания, что существенно сокращает потери теплоносителя и теплотери при транспортировке теплоносителя потребителю (отсутствие теплосетей).

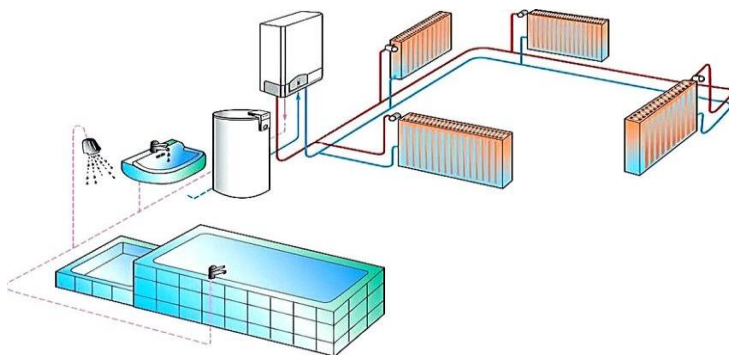


Рисунок 1. Схема индивидуального теплоснабжения

Применение технологий альтернативного получения электрической и тепловой энергии позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию теплотехнического хозяйства. Во многих регионах страны возможно применение дождевой воды, талого снега, энергии ветра, солнечной энергии, геотермальных источников.

Закладывая дополнительные способы получения энергии на этапе проектирования здания инженеры и архитекторы должны учитывать возможность модернизации оборудования, замены его на более совершенное, экономичное и экологичное.

В дальнейшем рынок оборудования, предназначенного для использования частным сектором и компаниями-застройщиками, будет бурно развиваться. В перспективе проектирование новых и усовершенствование существующих систем выведет энергетику на качественно новый уровень.

© М.С. Липатов, 2018

УДК 621

Михайлов И.А., магистрант гр. 419.2

Руководитель: д.т.н., профессор **Барановский В.В**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПГУ ЗА СЧЕТ ЗАМЕЩЕНИЯ ПАРОМ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ГТД ВЗАМЕН ОТБИРАЕМОГО ИЗ КОМПРЕССОРА ВОЗДУХА

Парогазовая установка утилизационного типа (ПГУ-К) предназначена для несения базовой и полупиковой нагрузок. На технико-экономические показатели (ТЭП) ПГУ существенное влияние оказывают прежде всего

Специфической особенностью работы ПГУ утилизационного типа является необходимость обеспечения предотвращения обледенения воздухозаборных устройств газотурбинных двигателей (ГТД), входящих в состав ПГУ, при температурах наружного воздуха в диапазоне от -5 до +5 °С. Для этих целей конструкторами предусмотрен отбор воздуха от промежуточных ступеней компрессора ГТД, предназначенный для обогрева воздухоприемных устройств. Температура отбираемого воздуха составляет порядка 250 °С, а расход отбираемого воздуха достигает около 3% от общего расхода воздуха через компрессор ГТД.

Указанные конструктивные особенности ГТД в плане отбора воздуха для обогрева воздухоприёмных устройств, актуальны при работе

газотурбинного двигателя самостоятельно в составе газотурбинной установки (ГТУ). Однако при работе ГТД в составе ПГУ существует несколько других способов обогрева антиобледенительных устройств, например паром, отбираемым из контура низкого давления котла-утилизатора. Учитывая, что пар является вторичным продуктом, т.е. без дополнительных энергозатрат на его образование, образующийся за счет сбросового тепла отработавших в ГТД газов, поэтому себестоимость (энергетическая и в конечном итоге финансовая) указанной системы обогрева будет меньше, нежели за счет отбора рабочего тела из промежуточных ступеней компрессора.

В настоящее время методики комплексного расчета ПГУ утилизационного типа практически отсутствуют. В связи с этим разработана и апробирована применительно к ПГУ-325 методика поверочного теплового расчета ПГУ.

Данная методика позволяет рассчитать характеристики режима работы ПГУ с учетом фактического состояния следующих величин блока.

1. Состав работающего оборудования.
2. Заданной нагрузки ПГУ.
3. Видов, состава, влажности топлива.
4. Параметры наружного воздуха (давление, температура, влажность).
5. Расход воздуха на охлаждение камеры сгорания с целью регулирования температуры газов за ГТ и др.

Разработанная методика включает в себя девять этапов расчета.

1. Расчет параметров процесса подготовки и транспорта воздуха в воздухозаборном тракте газотурбинной установке (ВЗТ ГТУ).

2. Расчет степени сжатия и КПД компрессора при заданной температуре и давлении наружного воздуха.

3. Расчет температуры в камере сгорания и перед первой ступенью газовой турбины.

4. Расчет параметров процесса в газовой турбине (ГТ) при заданной температурой газов на входе в КУ.

5. Определение количества газов, не обходимых для выработки заданной нагрузки

6. Расчет паропроизводительности котла-утилизатора.

7. Расчет параметров процесса расширения в паровой турбине К-110.

8. Тепловой расчет конденсатора.

9. Расчет технико-экономического блока для фактического состава работающего оборудования (блок - 2ГТ+1ПТ или полублок -1ГТ+1ПТ).

Для оценки технико-экономической эффективности реконструкции антиобледенительной системы целесообразно с использованием разработанной методики теплового-поверочного расчета произвести расчеты основных показателей ПГУ-325 на 3-х режимах:

- на режиме (для температуры наружного воздуха -5°C) исходя из условия гипотетического варианта, когда антиобледенительная система не включается как при нормальных условиях работы (вариант 1);

- на режиме включения антиобледенительной системы (для температуры наружного воздуха -5°C) за счет отбираемого воздуха из компрессора (до реконструкции системы) (вариант 2);

- на режиме включения антиобледенительной системы (для температуры окружающего воздуха -5°C) после ее реконструкции, т.е. при замещении паром антиобледенительного устройства.

На основе теоретических исследований предлагается:

На основе анализа следует, что при отборе воздуха на обогрев ВЗУ (2-й вариант) происходит снижение расхода воздуха компрессора в камеру сгорания и соответственно снижение внутренней мощности компрессора, из-за снижения расхода рабочего тела. Для инновационного варианта (3-й вариант) подобного явления не происходит.

Снижение расхода воздуха в камеру сгорания и проточную часть газовой турбины (2-й вариант) приводит к снижению внутренней и электрической (полезной) мощности газовой турбины. При инновационном варианте реконструкции системы подобного явления не происходит.

Снижение мощности газовой турбины неизбежно приводит к снижению ее электрического КПД. Так, в частности, для существующего варианта обогрева антиобледенительного устройства (вариант 2) КПД ГТУ снижается на 2,6%, что составляет существенную величину. При инновационном варианте подобного явления не происходит.

При снижении расхода рабочего тела в газовой турбине из-за отбора воздуха после 10-й ступени компрессора на обогрев ВЗУ, происходит снижение расхода рабочего тела, поступающего в котел-утилизатор, и, как следствие снижение его паропроизводительности $\approx$ на 3%. При инновационном варианте системы обогрева (вариант 3), снижения паропроизводительности КУ не происходит.

При снижении паропроизводительности котлов-утилизаторов, происходит снижение расхода рабочего тела на паровую турбину, и, как следствие снижение ее внутренней и электрической мощности. При инновационном варианте (вариант 3) системы обогрева ВЗУ также происходит снижение мощности паровой турбины, но по другой причине – по причине отбора части пара из контура НД каждого котла-утилизатора в объеме 1,8 кг/с и подаче его на обогрев ВЗУ. Вследствие указанной причины расход рабочего тела в паровой турбине снижается на 3,6 кг/с, что и приводит к снижению мощности последней. Однако снижение ее мощности происходит в меньшей степени (на 2,24%), по сравнению с существующим вариантом системы обогрева антиобледенительных устройств (на 2,93%).

При включении в работу антиобледенительного устройства происходит также снижение мощности и КПД ПГУ-325 в целом. Причиной снижения

указанных показателей является снижение мощности и КПД ГТУ для 2-го варианта системы обогрева (для 3-го варианта такого снижения не происходит) и снижение мощности паровой турбины.

В результате расчетов установлено, что снижение электрической мощности ПГУ-325 для существующего варианта (вариант 2) обогрева ВЗУ снижается на 24,8 МВт или на 7,72%, а для инновационного варианта системы обогрева (вариант 3) всего лишь на 2,26 МВт или на 0,7 %.

Снижение КПД ПГУ-325 также для существующего варианта системы обогрева ВЗУ составляет значительную величину – на 2,6%, а для инновационного варианта системы обогрева снижение КПД ПГУ не существенно – на 0,3%.

Таким образом, на основе выполнения ВКР с использованием расчетных методов и методики теплового поверочного расчета ПГУ-325 убедительно доказана целесообразность и возможность существенного повышения эффективности ПГУ при ее использовании при температурах наружного воздуха от -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$. Это возможно за счет реконструкции системы обогрева антиобледенительных устройств ВЗУ газотурбинных установок ГТЭ-110 путем замещения греющего рабочего тела паром, вместо воздуха, отбираемого из компрессора ГТД.

При таком инновационном способе системы обогрева ВЗУ КПД и мощность ПГУ-325 изменяются незначительно – менее 1 %, а при использовании существующего способа обогрева ВЗУ, при включении системы обогрева КПД ПГУ снижается на 2,6 %, а мощность – на 7,7%.

Таким образом можно утверждать, что реализация инновационного способа обогрева антиобледенительных устройств ГТУ типа ГТЭ-110 в составе ПГУ-325, позволит увеличить КПД установки на 2,3%, а мощности ПГУ – на 7,02%.

Список использованной литературы:

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др., М., «Энергия», 1973. – 296с.
2. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. Справочник. – 4-е изд., перераб./ С.Л. Ривкин. – М.: «Энергоатомиздат», 1987. – 288 с.
3. Касилов В.Ф. Справочное пособие по гидродинамике для теплоэнергетиков/ В.Ф. Касилов, -М.: Издательство МЭИ, 2000 – 272 с.
4. Основы практической теории горения: учебное пособие для студентов высших учебных заведений/ под ред. В.В. Померанцева. – Л.: Энергия, 1973. – 264 с.
5. Талантов А.В. Горение в потоке/А.В. Талантов. – М.: Машиностроение, 1978. – 159 с.
6. Лариков Н.Н. Теплотехника: учеб. для вузов – 3-е изд., перераб. и доп./ Н.Н. Лариков. – М.: Стройиздат, 1985. – 432 с.
7. Газотурбинная энергетическая установка ГТЭ-110 для ПГУ-325. Руководство по эксплуатации. Ч. 1. Описание и работа (097108000 РЭ)/ НПК «Зоря»- «Машпроект». 2004. – 72 с.

8. Газотурбинная энергетическая установка ГТЭ-110 для ПГУ-325. Использование по назначению. Ч. 2. Описание и работа (097108000 РЭ1)/ НПК «Зоря»- «Машпроект». 2004. – 72 с.

9. Газотурбинная энергетическая установка ГТЭ-110 для ПГУ-325. Техническое обслуживание, хранение, транспортирование, . Ч. 3. Описание и работа (097108000 РЭ2)/ НПК «Зоря»- «Машпроект». 2004. – 72 с.

© И.А. Михайлов, 2018

УДК 676

д.т.н., профессор **Казаков В.Г.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Производство сульфатной целлюлозы является энергозатратным, экологически опасным и капиталоемким. Причиной этому являются процессы регенерации натриевых солей и извести в СРК и декарбонизации известняка во вращающихся обжиговых печах.

В течение нескольких десятилетий ученых развитых стран всего мира (США, Швеция, Канада, Финляндия, Россия и др.) привлекает внимание решение проблем энергетической и экологической безопасности производства сульфатной целлюлозы. К настоящему времени предложен ряд способов по решению этой проблемы (низкотемпературная и высокотемпературная газификация, каустизация щелока через бораты натрия и др.). Признанной альтернативой классическому способу регенерации щелочей является способ высокотемпературной газификации черного щелока. Некоторые эксперты считают, что в силу ряда технологических рисков такая технология вряд ли может быть реализована в ближайшие 15-20 лет. К таким технологическим рискам следует отнести:

1. Большая величина стоимости приведенных затрат на тонну целлюлозы. Обуславливается высокой стоимостью энергетической установки, работающей по парогазовому циклу (много выше стоимости СРК).

2. Отсутствуют материалы для футеровки камеры сгорания, имеющие высокотемпературную прочность в условиях агрессивных сред и стоимость футеровки для эксплуатации.

3. Сложность обеспечения технических требований к полученному теплоносителю, направляемому в газовую турбину с позиций их чистоты по механическим и химическим примесям, а также влажности.

4. Необходимость расширения системы каустизации содового раствора черного щелока.

Необходимо отметить, что в основе высокотемпературной каустизации лежит не изменение технологии, обеспечивающее решение поставленной проблемы, а изменение аппаратной схемы (СРК заменяется на энергетическую установку, работающую по парогазовому циклу). Перечисленные технологические риски относятся также и к действующему процессу с СРК. Поэтому они носят органический (системный) характер. Если бы эти риски удалось устранить, то не имело смысла отказываться от СРК.

Идея вывода СРК из цепи аппаратов существующего технологического процесса, в основном направлена на решение проблемы экологической безопасности процесса. Но и в случае успешной реализации процесса газификации черного щелока проблема экологической безопасности решается не в полном объеме. Не решена проблема процесса регенерации известняка, который является не только экологически опасным, но и энергозатратным и капиталоемким.

С нашей точки зрения для решения проблем энергетической и экологической безопасности, снижения капитальных затрат а следовательно, снижение стоимости приведенных затрат на тн. целлюлозы необходим принципиально новый подход к технологии переработки черного щелока.

Для того, чтобы предприятие было конкурентоспособным необходимо быть лидером среди производителей целлюлозы. К сегодняшнему лидеру, когда предложения опережают спрос по целлюлозе лидерство определяется не производительностью по выпуску целлюлозы и даже не производительностью по наработке слабого щелока, а приведенными затратами на тн целлюлозы.

В институте Высшей школы технологий и энергетики С-Петербургского университета промышленных технологий и дизайна предложена технологическая схема переработки черного щелока, отвечающая современным требованиям. В предложенной технологии отсутствуют высокотемпературные процессы, ввод извести, регенерация известняка, получение зеленого щелока. Известно, что при переработке зеленого щелока возникают эксплуатационные трудности, связанные с выводом не процессных элементов, очистки растворов от твердых взвесей. Этот способ-гидрохимический и носит название: кислотно-щелочной способ /1-3/ переработки черного щелока сульфатной целлюлозы.

Суть способа заключается в выводе органической составляющей в виде лигнин-углеводного комплекса путем обработки слабого раствора черного щелока серной кислотой. После вывода из процесса органической составляющей в виде твердой фазы полученный раствор сульфата натрия выпаривают с кристаллизацией солей сульфата натрия. Полученную смесь солей сульфата натрия обрабатывают раствором едкого кали. В результате конверсии солей получают удобрительный сульфат калия и обратную каустическую щелочь. Каустическую щелочь обрабатывают сероводородом,

который выделяется при обработке слабого черного щелока серной кислотой. Полученный раствор каустической щелочи и сульфида натрия отвечает требованиям к белому щелоку и является оборотным для варки технологической щепы.

Предложенный способ основан на принципиально новых подходах и имеет ряд технологических преимуществ в сравнении с известными техническими решениями:

1. Приведенные затраты на тн целлюлозы с учетом продуктов диверсификации (пилетты и удобрительный сульфат калия) существенно ниже известных аналогов. Это объясняется низкими капитальными затратами путем вывода из технологического процесса установок СРК и обжиговой печи известняка, а также снижением энергетических затрат.

2. Энергетические затраты в процесс регенерации щелоков определяются в основном лишь процессом выпаривания. Потребность в паре низкого давления может быть удовлетворена паром низкого давления отборов турбин ТЭЦ или теплотой уходящих газов корневых котлов.

3. Экологическая безопасность процесса решается путем вывода из технологической цепи аппаратов СРК и печи обжига известняка-основных источников образования вредных газов и пылевывделений.

4. Основные технологические риски при освоении схемы регенерации черного щелока сульфатной целлюлозы сведены к минимуму, так как применяемые процессы являются хорошо отработанными в химической технологии в условиях тоннажного производства различных продуктов.

5. Предлагаемое техническое решение хорошо интегрируется с классическим процессом регенерации черного щелока при избытке слабого черного щелока после варки и ограниченных мощностях СРК и каустизации. Особенно важным это утверждение является на начальном этапе освоения технологии регенерации черного щелока.

6. В предложенном способе нет жесткой связи использования органических соединений в форме топлива как в классическом технологическом процессе, так как эти органические соединения отводятся из процесса из слабого раствора до его выпаривания в виде реализуемого продукта. Поэтому можно не ограничиваться выпуском пеллет, а использовать другие технические решения по более глубокой переработке органической части выделенного продукта, например, обессеривания лигнин-углеводного комплекса, щелочной лигнин, уксусную и шавелевую кислоты, моторное топливо и др. продукты. Целесообразность глубокой переработки лигнин-углеводного комплекса определяется двумя критериями: снижением приведенных затрат и ликвидностью получаемого нового продукта. В предложенной технологии процесс диверсификации проходит безболезненно для основной технологии регенерации черного щелока: часть продукции в виде пеллет замещается продуктом более ликвидным и с высокой добавленной стоимостью.

Список использованной литературы:

1. Казаков В. Г., Луканин П. В., Федорова О. В., Самойленко Д. Е. Модернизация технологического процесса переработки черных щелоков сульфатной целлюлозы//ЖПХ.-2016.-Т.89, вып.5 – с.654-659.
2. Патент №2617569. Казаков В. Г., Луканин П. В., Смирнова О.С.
- 3 Патент №2634380. Казаков В. Г., Луканин П. В., Федорова О. В.

© В.Г. Казаков, 2018

УДК 66.045.1

Назим Б.А., магистрант гр. 419.1

Руководитель: д.т.н., профессор **Суслов В. А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПБГУПТД

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УСТРАНЕНИЯ НЕДОСТАТКОВ В РАБОТЕ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПОДОГРЕВАТЕЛЯМИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Актуальность данного вопроса обуславливается наличием в современных системах регенерации с поверхностными подогревателями низкого давления (ПНД) ряда недостатков, которые проявляются в виде загрязнения потока основного конденсата, а также его значительного недогрева в подогревателях, работающих при давлении пара в корпусе ниже атмосферного.

Загрязнение конденсата происходит из-за появления в потоке окислов железа и меди, возникающих в результате коррозии трубной системы с водяной стороны подогревателя. Причиной появления недогрева является воздух, присутствующий в паре с давлением ниже атмосферного. Этот воздух проникает в поток пара через неплотности вакуумной зоны между отборами турбины и подогревателем.

В качестве решения данных недостатков грамотным решением является преобразование системы регенерации в комбинированную. При такой системе подогрев основного конденсата производится в поверхностных подогревателях, а также в подогревателях смешивающего типа, которые устанавливаются в качестве первых двух теплообменников по ходу основного конденсата.

В результате мы повышаем качество основного конденсата за счет отсутствия трубной системы в подогревателе смешения и за счет частичной деаэрации потока. Помимо этого мы устраняем недогрев в первых двух подогревателей по ходу конденсата, в связи с чем повышается экономичность цикла регенерации и блока в целом. На рис.1 наглядно проиллюстрирована зависимость недогрева конденсата в вакуумных ПНД.

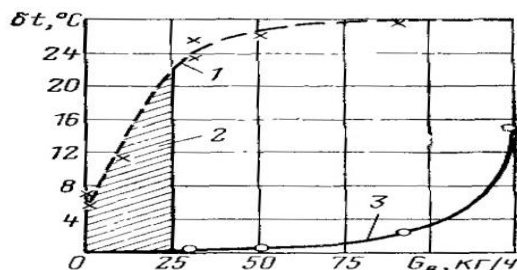


Рисунок 1. Зависимость недогрева основного конденсата от количества воздуха в паровоздушной смеси.

- 1 – для поверхностного подогревателя;
2 – зоны фактической работы подогревателей;
3 – для смешивающего подогревателя.

На рис. 2 приведена схема внутреннего устройства смешивающего подогревателя. На этой схеме пар через паровпускные патрубки 5 подводится под лотки нижнего отсека 4, двигаясь вверх пар контактирует с истекающим через дырки тарелок конденсатом, вследствие чего происходит теплообмен, сопровождающийся конденсацией части пара. По аналогичному принципу пар проходит дальше к выходному патрубку 7, где удаляется из подогревателя вместе с воздухом. Конденсат, в свою очередь, поступает в подогреватель через разбрызгивающие сопла 2, после чего попадает на тарелки верхнего каскада 3, где истекает через дырчатые листы, контактируя с паром. Следом конденсат попадает на лотки нижнего каскада, где по аналогии истекает в конденсатосборник 6, после чего удаляется из подогревателя конденсатным насосом.

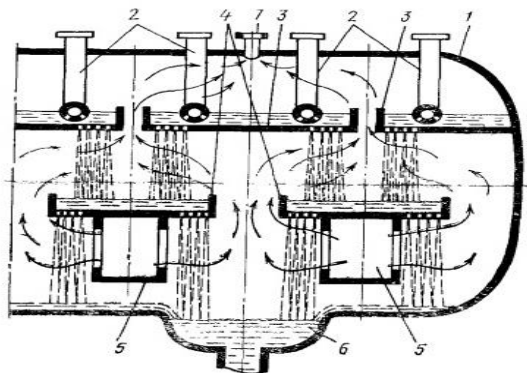


Рисунок 2. Схема внутреннего устройства смешивающего подогревателя

- 1- корпус; 2 – подвод воды; 3 – верхние лотки; 4 – нижние лотки; 5 – подвод пара; 6- конденсатосборник; 7 – отвод паровоздушной смеси.

Расчет подогревателя смешения производится последовательно для первого и второго отсеков при помощи метода последовательного приближения. Для этого задаются начальными параметрами:

1. Расход пара, кг/с;
2. Расход конденсата, кг/с;
3. Давление греющего пара, МПа;
4. Давление конденсата, МПа;
5. Температура конденсата на входе в подогреватель, °С;
6. Температура конденсата на выходе из подогревателя, °С;
7. Температура греющего пара, °С.

После чего составляется тепловой баланс для каждого отсека, а также нахождение параметров необходимых для дальнейшего расчета.

Заключительным этапом расчета подогревателя является нахождение уточненного значения температуры конденсата на выходе при помощи формулы предложенной ЦКТИ:

$$\lg \frac{t_n - t_1}{t_n - t_2} = 0,053 \frac{l(1-\Pi)^7}{Pr^{0,62}} \sqrt{\left(\frac{W_n^{cp}}{W_{ист}}\right)^2 \frac{\rho_n}{\sigma d}}, \text{ где}$$

t_n – температура насыщения;

t_1 и t_2 – температура конденсата в начале и конце струи;

l – длина струи, м;

$(1-\Pi)$ – комплекс, учитывающий влияние парциального давления воздуха в греющем паре паровоздушной смеси;

Pr – критерий Прандтля;

W_n^{cp} – средняя скорость пара в отсеке, м/с;

$W_{ист}$ – скорость истечения конденсата через отверстия;

ρ_n – плотность пара, кг/м³;

σ – коэффициент поверхностного натяжения;

d – диаметр отверстий в тарелке, определяющий начальный диаметр струй, м.

После расчета всех необходимых отсеков производится оценка и принимается решение о замене подогревателя.

Список используемой литературы:

1. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. «Тепловые и атомные электрические станции». Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2004г.
2. «Тепловые и атомные электрические станции». Справочник. Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 2003г.
3. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. М. : Изд-во МЭИ, 2006.
4. Ермолов В.Ф., Сухоруков Ю.Г., Модин В.Ф. и др. Опыт применения смешивающих подогревателей в системах регенерации турбоустановок ТЭС и АЭС. Труды ЩТИ, №288, 2002, с. 73-78.

© Б.А. Назим, 2018

ВОЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Что такое энергетика и каковы ее составляющие? Общей энергетикой называется важнейшие для государства и его защиты базовая отрасль экономики, включающая топливно-энергетические ресурсы, производство из них, преобразование, передачу и распределение электрической и тепловой энергии, то есть весь комплекс энергоснабжения, который сейчас принято называть топливно-энергетическим комплексом.

Общая энергетика состоит из большой и малой энергетики, важнейшей частью которой является военная энергетика, соответствующая ряду тактико-технических требований. Основой военной военной энергетики являются двигателем внутреннего сгорания, преимущественно дизельные и бензиновые электроисточники и в редких случаях - встраиваемые газотурбинные электроагрегаты.

Малая энергетика состоит из малой электроэнергетики и малой теплоэнергетики. К малой электроэнергетики относятся электростанции до 30 - 40 МВт с единичной мощностью электроагрегата до 10 -12 МВт. К малой теплое теплоэнергетике относятся котлы и отопительные устройства с единичной производительностью до 5 - 6 Гкал/ч и котельные общий производительностью до 20 - 25 Гкал/ч.

Одним из важнейших условий обеспечения обороноспособности государства является надежное функционирование его военных объектов, объектов силовых структур и пунктов государственного управления, для чего требуется их бесперебойное энергоснабжение. Это обеспечивается включением в объекты систем внутреннего, автономного и гарантированного энергоснабжения.

При отсутствии системы внешнего электроснабжения, и ее роль играет внутренняя система электроснабжения, электроисточником которой является, как правило, незащищенная постоянно действующая дизельная электростанция.

Система автономного электроснабжения (САЭ) является основной системой электроснабжения военных потребителей, то есть объектов вооружения и военной техники в военное время после потери связи их с внешней или внутренней системой электроснабжения, а также при проведении боевой подготовки и во всех других случаях нарушения электроснабжения (при авариях, диверсиях, отключениях и т.д.).

Основой САЭ в современных условиях являются автономные источники электрической энергии, в качестве которых используются преимущественно

дизельные электроагрегаты и дизельные электростанции, обладающие по сравнению с другими источниками такими преимуществами, как [1, с. 15]:

1. Высокая топливная экономичность даже при небольшой мощности агрегата.

2. Возможность быстрого пуска и приема нагрузки.

3. Относительно небольшой вес и габариты, высокая компактность.

4. Возможность полной автоматизации и длительной работы без обслуживания.

5. Относительно небольшая потребность в охлаждающей воде, а при испарительном или радиаторном охлаждении она минимальна.

6. Быстрота монтажа и ввода в работу, высокая мобильность, особенно при блочно-модульном их производстве.

7. Возможность эффективной защиты от современных средств поражения.

8. Освоенность промышленностью их производства.

9. Наличие больших научных разработок по дальнейшему совершенствованию для использования на военных объектах.

Отличительной и очень важной особенностью военной энергетики боевых объектов является то, что она должна соответствовать дополнительно ряду тактико-технических требований, основными из которых считаются высокая боеготовность к работе, надежность и живучесть в боевых условиях эксплуатации, включая воздействия всех современных расчетных средств поражения.

Второй особенностью источников энергоснабжения боевых объектов является то, что в мирное время объекты получают энергию от внешней энергосистемы, то есть от большой энергетики. При выходе из строя системы внешнего энергоснабжения боевых объектов они должны автоматически переключаться на энергоснабжение без перерыва на свои автономные резервные энергоисточники той же защиты, что и у боевых объектов.

Основой автономной военной электроэнергетики боевых объектов являются дизельные электростанции, а военной теплоэнергетики – котельные установки. В ряде случаев некоторые боевые объекты вместо КУ имеют электроагрегаты.

Проще говоря, военная энергетика, которая обеспечивает военные объекты, в большинстве своем незащищенные, является структурой составляющей системы энергоснабжения инфраструктуры всей территории размещения и базирования войскового тыла, военной техники, то есть военные городки, учебные центры, административные здания, хранилища, арсеналы, склады и т.д.

Список используемой литературы:

1. Кривов В.Г. Военная и малая энергетика на рубеже веков и пути ее развития / ВИТУ. – СПб., 2009 – 372 с.

© С.О. Пастухов, 2018

к.т.н., преподаватель **Ремизов В.С.**
Университетский политехнический колледж СПбПУ;
к.т.н., доцент кафедры ИИТСУ **Ремизова И.В.**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Работа преподавателя напрямую связана с проблемами внутренней энергетики самого преподавателя и аудитории, с которой он работает.

Естественно, что большинство преподавателей обладают сильной энергетикой; вопрос только в том, какой заряд несет их энергия, будет ли она положительно или отрицательно влиять на аудиторию. Ведь негативное влияние разрушит даже отлично преподнесенный материал и вызовет физиологическое отторжение и не восприятие любого знания.

Человек за время своей жизни меняется и изменяется его энергетический потенциал, внутреннее состояние. Если проверять этот потенциал при приёме на работу, то это не отразит всей полноты картины энергетического посыла человека за весь период его преподавательской деятельности. Поэтому целесообразно использовать широко применяемые методы коллективного отклика на поведенческую деятельность.

Жизненная энергия, подаваемая ведущим занятия, представляет собой некоторый энергетический объем, который педагог выдает для усвоения, понимания и преодоления естественного негативного влияния от преодоления способа думать. Зачастую студенты сталкиваются с трудностями понимания и осознания информации по причине нестандартной формы подачи информации преподавателем.

Особым требованием к личности преподавателя является наличие педагогического такта - чувства меры, в применении средств педагогического воздействия на студентов.

Одним из способов отклика на энергию преподавателя, а не на подаваемый материал может служить «Барометр настроения».

Учащиеся, выходя после окончания занятий из аудитории, в соответствии со своими представлениями, оценивают аспекты работы с преподавателем, ставя галочку или точку (рис. 1.). Лучшие результаты дает одновременное использование сразу комплекта из 2-3 диаграмм для последующего анализа. На пример, насколько подача материала представлена в доступном виде; ясна и понятна, способна вызывать интерес к предмету. Сюда так же относится умение преподавателя четко и ясно выражать свои мысли при помощи речи, включая мимику и пантомимику; влиять на студенческий коллектив, направляя его на решение соответствующих задач; организовывать и планировать свою работу.

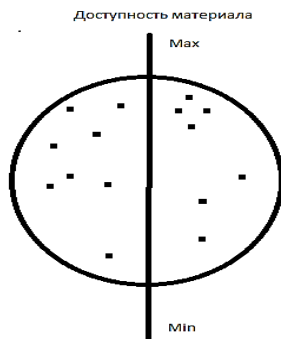


Рисунок 1. Пример диаграммы на листе

Наблюдая за студентами, преподаватель получает информацию об их индивидуально-психологических особенностях; отношении к учебной деятельности, к студентам и преподавателям; составляет представление о способностях ребят, их психическом состоянии, настроении и тому подобному. Эти знания преподаватель должен оптимально использовать при организации учебно-познавательной и научно-исследовательской деятельности.

Сбор информации на диаграммах займёт не более минуты в день, но накопленная статистика будет весьма интересна и полезна. При наборе достаточной выборки, можно построить график, наглядно показывающий общий фон взаимопонимания педагога и окружающей его студенческой среды.

Профессионализм педагога высшей школы состоит в эффективной реализации системы профессиональных знаний и умений:

Результаты сильной и позитивной энергетики преподавателя положительно влияют на студентов, приводят к пониманию того, как надо работать с аудиторией.

Люди с сильной энергетикой и сами энергочувствительные, они чувствуют эмоции других людей. При наличии в группе студентов, испытывающих некоторые трудности, сильно энергетические преподаватели являются первыми "получателями" информации о чужой проблеме. Преподаватель настроен на понимание и поддержку такого студента, на создание доброжелательной энергетической среды обучения внутри коллектива. Педагог хорошо понимает мотивацию студентов, доходчиво доносят материал до слушателей, может определить требуемый объём подачи знаний и отклик на него аудитории.

Работоспособность преподавателя с высокой энергетикой зависит от внутреннего эмоционального настроения.

Конфликтная ситуация, созданная студентами и приводящая к активной дискуссии между преподавателем и студентами, есть способ нарушить

энергетическое равновесие преподавателя. Результатом таких полемик, является полная опустошенность и отсутствие сил у преподавателя. Организаторы же незапланированного доступа наоборот испытывают подъем и чувство удовлетворения.

При эмоциональном спаде люди ведут занятия тускло и не выразительно, не могут длительно удержать внимание обучающихся.

Работа преподавателя эмоционально тяжелый труд, поэтому для восстановления энергетики нужен полноценный отдых и покой. Преподавателям можно порекомендовать, для сохранения позитивной энергетики на длительное время, находить время для релаксации и в эти моменты держаться в стороне от людей с негативной энергией, неприятных событий и ощущений, отбрасывать их от себя зеркально. Эти несложные правила позволят получить преподавателя высокого класса и способностей.

© В.С. Ремизов, И.В. Ремизова, 2018

УДК 621.1.016

Салмин Д.А., гр. 419.1

Руководитель: к.т.н., доцент кафедры ПТЭ Белоусов В.Н.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАССЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА

Энергетика играет огромную роль в жизни человека. Уровень ее развития отражает уровень развития промышленности, состояние научной базы, качество жизни населения и экономической системы государства.

Одной из отраслей энергетики является теплоэнергетика, занимающаяся преобразованием теплоты в другие различные виды энергии (в большинстве случаев в электрическую). Теплоэнергетика занимает преобладающее место по выработке электричества среди других видов. В сумме тепловые станции вырабатывают до 60% от общего производства электроэнергии в мире. Далее идет гидроэнергетика, производящая около 16% электроэнергии, а за ней ядерная, на долю которой приходится 11%.

Характерной чертой традиционной теплоэнергетики является её давняя и хорошая освоенность, как на практике, так и в теории, ведь правильные расчеты очень важны для четкой и отлаженной работы энергетических комплексов. Но на практике случается так, что различные методики расчёта одного и того же параметра, при одинаковых входных значениях, имеют между собой значительные отличия. Яркий пример расчет коэффициентов теплоотдачи по методикам немецкого ученого Вильгельма Нуссельта и советского теплофизика Дмитрия Александровича Лабунцова.

Именно поэтому было принято решение провести сравнительный анализ этих методик, для того чтобы определить область применения расчётных зависимостей.

В ходе исследования рассчитаны коэффициенты теплоотдачи при конденсации пара по двум методикам, при изменении исходных параметров, а именно: высота и диаметр труб, разность температур между стенкой и паром, температура насыщенного пара.

Для более наглядного отображения, полученные зависимости представлены в виде графиков.

На рис. 1. отображено изменение относительного расхождения между коэффициентами теплоотдачи рассчитанными по различным методикам при различных температурах насыщения и разности температур $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ от высоты трубок:

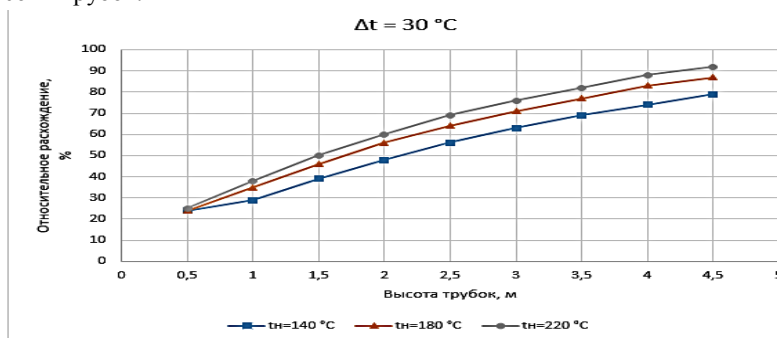


Рисунок 1. Изменение усреднённых коэффициентов теплоотдачи по высоте трубы

Рисунки 2 и 3 иллюстрируют изменение усредненных коэффициентов теплоотдачи рассчитанными по методикам Лабунцова и Нуссельта от различных параметров

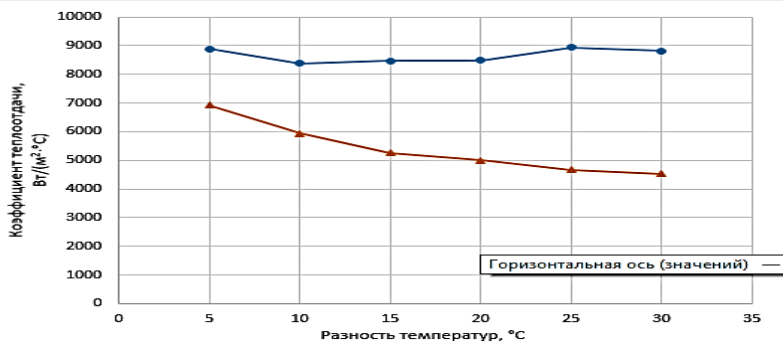


Рисунок 2. Изменение усреднённых коэффициентов теплоотдачи от разности температур

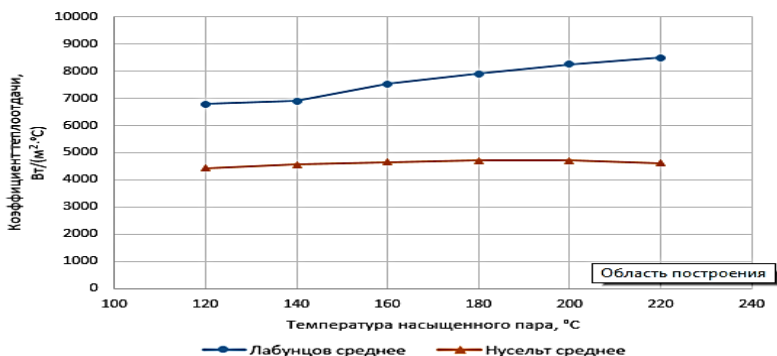


Рисунок 3. Изменение усреднённых коэффициентов теплоотдачи от температуры насыщенного пара

Проведя анализ выше представленных зависимостей, сделан вывод о том, что наибольшее влияние на расхождение результатов, при пленочной конденсации пара на вертикальной трубе оказывает увеличение высоты трубы. Это связано с тем, что методика Лабунцова, учитывает режим течения пленки и ее турбулизацию.

Температура насыщения и разность температур между стенкой и паром также влияют на расхождение результатов, но в меньшей степени.

Список используемой литературы:

1. Суслов В.А. Тепломассообмен: учебное пособие. 2-е издание/ ВШТЭ СПбГУПТД - СПб., 2017. Часть 2;
2. А.Н. Иванов, Белоусов В.Н., Смородин С.Н. Теплообменное оборудование промпредприятий: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2016;

© Д.А.Салмин, 2018

УДК 676.028.42:62 – 5

к.т.н., доцент кафедры ИИТСУ **Ремизова И.В.**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА СЕГЕЖСКОМ ЦБК

На большинстве производств, включая целлюлозно-бумажное, присутствует этап раскроя материалов. Использование оптимального планирования раскроя приводит к получению значительной экономии материала за счет минимизации неиспользуемых, в дальнейшем, отходов бумаги.

Автоматизированная система оптимального планирования бумажного производства позволяет находить оптимальные планы раскроя при условии

минимизации отходов производства при выполнении портфеля заказов. Получаемые в процессе раскроя бумажного полотна на продольно/бобино-резательных станках отходы, составляют одну из тех составляющих, которые можно сократить, учитывая особенности конкретного производства и применяя оптимальные карты раскроя.

Автоматизированная система планирования раскроя бумажного полотна разрабатывается специализированно для каждого конкретного производства и не может быть применена в общем виде, т.к. учитывает индивидуальные особенности рассматриваемого предприятия, производственные мощности, специфику деятельности и многое другое.

При создании системы планирования бумажного производства учитывается множество технологических особенностей процесса производства и сбыта бумаги. Например, на Сеgezском целлюлозно-бумажном комбинате были выявлены следующие проблемы, оказывающие влияние на планирование раскроя бумажного полотна. При формировании тамбуров бумаги на бумагоделательной машине (БДМ) на начальном этапе производства происходит технологический сбой, в результате которого бумага, получаемая с бумагоделательной машины, в центре тамбура имеет плотность отличную от заданной.

В условиях рыночной экономики и для удовлетворения требований даже взыскательных заказчиков, Сеgezский целлюлозно-бумажный комбинат, в отличие от большинства подобных производств, предоставляет услуги по выпуску бумаги любой плотности и любого формата, на сколько позволяют возможности производства. При этом всегда существуют выборка наиболее часто продаваемых форматов выпускаемой продукции.

При подготовке к созданию автоматизированной системы оптимального планирования бумажного производства был проведен анализ, собранной на предприятии информации о работе БДМ и продольно/бобино-резательных станках, а также проведены консультации с работающими непосредственно на предприятии специалистами. Как результат были выявлены причины возникновения производственного брака на одной из бумагоделательных машин. Причиной брака является неудовлетворительная работа напорного ящика данной БДМ. Это, в свою очередь, влияет на равномерное распределение массы по ширине бумажного полотна. В конечном итоге, примерно в середине полотна образуется область разнородной плотности, и бумага становится не пригодной для продажи заказчику. На предприятии тамбуры с такой бумагой приходится полностью использовать для внутренних нужд предприятия или отправлять на переработку.

Рассмотренная ситуация была учтена при разработке системы оптимального планирования. Отбракованные тамбуры возможно частично использовать при реализации заказов. В связи с тем, что разнородность плотности наблюдается всегда примерно в середине полотна, предлагается использовать для раскроя боковые части тамбура формируя рулоны требуемых стандартных форматов. При составлении планов раскроя

центральная часть рассматривается как рулон заданного формата с привязкой по ширине полотна и по результатам раскроя подлежит отбраковке.

Учет описанных изменений позволит существенно уменьшить количество отбракованной бумаги, а также использовать такие тамбуры для получения не стандартных форматов. При формировании карт раскроя следует учитывать рекомендации о раскрое тамбуров, сходящих с данной БДМ, отдавая предпочтение рулонам бумажной продукции небольших форматов.

Результаты, полученные автоматизированной системой оптимального планирования бумажного производства с учетом данных корректировок, позволяют минимизировать отходы раскроя до 5%.

© И.В. Ремизова, 2018

УДК 676.164.3.082.3

д.т.н., профессор Суслов В.А.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

КРИЗИСЫ ПЕРВОГО РОДА ПРИ ВЫПАРИВАНИИ С ВОСХОДЯЩЕЙ ПЛЕНКОЙ ПЕННЫХ РАСТВОРОВ В ВЫПАРНЫХ АППАРАТАХ ЦБП

Представлены результаты исследования теплообмена при кипении сульфатного черного щелока и водного предгидролизата на опытном стенде, представляющим обогреваемую паром трубу, длиной 10 м с внутренним диаметром 0,049 м

В связи с трудностью определения истинного паросодержания ϕ в промышленных установках, его высокими значениями и практической неизменностью при достижении $\phi > 90 \%$ на большей части кипяtilьной трубы (рис.1), проведен анализ механизм кризиса кипения в координатах

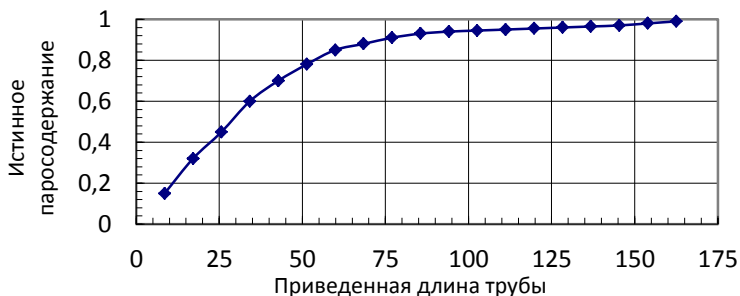


Рисунок 1. Изменение истинного паросодержания по длине кипяtilьной трубы при кажущемся уровне заполнения кипяtilьной трубы $L_{ур} = 19\%$; концентрации раствора $B = 27\%$; плотности тепловой нагрузки $q = 32 \text{ кВт/м}^2$.

$q_{кр} - x_{кр}$ [1], где X – массовое расходное паросодержание двухфазного потока. В этих координатах (рис. 2) может охватываться весь интервал существования двухфазного потока в трубе, включая кипение недогретого жидкости. Кризис кипения – это резкое снижение коэффициента теплоотдачи, связанное с прекращением орошения поверхности теплообмена жидкостью.

Участок $ABCD$ в области, как правило, недогретой жидкости, представляющий зависимость критической плотности теплового потока от отрицательных или невысоких положительных паросодержаний называется кризисом теплообмена первого рода.

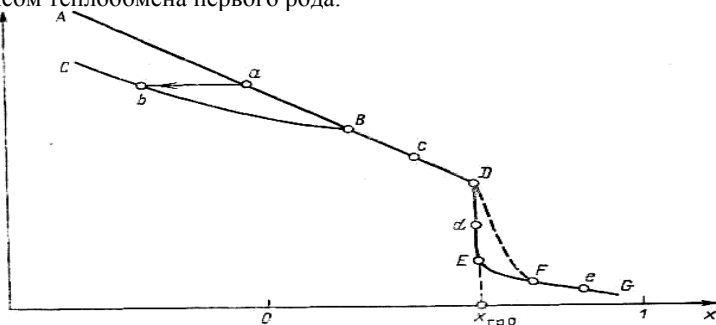


Рисунок 2. Влияние паросодержания на $q_{кр}$ при кипении воды [2]: AB – кризис первого рода; BC – равновесная плотность теплового потока $-q_{равн}$; BDE – срыв жидкости со стенки и испарение пленки жидкости; EG – кризис орошения.

Границей этого вида кризиса в области положительных значений паросодержаний является граничное паросодержание $x_{кр}^0$. При $x_{кр}^0$ кривая $ABCD$ сменяется вертикальной линией DE , отвечающей уравнению $x_{кр}^0 = const$. Участок DE – это область кризиса теплообмена второго рода [3]. Этот вид кризиса не зависит от плотности теплового потока и может образоваться при любом значении q . Происхождение этого вида кризиса связано с высыханием неорошаемой микропленки в области дисперсной структуры потока. При $q < q_E = q_{кр}^0$ на микропленку будут выпадать капли из ядра потока. Поэтому в обогреваемой трубе микропленка высохнет при более высоком паросодержании по сравнению с $x_{кр}^0$ [4]. Это паросодержание называют $x_{ор}$, а кризис при данном паросодержании – кризисом орошения (на рис. 2 – линия EG).

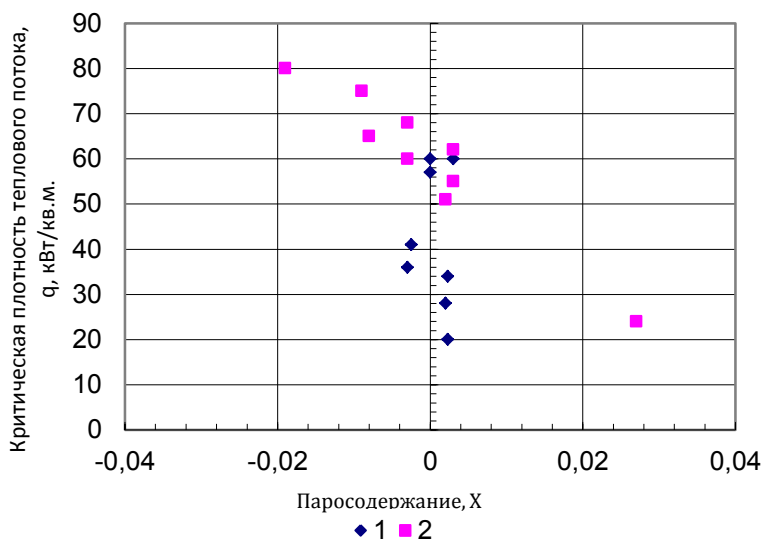


Рисунок 3. Зависимость $q=f(x)$ от кризисных условий при кипении черного сульфатного щелока: $\rho_w = 25 \text{ кг/(м}^2\text{с)}$; 1 – $B < 30 \%$; 2 – $B > 30 \%$ а.с.в.

Нами на основании опытных данных, полученных на стендовой установке, построена зависимость $q = f(x)$ для кризисных условий при кипении пенообразующих растворов ЦБП [5]. Кризис фиксировался в точке начала увеличения температуры стенки трубы и падения коэффициента теплоотдачи. Для обобщения взяты опыты, проводившиеся с $w_o = 0,015-0,025 \text{ м/с}$, $\rho_w = 25 \text{ кг/(м}^2\text{с)}$, концентрацией раствора $B = 20 \%$ и 30% . Результаты обобщения представлены на рис. 3.

На рис. 4 представлены экспериментальные данные, полученные по кризису теплообмена при кипении черного сульфатного щелока и водного предгидролизата разных концентраций и массовых скоростей. Из рис. 4 следует, что данные для пенных растворов качественно коррелируются с аналогичной зависимостью для воды. Вследствие пенообразующих свойств растворов для них, поскольку вспенивание потока массы подчиняется законам взрыва, изменения критической плотности теплового потока находятся в очень узком диапазоне значений изменения массового расходного паросодержания X .

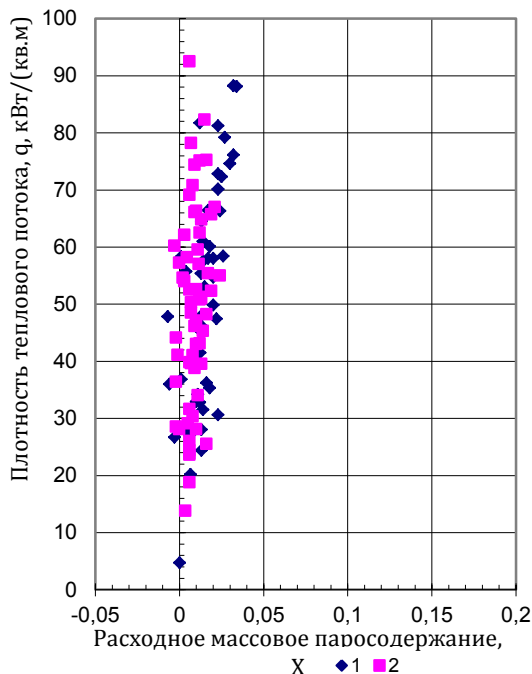


Рисунок 4. Зависимость плотности теплового потока от расходного паросодержания в начале ухудшения теплоотдачи при кипении черного сульфатного щелока и водного предгидролизата: $\rho_w \approx 50 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{с})$;
 1 – $B < 30 \text{ \% а.с.в.}$; 2 – $B > 30 \text{ \% а.с.в.}$

При отрицательных и малых значениях X жидкая фаза занимает значительную часть поперечного сечения канала. В этом случае, при кипении недогретого до температуры кипения щелока, (рис. 3, $x < 0$) кризис теплообмена возникает, как и при кипении в большом объеме, вследствие появления пленочного режима кипения у стенки трубы (обратно-кольцевые режимы течения). При возрастании X увеличивается масса пара в потоке смеси. По мере увеличения плотности теплового потока растет насыщенность паром двухфазного пограничного слоя у поверхности теплообмена. Пар затрудняет приток жидкости к стенке, что приводит к уменьшению критической плотности теплового потока. Условия, при которых возникает кризис создаются, как правило, на выходе из трубы, где паросодержание потока максимально. Стенка трубы, отделенная от основного потока пленкой пара (пленочное кипение) перегревается, и

граница пленочного кипения начинает перемещаться навстречу потоку в область более низких паросодержаний, которым соответствуют более высокие значения $q_{кр1}$. Поэтому на определенном расстоянии от выходного сечения трубы распространение пленочного кипения прекращается, положение границы режимов кипения стабилизируется. В этих условия устанавливается стационарный равновесный режим, при котором пузырьковое кипение раствора на начальном участке трубы и пленочное кипение на выходе устойчиво существуют.

В случае перегретого относительно температуры кипения раствора при входе в трубу наблюдается другая модель образования кризиса. Перегретый раствор при входе в кипятельную трубу вскипает. Образующаяся в результате кипения раствора пена, образование которой носит взрывной характер, способствует вытеснению жидкости из пристенной области. Нарушается гидродинамическая устойчивость встречных потоков: пузырей пара, движущихся от стенки и препятствующих раствору, движущемуся к стенке, проникнуть через слой пара. При достижении критической плотности теплового потока устойчивость жидких пленок, пронизывающих двухфазный пограничный слой, нарушается и стенка покрывается сплошным слоем пара.

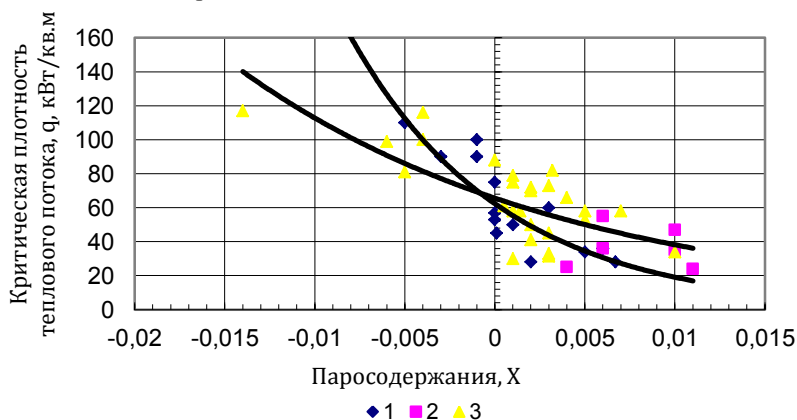


Рисунок 5. Зависимость критической плотности теплового потока от паросодержания: $B < 30$ % а.с.в; 1 — $\rho_w = 90$ кг/(м²с); 2 — $\rho_w = 50$ кг/(м²с); 3 — $\rho_w = 20$ кг/(м²с)

Перечисленные механизмы образования кризиса наблюдается до определенных значений паросодержаний, характеризующихся точкой инверсии, точкой пересечения прямых $q_{кр} = f(x)$, после которой происходит смена характера этой зависимости. Зависимости критической плотности теплового потока от паросодержания для разных концентраций раствора приведены на рис. 5 и рис. 6.

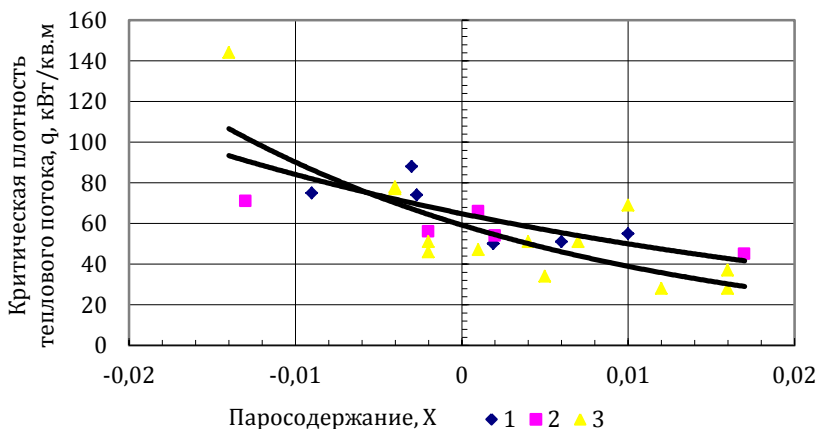


Рисунок 6. Зависимость критической плотности теплового потока от паросодержания: $B > 30\%$ а.с.в. Обозначения как на рис. 5

Из рис. 5 и рис.6 следует, что с ростом массовой скорости критический тепловой поток возрастает при отрицательных паросодержаниях вследствие усиления потока жидкости к поверхности теплообмена, и уменьшается при положительных. Объясняется данная зависимость следующим. Количество поступающей к стенке трубы жидкости определяется поперечной пульсационной составляющей турбулентной скорости потока и гидравлическим сопротивлением пристенного кипящего слоя радиальному потоку жидкости. Гидравлическое сопротивление кипящего слоя зависит от его толщины и насыщенности паровыми пузырями. При увеличении температуры жидкости, уменьшении ее недогрева толщина пристенного слоя и гидравлическое сопротивление увеличиваются. Следовательно, кризис теплообмена будет возникать при меньших критических плотностях. Возрастание скорости потока вызывает рост ее поперечной составляющей, следовательно, увеличение критической плотности.

Точка инверсии для воды в диапазоне работы энергетического оборудования от паросодержаний $X \approx -0,15$ до положительных значений при высоких давлениях и при давлениях около атмосферного определена с паросодержанием $X \approx -0,0025$.

Для первой рассмотренной области кризиса теплообмена первого рода получено уравнение, позволяющее рассчитать критическую плотность теплового потока в зависимости от режимных параметров работы ВА:

$$q_{кр1} = \frac{8E - 0,5e^{97,6x}}{(1+B)^{-4} \delta t^{-0,5} (\rho w)^{-0,02}}, \quad [\text{кВт/м}^2] \quad (1)$$

где B – концентрация раствора; δt – недогрев раствора до температуры кипения; ρw – массовая скорость.

Уравнение (1) иллюстрируется рис. 7

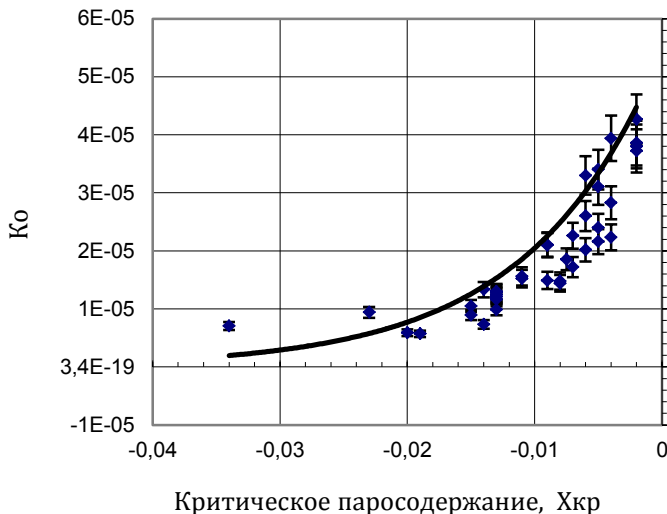


Рисунок 7. Зависимость $Ko = q(1+B)^{-4} \Delta t^{-0,5} (\rho w)^{-0,02}$ от критического паросодержания $X_{кр}$.

Из приведенной зависимости следует, что с погрешностью 15 % критическая плотность резко увеличивается с увеличением концентрации поскольку увеличиваются силы, повышающие устойчивость пристенной пленки с увеличением недогрева раствора до температуры кипения. В диапазоне изменения массовых скоростей, последние увеличиваясь незначительно повышают критическую плотность теплового потока, так как в условиях пенного потока приток жидкой фазы к поверхности теплообмена незначителен. Повышение паросодержания паромасляной смеси снижает критическую плотность теплового потока.

Для избежания кризиса теплообмена первого рода, связанного с интенсивным накипеобразованием, в области изменения режимных параметров работы выпарных аппаратов ЦБП следует поддерживать недогрев раствора в пределах $8 - 10$ °C и скорости питания раствором кипяtilьные трубы - $0,07 - 0,09$ м/с.

Описанную гидродинамическую модель кризиса кипения характеризует участок AC рис. 2.

Участок CD на рис. 2 соответствует участок в диапазоне паросодержаний $X = -0,0025 - 0,005$ на рис. 3. Рассмотренный механизм образования кризиса теплообмена на предыдущем участке до точки инверсии основывался на разрушении пристенной жидкой пленки и образования паровой, отделяющей жидкую фазу от теплопередающей поверхности. В работах [6] при проведении измерений расхода в пристенной жидкой пленке показано, что при невысоких положительных значениях паросодержаний парожидкостной смеси в кипяtilьной трубе наблюдались эмульсионный либо дисперсно-кольцевой режимы течения, в которых кризис теплообмена наблюдался так же, как и при кризисе теплообмена второго рода в результате высыхания со стенки трубы жидкой микропленки. Следует при этом отметить, что кризис теплообмена второго рода существует в условиях дисперсной структуры двухфазного потока, когда величины X значительны. Поскольку механизмы возникновения кризисов неодинаковы при различных значениях X необходимо рассмотреть процесс исчезновения пристенной жидкой пленки, определяющей возникновение кризиса.

В парогенерирующей трубе уменьшение толщины пленки может происходить из-за срыва капель с гребней волн (динамический унос), испарения пленки и уноса капель с пузырьками пара (пузырьковый унос). Восполнение пленки может осуществляться за счет ее орошения каплями влаги, выпадающими из ядра потока. Распределение жидкости в начале формирования дисперсно-кольцевого режима течения не зависит от плотности теплового потока. В процессе истощения пристенная пленка жидкости достигает состояния микропленки при паросодержании кризиса гидравлического сопротивления $X_{др}$, которое также не зависит от плотности теплового потока. Это свидетельствует о малой инерционности массообменных процессов между пристенной жидкой пленкой и ядром потока в парогенерирующей трубе.

При определенных тепловых нагрузках пристенная пленка начинает кипеть. Область кипения по мере увеличения q распространяется в направлении потока. При некотором паросодержании X_n в связи с малой толщиной пленки кипение подавляется. В процессе кипения под действием испарения и пузырькового уноса (динамический унос в этом случае отсутствует) пленка истощается наиболее интенсивно и кипение будет быстро подавлено при достижении определенной ее толщины. Поэтому как динамический так и пузырьковый уносы будут практически отсутствовать. Испарение пленки компенсируется ее орошением, поскольку уменьшение влаги в потоке при $X < X_{др}$ происходит исключительно за счет истощения пленки [6]. Из приведенного анализа следует, что кризис теплообмена первого рода на участке CD рис. 2 или после точки инверсии (рис. 3) возникает в случае образования микропленки в условиях неравновесного изменения расхода жидкости в пристенной пленке, что имеет место в парогенерирующей трубе.

Растворы, взятые в качестве рабочей жидкости (черный сульфатный щелок и водный предгидролизат), особенно при малых концентрациях, склонны к пенообразованию, благодаря чему возникает режим эмульсионного, пенного кипения. Это отчетливо видно на рис. 8. Опыты при кипении пенообразующих растворов показывают, что при пенных (эмульсионных) режимах образование кризисов происходит в узком диапазоне паросодержаний. При практически нулевых и малых положительных расходных паросодержаниях пенного потока кризис теплоотдачи наступает в результате высыхания пленки жидкости в условиях эмульсионного течения потока.

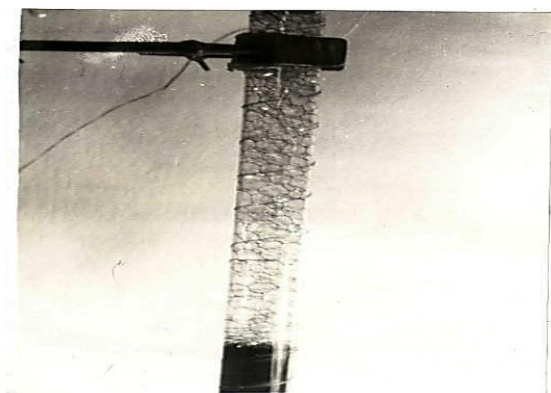


Рисунок 8. Пенообразование при кипении сульфатного щелока

Количество теплоты, которое необходимо для испарения жидкости, текущей в пленке, называется критической плотностью теплового потока. Расход жидкости в пленке определяется при заданном давлении концентрацией, массовой скоростью и расходным массовым паросодержанием. Критическая плотность теплового потока при кипении пенообразующих растворов ЦБП на этом участке описывается уравнением, полученным при обобщении приведенных в работе опытных данных

$$q_{кр} = \frac{18e^{-61,9x}}{(1+B)^{0,24} \Delta t^{-0,63} (\rho w)^{0,11}} \quad (2)$$

Обозначения в (2) такие же, как в (1). Уравнение (2) иллюстрируется рис. 9.

Из приведенной зависимости следует, что погрешностью 15 % критическая плотность теплового потока уменьшается с увеличением концентрации раствора, поскольку в пристенной пленке уменьшается влага с ростом последней. Происходит незначительное уменьшение плотности теплового потока с увеличением скорости раствора, ее увеличение с ростом

недогрева. С увеличением паросодержания критическая плотность уменьшается.

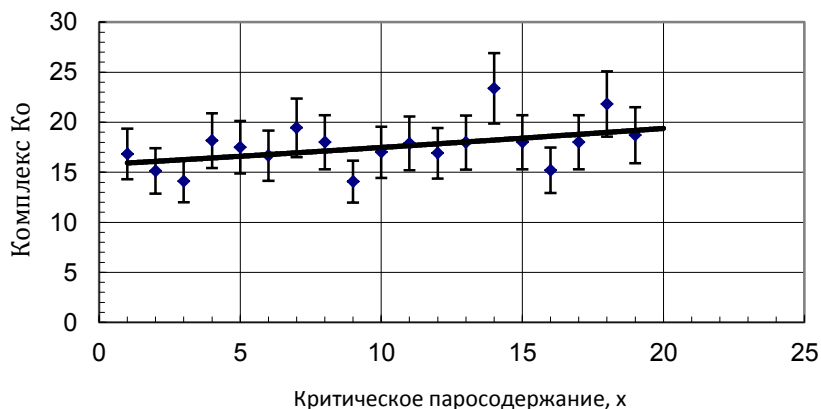


Рисунок 9. Зависимость $Ko = q_{кр}(1+B)^{0,24} \Delta t^{-0,63} (p w)^{0,11}$ от критического паросодержания $x_{кр}$.

Список использованной литературы:

1. Суслов В.А. Повышение эффективности выпаривания отработанных варочных растворов целлюлозного производства. Автореф. дис. докт. техн. наук. Санкт-Петербург, ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2006.
2. Невструева Е.И., Тютяев В.В. Взаимосвязь тепловых и гидродинамических характеристик в двухфазном неравновесном потоке. — Сб. «Тепломассообмен – Y» т. 3, ч. 2, Минск, 1976, с.13-20.
3. Дорошук В.Е. Кризисы теплообмена при кипении воды в трубах. - М.: Энергоатомиздат, 1983, 167 с.
4. Безродный М.К. Кризисы теплопереноса в замкнутых двухфазных термосифонах. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Киев, КПИ, 1984.
5. Суслов В.А. Исследование теплоотдачи при кипении черного сульфатного щелока в экономайзерной зоне выпарных аппаратов. «Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и ТЭС». Межвуз. сб. научн. тр. ЛТИ ЦБП, 1989.
6. Теплопередача в двухфазном потоке. Под ред. Д.Баттерворса и Г.Хьюитта. - М. «Энергия», 1980, 328 с.

© В.А. Суслов, 2018

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ВОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ

В настоящее время во всем мире с нарастающей остротой встает вопрос о разработке и внедрении новых методов утилизации опасных стойких органических веществ, загрязняющих биосферу. К таким веществам относятся пестициды, сточные воды, продукты жизнедеятельности животноводства и птицеводства. Для начала, рассмотрим ныне существующие методики и их недостатки, обязывающие к поиску новых решений.

Биологическая очистка - способ очистки сточных вод с помощью микроорганизмов, способных окислять органические вещества в процессе дыхания. Метод биологической очистки имеет высокие показатели экологической и производственной безопасности. Недостатками же этого метода, ограничивающими сферу его применения являются: длительность процесса, наличие вторичных отходов в виде активного ила, совершенная нестабильность работы, высокая стоимость.

Вторым методом является сжигание утилизируемых веществ в печах. Этот метод более оперативен по сравнению с предыдущим, но сложность оборудования для его реализации, а также образование опасных газообразных и пылевых оксидов в результате применения, делают его недостаточно эффективным.

Против метода химического окисления с помощью O_3 , H_2O_2 и других окислителей свидетельствует низкая степень очистки из-за образования промежуточных продуктов неполного окисления, приводящая к перерасходу рабочих веществ.[1]

Перечисленные выше методы являются либо недостаточно эффективными, либо экономически невыгодными, либо небезопасными для экологии. Это положение привело к появлению и разработке нового способа утилизации опасных стойких органических веществ.

Способ основан на способности воды, находящейся в сверхкритическом состоянии, с большой скоростью окислять органические вещества. Сверхкритическое состояние – это особое состояние, в которое переходит вещество при достижении определенных значений давления и температуры в процессе его нагрева. Для воды такими значениями являются $T_{кр} = 374,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{кр} = 217,6\text{ атм.}$ (рис. 1).

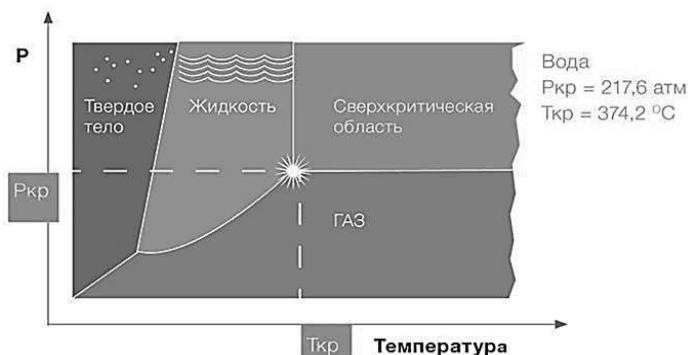


Рисунок 1 Агрегатное состояние веществ в зависимости от давления и температуры

В сверхкритическом состоянии вода одновременно обладает свойствами, как жидкости, так и газа: сжимается, как газы, и растворяет твердые вещества, как жидкости. В процессе сверхкритического водного окисления (СКВО) разложение органических веществ происходит с помощью какого-либо окислителя в присутствии воды, находящейся в сверхкритическом состоянии. В результате окисления не образуются оксиды азота и серы, а образующиеся кислые газы легко нейтрализуются. Тепло, выделяющееся в процессе окисления органических веществ, можно использовать для поддержания температурного режима процесса.

В данное время разработаны принципиальные схемы осуществления СКВО (рис.2), но сконструированы лишь лабораторные установки, работающие в РФ и зарубежом.

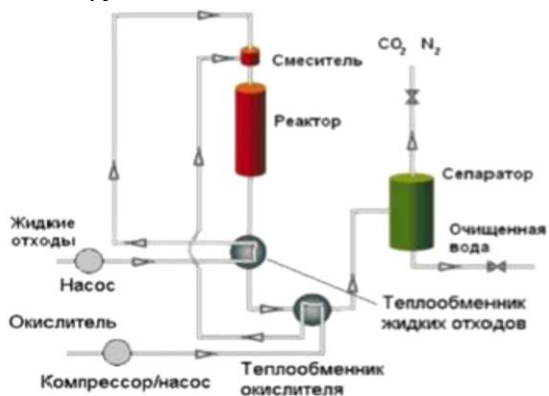


Рисунок 2. Принципиальная схема организации процесса СКВО

Сложность массового внедрения метода СКВО заключается в высоких требованиях к оборудованию. Для безопасного и эффективного протекания процесса необходимо постоянно поддерживать заданные параметры давления и температуры. Также, при работе со сверхкритической средой возникает проблема коррозионной устойчивости материала оборудования. [2]

В ближайшем будущем, внедрение метода СКВО будет иметь решающее значение в решении проблемы утилизации опасных стойких органических веществ и защиты биосферы Земли.

© Л.П. Сергей, 2018

УДК 676

к.т.н., доцент **Сидельников В.И.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА БДМ

Моделирование управления показателями качества выпускаемой продукции (базовые свойства, прочностные, физические, оптические поверхностные свойства и технико-экономическими показателями производства должно проводиться в привязке к моделируемой БДМ и качественными характеристиками выпускаемого сорта бумаги.

Математическая модель БДМ обеспечит оценку влияния изменения технологических режимов на показатели качества с учетом допустимых значений, используемых на практике. При использовании в учебном процессе обучаемый получит информацию о взаимосвязи между параметрами работы машины, композицией бумаги (состав, ее параметрами) и добавками химических вспомогательных веществ, а также о достигнутых при этом качественных показателях.

Моделирование управления машиной аналогично управлению реальной производственной установкой.

Показатели качества и тенденции их изменения определяются и выводятся на компьютер. Таким образом, можно осуществлять обучение непосредственно ориентированное на практику. Предлагаемый подход также позволит обучаемому ознакомиться: с показателями качества выпускаемой продукции; с технологическими взаимозависимостями между параметрами качества; возможностями управления отдельными показателями качества; с влиянием технологического процесса на качество продукции; учетом затрат производства при выработке конкретного вида продукции.

Для управления показателями качества можно использовать методы регрессионного анализа. Характерной особенностью процессов бумажного производства, как объектов моделирования, является их зависимость от большого числа управляемых и неуправляемых факторов: свойств сырья,

композиции, продолжительности процессов, состава реагентов, оборудования, многие из которых изменяются стохастически. Также необходимо принимать во внимание такие почти не поддающиеся разграничению в реальных условиях производства процессы, массо- и теплопереноса и гидродинамику протекающих реакций. В связи с этим, задачи исследования и моделирования решаются с использованием методов многомерной математической статистики. Где зависимости между входными и выходными параметрами определяются регрессионным анализом.

Для разработки математических моделей и моделирования управления может быть использован следующий подход. Состояние технологических процессов производства бумаги в произвольный момент времени можно представить функций вектора выходных переменных $Y=(y_1, \dots, y_n)$, определяющих качество готовой продукции, выходных переменных $X=(x_1, \dots, x_k)$, и управляющих воздействий $U=(u_1, \dots, u_m)$.

В этом случае математическую модель можно представить в виде уравнения:

$$y_i = \sum_j a_{ij} u_j + \sum_k b_{ik} x_k + R_i,$$

Где y_i – расчетное значение выходного показателя качества; u_j – управляющие воздействия; x_k – выходные переменные объекта; R_i – значение свободного члена; a_{ij} , b_{ik} – коэффициенты уровня влияния.

Тогда $Y=f(X, U)$ – математическая модель объекта, зависимость, связывающая выходную переменную процесса с вектором выходных переменных (управляющих воздействий), а $F=\psi(X, U, Y)$ является функцией цели (например, критерием оптимальности) технологического процесса, выраженной через параметры технологического процесса (в нашем случае задача нахождения параметров в указанных пределах)

Таким образом, математическая модель технологического процесса производства бумаги может быть получена в виде системы линейных алгебраических уравнений, и, задача управления в этом случае сводится к решению системы линейных неравенств и выбору из множества её допустимых решений таких, которые обеспечивают максимальное значение функции цели.

Задача управления технологическим процессом по математической модели и функции цели сводится к следующей задаче математического программирования:

$$F = \max_{u_1, u_2, \dots, u_j} \Psi(X^*, U)$$

$$d_{1i} \leq \sum_j a_{ij} u_j + \sum_k b_{ik} x_k + R_i \leq d_{2i}, \quad i=1, \dots, m$$

$$h_j \leq u_j \leq h_{2j}, \quad j=1, \dots, n$$

Теперь, если допустить, что критерий оптимальности – линейная функция от управляющих воздействий объекта, то для фиксированного значения вектора выходных воздействий X^* задача управления процессом сводится к следующей задаче линейного программирования:

$$F = R_0 + \sum_j c_{ij} u_{j \rightarrow} \max$$

Где R_0 – значение свободных членов в выражении функции цели и уравнениях математической модели, получаемые при подстановке конкретного значения вектора входных и возмущающих воздействий.

Определение параметров для оценки состояния технологического процесса и реализация управляющих воздействий на БДМ необходимы при выходе хотя бы одной из компонент вектора выходных переменных процесса (показателей качества готовой продукции) за пределы заданной области ограничений.

На основании анализа процессов на реально действующих машинах разработаны математические модели, учитывающие физические процессы и особенности используемого оборудования, что обеспечит разработку обучающей программы для операторов технологических процессов БДМ и КДМ.

© В.И. Сидельников, 2018

УДК 338.2

Хушт С.И., студент гр. ФК-17-23

Кубанский государственный технологический университет;

ассистент Файзуллаева А.В.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ЭКОНОМИКЕ АПК

Ни для кого не является секретом, что экономика, являясь одной из сфер общества, во многом предопределяет степень благополучия, как населения, так и всего государства в целом. Однако и она имеет свою структуру, в которой традиционной выделяют три сектора: первичный, вторичный и третичный. Первичный сектор включает в себя отрасли, основанные на добыче и переработке сырья (сельское хозяйство, лесоводство, рыбоводство и т.д.). Общество, в экономике которого преобладающая часть отведена первичному сектору, носит название аграрного общества. Вторичный сектор экономики объединяет обрабатывающую промышленность и строительство, а третичный – виды деятельности, отнесенные к сфере услуг (транспорт, торговля, туризм и т.д.). Общества с доминирующими вторичным и третичными секторами экономики, соответственно, именуются индустриальными и постиндустриальными обществами. Стоит отметить, что учеными и исследователями на протяжении всего развития экономики как

науки предлагалось множество инновационных способов улучшения тех или иных отраслей народного хозяйства. В рамках данной статьи будет рассмотрен такой математический метод модернизации АПК (агропромышленного комплекса – части первичного сектора экономики), как экономико – математическое моделирование. При этом исследованию подлежат следующие его аспекты: суть понятия; проблемы, возникающие при его применении на производстве; классификация; критерии оптимальности и основные направления применения данного метода.

Аграрный сектор экономики являет собой одну из ключевых отраслей народного хозяйства в целом, и его рациональное и планомерное развитие - это одно из условий процветания и благополучия государства. В последнее время в связи с обострившейся обстановкой на международной арене вопрос совершенствования методик ведения агропромышленного комплекса (АПК) встал особо остро, учитывая также и то, что потоки импортной сельскохозяйственной продукции приобрели тенденцию к уменьшению в рамках нацеленности государства на поддержку отечественного производителя.

Хотя учеными и исследователями предлагается множество способов по модернизации сельскохозяйственного производства, все же видную роль среди предлагаемых методик по оптимизации агропромышленного комплекса играет построение экономико – математических моделей и их применение в управлении производственно – экономической деятельностью в аграрном секторе экономики.

Итак, что же представляет собой экономико – математическая модель? В общем случае, данное понятие подразумевает собой некое математическое описание экономического процесса, явления или объекта, созданное с целью осущестления их исследования и управления ими.

Возникает вполне логичный вопрос: какие основные проблемы возникают при применении методов математико – экономического моделирования в экономике агропромышленного комплекса? В качестве основных принято выделять:

1. Сложность подбора наиболее оптимальной модели производства, а также критериев по оценке ее качества;
2. Большое количество факторов, требующих рассмотрения при построении модели (или так называемой результирующей или производственной функции);
3. Необходимость сортировки исходных данных ввиду их немалого количества;
4. Недостаточное финансирование как научной сферы, занимающейся разработкой математико – экономических моделей, так и производственной, применяющей их на практике;
5. Отсутствие действенных льгот для сельскохозяйственных предприятий, нацеленных на применение инновационных методов.

Однако, несмотря на наличие, казалось бы, столь широкого спектра проблем, экономико-математическое моделирование остается все же самым перспективным методом по развитию агропромышленного комплекса, и базируясь на проведенных исследованиях, исследователи выделяют ряд принципов управления, которые должны быть соблюдены в современных подходах к моделированию в сельском хозяйстве [2]:

1. Системность;
2. Комплексность;
3. Многовариантность расчетов с помощью введения системы экономико-математических моделей.

Возвращаясь к экономико-математическим моделям, необходимо отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция по усложнению их структуры ввиду появления их новых инновационных видов, и существует множество вариантов классификаций, предлагаемых различными учеными. Так, В.Е. Куликов в своей работе предлагает производить классификацию экономико-математических моделей по следующим признакам [1]:

1. В зависимости от общецелевого назначения: прикладные экономико-математические модели (применяемые при реализации прикладных производственных задач) и теоретико – аналитические (служат для моделирования общих закономерностей и свойств экономических явлений и процессов);

2. По степени сложности структуры (степени агрегирования): микроэкономические модели (применяемые в рамках конкретного сельскохозяйственного предприятия) и макроэкономические (действие которых распространяется на весь агропромышленный комплекс);

3. По конкретному целевому назначению: оптимизационные модели (направленные на выявление наиболее экономически эффективного и рационального использования имеющихся производственных ресурсов); имитационные модели (необходимые непосредственно для исследовательской имитации изучаемых экономических процессов) и игровые модели (ориентированные на случайность и неопределенность факторов, формирующих модель)

4. В зависимости от фактора времени: статические и динамические (учитывающие изменчивость факторов).

В связи с появлением инновационных типов моделей данная классификация постоянно уточняется [2].

При перечислении проблем, возникающих при попытках внедрения экономико-математических моделей в производственный процесс, были упомянуты так называемые критерии качества подбора модели, среди которых ключевую роль играет критерий оптимальности. Однако при выборе критерия оптимальности возникают свои подводные камни. Второй наиболее острой проблемой является выбор критерия оптимальности производственной функции, и здесь мнения ученых расходятся на следующих вариантах [2]:

- 1) минимальное значение трудовых затрат;
- 2) максимальное значение ассортиментных наборов;
- 3) минимальные значения абсолютных отклонений чистого дохода от среднего уровня;

- 4) максимальное значение чистого дохода от деятельности сельскохозяйственного предприятия с учетом ожиданий притоков и оттоков от недостатка или избытка трудового ресурса.

Тем не менее, несмотря на существующие расхождения, научное сообщество в большинстве своем при экономико-математическом моделировании производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий выделяет максимум функции прибыли в качестве критерия оптимальности.

Итак, в качестве завершения выделим основные направления применения экономико-математических моделей, выделяемые в сельскохозяйственно производстве [2]:

- 1) выделение агрогрупп среди существующих сельскохозяйственных культур, гарантирующих при равенстве иных условий необходимый уровень урожайности;
- 2) расчет требуемых объемов кормовых культур для разведения КРС (крупного рогатого скота);
- 3) увеличение прибыльности предприятий животноводческой и растениеводческой направленности.

Список использованной литературы:

1. Куликов В.Е. Моделирование хозяйственной деятельности сельскохозяйственного предприятия с учетом влияния факторов внешней среды: специальность: дисс. 08.00.13 к.э.н. / Тих. гос. экон. унив. В., 2006. 157с.
2. Майорова М.А. Экономико-математические модели в управлении производственно — экономической деятельностью сельскохозяйственных предприятий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» - июль – август 2014. - № 4 (23).

© С.И. Хушт, А.В.Файзулаева, 2018

УДК 004.942

Слюта М.О., магистрант гр. 529

Руководители: к.т.н., доцент **Бахтин А.В.**, к.т.н., доцент **Суриков В.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСА В РЕЧНЫЕ АКВАТОРИИ

Интерес к проблемам охраны водных ресурсов от загрязнения и прогнозирования качества воды особенно возрос в связи с резким

увеличением потребления воды промышленностью, сельским и коммунальным хозяйством.

Математическое моделирование процессов переноса загрязняющих веществ в водотоках имеет важное практическое значение в задачах охраны водных ресурсов. На основе математического моделирования рассчитываются нормативы допустимых сбросов предприятий, влияние на водные биоресурсы дноуглубительных и гидротехнических работ, воздействие гидрологических и метеорологических факторов.

Сложность математического моделирования заключается в необходимости учета значительного числа воздействующих техногенных и природных факторов. Кроме этого обязательными этапами является идентификацию параметров модели и ее последующая верификация [1].

В настоящее время для моделирования многокритериальных процессов получили развитие программы нейросетевого моделирования [2].

Для оценки возможности обучения программы нейросетевого моделирования расчету процессов переноса загрязняющих веществ в водотоках было проведено ее обучения по результатам имитационного моделирования.

Для обучения программы нейросетевого моделирования был выбран водный объект со следующими параметрами: длина реки - 1000 м, ширина - 10 м, скорость течения - 0,1 м/с, глубина - 5 м и фоновая концентрация 5 мг/л. Предприятие расположено в начале расчетного участка на правом берегу, расход сточных вод составляет 0,0001 м³/с, концентрация загрязняющих веществ в сточных водах - 300 мг/л.

В данной математической модели управляющими параметрами являются: концентрация начального разбавления, скорость течения воды в реке, фоновая концентрация.

По условиям эксперимента местоположение водовыпуска, длина, ширина и глубина реки оставались постоянными, поэтому они были исключено из управляющих параметров.

По результатам решения прямой задачи были сформированы 5000 примеров, на которых проведено обучение программы нейросетевого моделирования. Один пример содержит три входных параметра и 200 выходных. Входными параметрами являются значения концентрации начального разбавления, фоновой концентрации и скорости течения реки. Для обучения программы нейросетевого моделирования необходимо масштабирование данных.

Обучение нейронной модели реализовано в программе нейросетевого моделирования Neural Works Professional II Plus. Топология модели представляет собой трехслойную структуру прямого распространения. Нейронная модель объекта в виде сети прямого распространения, в отличие от других видов математических моделей является параллельной структурой.

Размерность входного и выходного сигналов в нейронной модели составляет соответственно 3 и 200. Согласно этому количество нейронов входного слоя нейронной сети равно 3, а выходного – 200 нейронов, как показано на рис. 1.

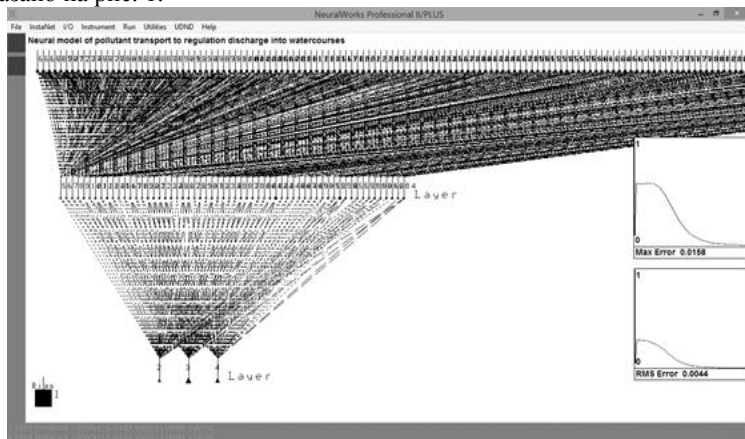


Рисунок 1. Топология модели

Все нейроны входного и выходного слоев имеют линейную преобразующую функцию в связи с тем, что они выполняют только распределительные и масштабирующие функции. Задачу сжатия и аппроксимации данных, поступающих на сеть, выполняет внутренний слой, преобразующая функция нейронов которого имеет синусоидальную форму. Число нейронов внутреннего слоя может различаться в зависимости от сложности задачи.

Связи между нейронами внутреннего и выходного слоя следует оставить полными, для обеспечения запаса пластичности и гибкости нейронной структуры при обучении.

Для обучения нейронной модели необходимо иметь обучающую выборку, которая представляет собой совокупность обучающих примеров, отражающих свойства объекта. Каждый обучающий пример является эталонной парой векторов вход – выход для нейронной сети.

Размера обучающей выборки должно хватать для аппроксимации функции, однако он не должен быть слишком большим, так как это приведет к уменьшению скорости обучения. Обычно для обучения необходимо количество обучающих примеров из расчета от 10 до 40 на каждый вход и выход. Однако это число может меняться в зависимости от условий задачи.

Обучающая выборка не должна содержать примеров, противоречащих друг другу или не подчиняющихся какой-либо функциональной

зависимости, а содержащих только шумы процесса. В противном случае нейронная сеть обучаться не будет.

Для обучения нейронной сети используется стандартный алгоритм Back-Propagation [3]. На вход модели подаются начальная концентрация вещества, скорость течения реки и фоновая концентрация. Выходы содержат информацию о концентрации в ряду контролируемых точек водного объекта различных веществ, таких как хлорид, натрий, калий, сульфат.

В результате сделанной работы получена модель, которая обеспечивает точность аппроксимации 2% от максимального значения концентрации загрязнения после выполнения масштабирования. Данная информация необходима для контроля распространения загрязнений, а также определения местонахождения источников повышенного содержания вредных веществ.

Список использованной литературы:

1. А.В.Бахтин, И.В.Ремизова. Элементы искусственного интеллекта в системах управления. Учебное пособие, Санкт-Петербург, 2015
2. Хайкин Саймон. Нейронные сети: Полный курс: Пер. с англ. / С. Хайкин. — М.: Вильямс, 2008. — 1103 с.

© М.О. Слюта, 2018

УДК 260

к.т.н., доцент **Белоусов В.Н.,**
к.т.н., доцент **Сморodin С.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЩЕЛОКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СРК

В процессе эксплуатации СРК наблюдается следующее – при одинаковых значениях расхода щелока, температуры уходящих газов, теплоте сгорания щелока, избытках воздуха, содержании СО и степени восстановления довольно значительно меняется паропроизводительность котла.

В настоящей работе рассматривается влияние изменения состава минеральной части щелока на работу котла. Изменение состава минеральной части связано с условиями процесса варки, качеством исходного сырья.

По нашему мнению эта проблема связана с составом минеральной части щелока, а именно с содержанием в минеральной части сульфата и сульфида натрия.

Теплота сгорания щелока, как и других органических топлив, определяется с помощью калориметрической установки, где щелок сжигается в атмосфере кислорода.

Липовков И.З. рекомендует при определении теплоты сгорания щелока учитывать степень карбонизации щелока в топке СРК и содержание органической и сульфидной серы в щелоке.

Высшая теплота сгорания Q_s^d , кДж/кг, подсчитывается по следующей формуле:

$$Q_s^d = Q_6^d - 94,3 S_o^d - 301,2 S_{Na_2S}^d - 0,006 Q_6^d - 0,385 (100 - \xi_k) (CO_2)_{pe}^d,$$

где Q_6^d - теплота сгорания сухой массы щелока, определенная в калориметрической установке, кДж/кг;

S_o^d , $S_{Na_2S}^d$ - содержание органической и сульфидной серы, в % от сухой массы щелока;

ξ_k - степень карбонизации едкого натра, %;

$(CO_2)_{pe}^d$ - количество углекислого газа, расходуемого на полную карбонизацию едкого натра, в % от сухой массы щелока.

Лабораторные исследования показывают, что изменение соотношения компонентов минеральной части щелока практически не влияют на теплоту сгорания сухой массы щелока, определенную в калориметрической установке

Были выполнены расчеты теплового и материального баланса СРК-3560 АО «Монди СЛПК». Согласно полученным результатам можно определить следующие закономерности:

1. При увеличении содержания сульфида натрия в минеральной части щелока с 2,6 до 6,6% увеличивается тепловой КПД котла с 78,9 до 83%. Это в первую очередь связано со снижением потерь на восстановление сульфата с 7,38 до 3,66%. Потери на плавление солей и с физическим теплом плава увеличиваются, что связано с увеличением выработки плава.

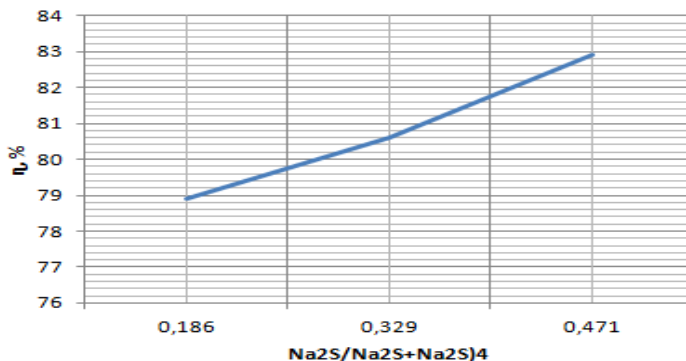


Рисунок 1. Зависимость КПД от доли сульфида в минеральной части щелока

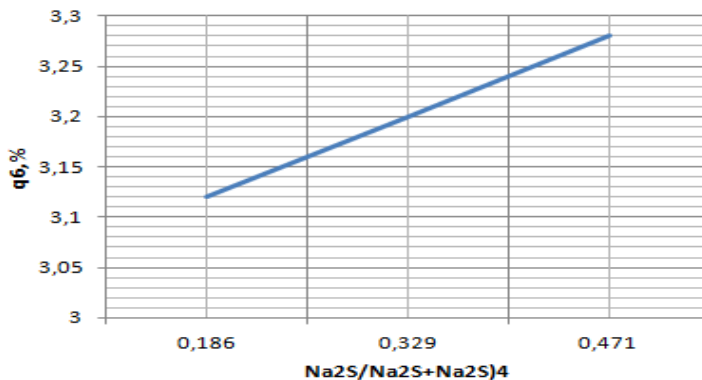


Рисунок 2. Зависимость q_6 от доли сульфида в минеральной части щелока

2. Как показали результаты расчета материального баланса при увеличении содержания сульфида натрия в минеральной части щелока увеличивается расход плава с 0,424 до 0,445 кг/кг а.с.в, что связано с уменьшением содержания сульфата в минеральной части щелока и увеличением относительного содержания натрия. Так же увеличивается количество органической серы переходящей в газовую фазу с 0,2 до 0,6 кг/кг а.с.в., что приводит к увеличению выбросов серосодержащих компонентов дымовых газов.

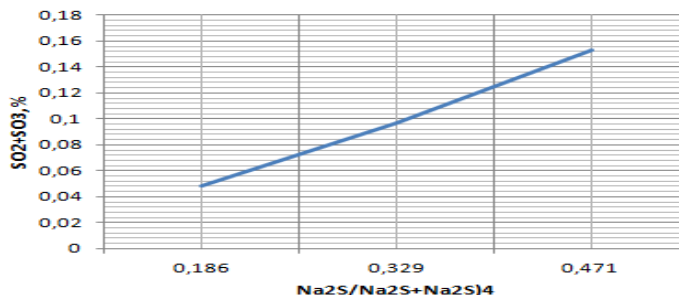


Рисунок 3. Зависимость серосодержащих компонентов дымовых газов от доли сульфида в минеральной части щелока

3. По результатам расчета теплового баланса при увеличении содержания сульфида натрия в минеральной части щелока увеличивается паропроизводительность котла с 141,6 до 147,9 кг/с или с 510 до 532 т/час.

Таким образом, результаты расчетов показывают, что состав минеральной части щелока оказывает существенное влияние на эффективность работы СРК.

© С.Н. Смородин, В.Н. Белоусов, 2018

УДК 621.5.09

Толстов И.Ю., гр. 441

Руководитель: к.т.н., доцент **Верхоланцев А.А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С недавнего времени в качестве низкотемпературных газов используют сжиженный воздух или азот как накопители энергии. Низкопотенциальная энергия жидкостей используется в качестве топлива для двигателей, преимущественно автомобильных. Английский инженер изобрел машину на сжатом воздухе, затем появилась возможность переводить энергию газа в электрическую и хранить на протяжении времени. В данный момент энергия тестируется на европейских ТЭС.

Машина с жидким воздухом в качестве топлива, получившая название «LiquidAir» была построена между 1899 и 1902 годами, но в то время она не могла конкурировать с другим двигателями по эффективности. Гораздо позже был создан транспорт на жидком азоте. Питер Дирман, изобретатель-любитель из Хертфордшира (Британия), был первым, кто сначала разработал машину на жидком воздухе, а потом – внедрил технологию для использования в качестве накопителя энергии в электросетях. Двигатель

Дирмана отличается от ранних разработок азотных двигателей тем, что азот нагревается за счет его смешения с теплоносителем внутри цилиндра двигателя. Процесс превращения энергии по Дирману имеет несколько этапов. Сначала излишнее электричество используется для забора воздуха, его очистки от углекислого газа и пара. Затем оставшийся воздух охлаждается до -190° Цельсия и переходит в жидкое состояние. Его помещают в огромную вакуумную ёмкость. Когда требуется электричество, воздух нагревается до комнатной температуры. По мере испарения он приводит в действие турбину. На данный момент КПД аккумулятора составляет 25 %, однако эффективность существенно возрастает при помещении криогенератора рядом с заводом или маломощной электростанцией, которая сбрасывает давление. Ещё больше энергии можно сохранить, пропуская излишний холодный воздух через три бочки с гравием, которые долго удерживают низкую температуру в ёмкости до того момента, как его нужно нагревать.

При меньшей цене (как правило – ночью) электричество используется для охлаждения атмосферного воздуха до -195° с помощью цикла Клода до точки разжижения. Жидкий воздух, занимающий одну тысячную объема газа, может долгое время храниться в крупных вакуумных резервуарах при атмосферном давлении. При пиковых потребностях в электричестве жидкий воздух под высоким давлением закачивается в теплообменник, выполняющий функции котла. Воздух из атмосферы при температуре окружающей среды или горячая вода из промышленного источника тепла используется для нагрева жидкости и ее обратного превращения в газ. Быстрый рост объема и давления после процесса применяется для движения турбины, вырабатывающей электричество. Сам по себе процесс обладает КПД лишь в 25 %, но показатель можно сильно увеличить (примерно до 50%) при использовании таких простых холодильников, как большое гравийное основание, для улавливания холода из-за испарения криогенной жидкости. Холод используется повторно во время следующего цикла заморозки.

КПД может вырасти еще больше при одновременном использовании с электростанцией или другим источником тепла низкого потенциала, которое может быть утеряно в атмосфере. Компания «HighviewPowerStorage» утверждает, что полный цикл преобразования переменного тока может дать КПД в 70 % при использовании источника сбросного тепла температурой в 115° . Организация Машиностроителей согласна с тем, что эти оценки для коммерческих электростанций – реалистичны. Однако, это число не было проверено или подтверждено независимыми профессиональными организациями. На данный момент дополнительный газообразный азот появляется, как побочный продукт при производстве кислорода. Он может использоваться, как компонент на угольных электростанциях, позволяя улавливать и секвестрировать выбросы углекислого газа. Азот в форме газа может быть сжижен с помощью имеющихся мощностей для дальнейшего

использования. Низкотемпературная перегонка воздуха сегодня является единственной коммерческой альтернативой промышленному производству кислорода.

С 2010 года на биоэлектростанции мощностью в 80 МВт в британском городе Слау работала первая низкотемпературная энергосистема мощностью 300 кВт и емкостью 2,5 МВт-ч, разработанная учеными Лидского университета и компании «HighviewPowerStorage». Она использовала жидкий воздух с удаленными из состава водой и углекислым газом (так как они могли затвердеть при температуре хранения) и использовала сбросное тепло для усиления повторного теплового расширения воздуха. В 2014 году она была перемещена в университет Бирмингема. Ее КПД составил менее 15 %, так как применялись низкоэффективные твердые компоненты, но инженеры намерены повысить его до 60 % в следующем поколении СНЭ, основанном на опыте работы этой системы.

Принцип действия лежит в основе отработанных годами элементарных промышленных процессах, кроме того не требует высоких экономических затрат. Ведущие инженеры утверждают, что через несколько десятилетий система будет отлажена и автоматизирована до такой степени что обслуживать ее сможет абсолютно любой человек.

© И.Ю. Толстов, 2018

УДК 676.082.3

Матвеева Т.Н., магистрант гр. 429.1

Руководитель: д.т.н., профессор **Суслов В.А.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ПУЗЫРЬКОВОМ КИПЕЛНИИ В ТРУБАХ

Процесс теплообмена при кипении чрезвычайно широко распространён в технике. Кипение жидкости имеет место в многочисленных выпарных аппаратах, работающих в химической, пищевой, нефтяной, ЦБП и других отраслях промышленности, при генерации пара в паровых котлах и испарителях на электростанциях, в атомных реакторах и во многих других аппаратах современной техники.

Кипение – процесс интенсивного образования пара внутри объема жидкости при температуре насыщения или выше этой температуры.

При пузырьковом кипении паровая фаза образуется в ядре отдельных паровых пузырьков, зарождающихся в определённых местах теплоотдающей поверхности (центрах парообразования).

Каждый цент генерирует паровую фазу с определённой частотой f . Зародившийся у данного центра паровой пузырек в течение некоторого времени растёт в объёме, а затем отрывается от поверхности и всплывает, увлекая за собой некоторое количество жидкости из пристенной области в

основное ядро. Во время своего роста пузырёк, вытесняя жидкость, вызывает её перемещение со скоростью, примерно равной скорости роста радиуса R пузыря dR/dt . После отрыва пузырька освободившееся пространство занимает жидкостью, подтекающей к стенке из основного объёма. Когда эта жидкость прогреется до температуры, господствующей в пристенной области, у данного центра зарождается новый пузырёк.

Таким образом, процесс генерации пара вызывает интенсивный массообмен в кипящей жидкости и дополнительную турбулизацию пристенной области, что в некоторых случаях существенно повышает интенсивность теплообмена.

Особенность этого механизма заключается в том, что от элементов поверхности, тепловой поток отводится в основном с паром паровых пузырей (в форме теплоты испарения), а также в виде избыточной энтальпии перегретой жидкости, выталкиваемой из пристенного слоя паровыми пузырями в период их роста и при отрыве от теплоотдающей поверхности.

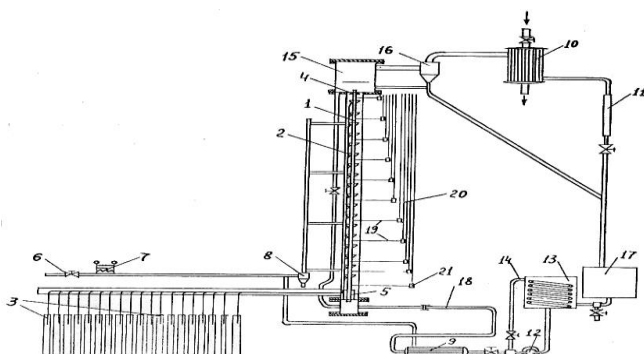


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда для исследования теплообмена при выпаривании отработанных растворов ЦБП

Для получения аналитической зависимости процесса теплоотдачи проводились эксперименты на стендовой установке, представленной на рисунке 1. В качестве рабочего раствора использовался черный сульфатный щелок, полученный от варки хвойных пород древесины. Гидродинамические и теплообменные параметры стенда позволили охватить весь диапазон работы промышленных установок.

Экспериментальный стенд выполнен в соответствии с принципами конструирования подобных установок и состоит из опытного однотрубного испарителя и вспомогательных элементов: подогревателей, конденсатора вторичного пара, мерников конденсата вторичного и греющего паров,

электрообогревателя греющего пара, бакового хозяйства, щелоковой ловушки, регулирующей и запорной арматуры.

Опытный испаритель представляет собой однотрубный вертикальный однопроходной выпарной аппарат, работающий в замкнутом циркуляционном контуре (рис.1). В зависимости от необходимости могла быть осуществлена как естественная так и вынужденная циркуляция раствора. Поверхностью теплообмена служила стальная нержавеющая труба 1 (X18H10T) диаметром $57 \times 3,5$ мм, активная длина которой составляла 7,9 м. Для определения плотности теплового потока по длине кипятильной трубы к ней с шагом 415 мм были приварены стаканы 2 для сбора и отвода конденсата с отдельных участков по высоте трубы.

Каждый стакан соединялся с соответствующим мерником конденсата 3 емкостью 1,2 литра трубопроводом. Для предотвращения вскипания конденсата трубопроводы проложены внутри греющей камеры с выходом в горизонтальную паровую рубашку, под которой были установлены мерники. Последние были выполнены из труб диаметром $57 \times 3,5$ мм и заключены в паровые рубашки диаметром 159 мм. Каждый мерник был оборудован водомерным стеклом для определения количества собирающегося в нем конденсата. В верхнем конце кипятильной трубы прикреплен конус 4 для отвода конденсата, образующегося на торцевой крышке греющей камеры. Нижний участок кипятильной трубы отделен от греющей камеры стаканом 5. Таким образом, в мерники 3 мог попадать конденсат, образующийся только на поверхности кипятильной трубы. Конденсат, образующийся на стенках греющей камеры и мерников, вследствие потерь тепла в окружающую среду, отводился в дренаж.

Греющий пар после дроссельного вентиля 6, электрического нагревателя 7, где нагревался на $10 - 15^{\circ}\text{C}$, и водоотделителя 8 подводился к установке в четырех точках по высоте греющей камеры.

Вторичный пар, полученный от выпаривания растворов, конденсируется в конденсаторе 10 и поступает в мерник 11.

Циркуляция раствора происходит следующим образом. Из питательного бака 13 подогретый раствор шестеренчатым насосом 12 подается в паровой подогреватель 9, где устанавливается необходимая для исследований температура раствора на входе в кипятильную трубу. Часть щелока по линии 14 сразу же возвращается в питательный бак 13. С помощью изменения числа оборотов насоса 12 и соотношения открытия вентилей на питательной и возвратной линиях устанавливался необходимый расход щелока через кипятильную трубу. Из подогревателя 9 щелок поступает на участок стабилизации 18 с установленным на нем дроссельным расходомером. Из участка стабилизации 18 щелок поступает в приемную камеру опытного выпарного аппарата, а затем в его кипятильную трубу. Упаренный щелок, отделенный от выпара в сепараторе 15 и щелоковой ловушке 16, направляется в сборный бак 17. Для создания замкнутой схемы на стенде предусмотрена возможность отвода конденсата вторичного пара

из мерника 11 в сборный бак. После окончания экспериментов установка регулярно промывалась водой.

После проведения определённого количества экспериментов были получены опытные данные для зоны развитого пузырькового кипения. Полученные данные сводятся в таблицу и обрабатываются методом наименьших квадратов с целью выведения аналитической зависимости коэффициента теплоотдачи от основных параметров, а именно:

- плотность теплового потока (q , Вт/м²);
- концентрация (b , кг/м³);
- скорость циркуляции (W_0 , м/с);
- температура раствора ($t_{p-ра}$, °C);
- температурный напор (Δt , °C).

Значимость получения аналитической зависимости вида

$$\alpha = f(q, b, W_0, t_{p-ра}, \Delta t) \rightarrow \alpha = q^m, b^n, W_0^k, t_{p-ра}^z, \Delta t^c$$

высока и актуальна для ЦБП, это связано в большей степени из-за нехватки опытных данных в области развитого пузырькового кипения.

Данная зависимость поможет осуществить автоматизацию сложных технологических процессов на предприятиях ЦБП, что позволит увеличить экономичность производства и уменьшить энергетические затраты.

Список используемой литературы:

1. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании: Учеб. пособие для втузов. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк. 1986. – 448 с.: ил.;
2. Суслов В.А., Повышение эффективности выпаривания отработанных варочных растворов целлюлозного производства: диссертация, СПб, 2006 г.

© Т.Н. Матвеева, 2018

УДК 621

Червинский В.Н., гр. 443

Руководитель: к.т.н., доцент **Короткова Т.Ю.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ

На отопление и горячее водоснабжение расходуется огромное количество органического топлива. Вместе с тем тратить высококачественную электрическую энергию на получение низкопотенциального тепла противоречит здравому смыслу. Низкопотенциальное тепло необходимо получать от возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. В связи с этим особое внимание

привлекают тепловые насосы (ТН), которые за счет незначительного количества первичной энергии позволяют повысить потенциал низкотемпературных источников до требуемого уровня.

Принцип действия ТН базируется на реализации обратного термодинамического цикла. Рабочий агент осуществляет обратный термодинамический цикл, в результате которого обеспечивается непрерывный отвод энергии от холодного источника и передача ее теплоносителю с более высокой температурой за счет подвода внешней энергии к компрессору.

Опыт эксплуатации миллионов ТН в разных странах мира подтверждает, что на сегодняшний день они, без сомнения, являются альтернативной энергозатратным теплогенераторам. В США используется порядка 30 млн. тепловых насосов, в Японии и Германии – 5 млн., в Швейцарии – 1,5 млн. В России установлено порядка 200 ТН. Это объясняется развитием огромной системы централизованного теплоснабжения, а также отсутствием должного внимания к экономии топлива и низкой скоростью внедрения инновационных технологий.

Ветротеплонасосная установка (рис.1) содержит ветродвигатель 1 с вращающимся валом 2, резервуар 3 с теплоаккумулирующей жидкостью 4, преобразователь энергии в виде ТН 5 с замкнутым циркуляционным контуром, в состав которого последовательно включен компрессор 7, соединенный с валом 2 электродвигателя 1, конденсатор 8, помещенный в резервуар 3, регулирующий дроссельный вентиль 9 и испаритель 10, расположенный в земле на глубине ниже температуры его промерзания [1].

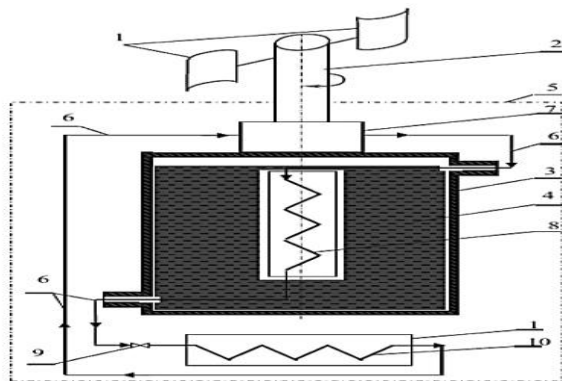


Рис. 1. Ветротеплонасосная установка.

Устройство работает следующим образом. За счет энергии ветра вал 2 ветродвигателя 1 вращается и приводит в действие компрессор 7. В круговом цикле ТН 5 пары хладагента всасываются в компрессор 7, где сжимаются до высокого давления. При сжатии их температура

повышается. Пары перегретого хладагента направляются в конденсатор 8, где происходит изобарный процесс снятия перегрева и дальнейшая конденсация хладагента, при этом нагревается теплоаккумулирующая жидкость в резервуаре 3. Далее жидкий агент поступает в дроссель 9, где его давление снижается при постоянном теплосодержании, и испаритель 10. Цикл замыкается.

Для покрытия больших тепловых нагрузок наиболее рационально использование бивалентной системы, при которой базовую нагрузку несет ТН, а пиковые нагрузки покрываются вспомогательным источником (газовый или электрокотел). Оптимальная мощность ТН составляет 60-70 % от необходимой установленной мощности. В этом случае ТН обеспечивает не менее 90% нужды потребителя в тепловой энергии за весь отопительный сезон [2].

Теплонасосные установки повышают в 1,5÷6 раз эффективность использования ветротепловых установок. При этом ветродвигатель используется только в качестве привода ТН.

Список использованной литературы:

1. Патент 64691 UA, МПК (2011.01) F03D7/06, F24J3/00, F25B29/00. Ветроtepлонасосная установка / В.Я. Жарков.– Заявл. 18.05.2011; Опубл. 10.11.2011. – Бюл. № 21.
2. Мальдонадо, В. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергия: учеб. пособие/Вальехо Мальдонадо, Пабло Рамон.–Москва: РУДН, 2008.

© В.Н. Червинский, 2018.

УДК 51-7

Фёдоров А.И., магистрант гр. 419.2

Руководитель: доцент, д.ф.-м.н. **Кузьмин А.Г.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ

Аэродинамика – наука, изучающая движение воздуха и его физическое влияние на перемещающиеся в нём объекты. Аэродинамика является подразделом гидро- и газодинамики. Исследования в этой области восходят к глубокой древности, ко времени изобретения стрел и планирующих копий, позволявших дальше и точнее посылать их в цель. Однако потенциал аэродинамики полностью был раскрыт с изобретением аппаратов тяжелее воздуха, способных летать, либо планировать на значительные расстояния.

Открытие законов аэродинамики в 20 веке способствовало фантастическому скачку во многих областях науки и техники, особенно в транспортной сфере. На её достижениях созданы современные летательные аппараты, позволившие сделать общедоступным фактически любой уголок планеты Земля.

Актуальность и практический аспект темы аэродинамического моделирования состоит в необходимости повышения экономичности автомобильного транспорта и снижения загрязнения окружающей среды, так как при больших скоростях движения значительная часть мощности двигателя и, соответственно, расхода топлива тратится на преодоление сопротивления воздуха.

Объектом исследования является математическая модель движущегося автомобиля марки FordFocus.

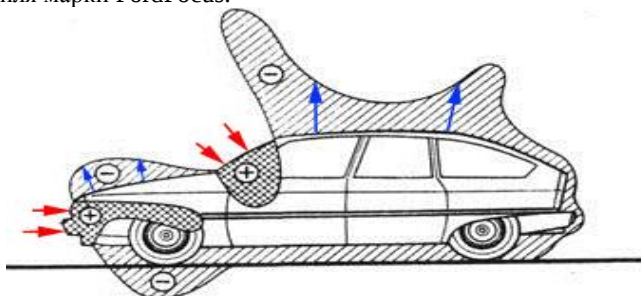


Рисунок 1. Эпюра давления воздуха на контуре движущегося автомобиля

Предметом исследования является эффективность вспомогательных элементов кузова автомобиля для улучшения его аэродинамических характеристик.

На основе построенной модели и выбранных начальных условиях было произведено исследование аэродинамики автомобилей с соответствующими элементами, уменьшающими коэффициент аэродинамического сопротивления, и без них. Так же были проведены расчёты подъёмной силы и силы сопротивления. Построены графики зависимости подъёмной силы и силы сопротивления автомобиля от скорости натекающего потока воздуха.

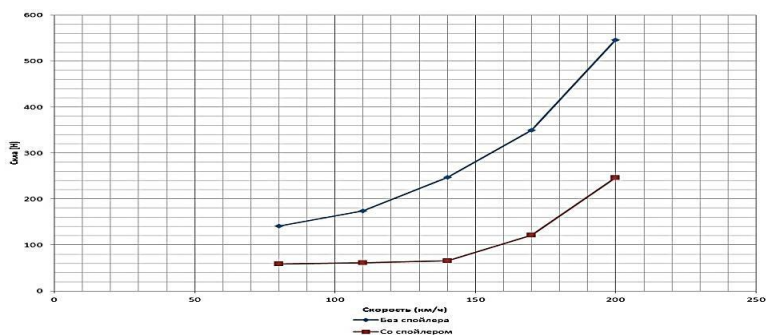


Рисунок 2. График зависимости силы сопротивления от скорости натекающего потока воздуха

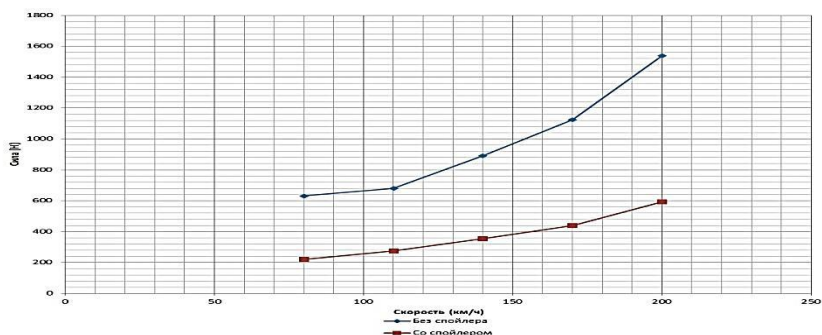


Рисунок 3. *График зависимости подъемной силы от скорости натекающего потока воздуха*

Для проведения моделирования была выбрана узкоспециальная среда Flowsquare. Flowsquare – программное обеспечение, позволяющее моделировать двумерные дозвуковые и сверхзвуковые потоки, а так же течения с химическими превращениями.

Созданная имитационная математическая модель и алгоритм корректны, удобны и легки в использовании, а полученные в ходе работы данные наглядно показали необходимость наличия вспомогательных элементов, таких как антикрылья и спойлеры, для автомобилей при езде на больших скоростях.

Список использованной литературы:

1. Киселёва Н.Н., Платонов А.А. Современные информационные технологии для выполнения экспериментов автомоделирования аэродинамики автомобиля // *Фундаментальные исследования*. – 2015. - №3 – С. 90-94.

© А.И. Фёдоров, 2018

УДК 621.182.3

Цимбал В.Д., магистрант гр. 429.2

Руководитель: доцент, к.т.н. Белоусов В.Н.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ОБЛАСТИ И СХЕМЫ ГОРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ БУРОГО И ТОЩЕГО УГЛЯ КАНСКО-АЧИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

В данной статье рассмотрены кинетические особенности горения частиц твердого топлива Канско-Ачинского угольного бассейна при различных значениях температур в топочной камере и размеров частиц.

При использовании общих положений и данных теории горения с помощью критериев Нуссельта и Семенова были определены области протекания реакций и режимов горения в приведенной пленке. Анализ проводился с твердыми частицами определенного размера.

Были построены графики областей и схем горения для твердых частиц бурых и тощих углей (рис. 1, 2). Исходя из графиков, можно сделать вывод, что в области низких температур и большой крупности угольной пыли наблюдается киническая область горения. Диффузионная область горения будет наблюдаться при высокой температуре в топке и малой крупности угольной пыли. Все остальные частицы находятся между этими зонами, то есть в переходной зоне.

Из анализа расчетов следует, что с увеличением размеров частицы и температуры растет величина диффузионно-кинетических критериев. Это объясняется тем, что с увеличением температуры до $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и размеров частиц схема горения приближается к двойному горящему пограничному слою и диффузионной области горения, где почти весь кислород уходит на догорание СО в приведенной пограничной пленке. То есть углеродную частицу все меньше охватывает поток кислорода, движущийся к ней. Наступает дефицит кислорода. Для полного сгорания частицы необходимо все больше подводить кислорода в этой области, организовать острое дутье, использовать закрутку потока и разделение потоков на отдельные струи. Что касается кинетической области, то в этом случае частицы малого размера и при небольшой температуре горения находятся в режиме негорящего пограничного слоя. Это говорит о том, что в этой зоне протекают только диффузионные процессы и СО сгорает в газовом потоке, не влияя на распределение концентраций кислорода и углекислого газа. Улучшить качество горения можно только путем увеличения температуры.

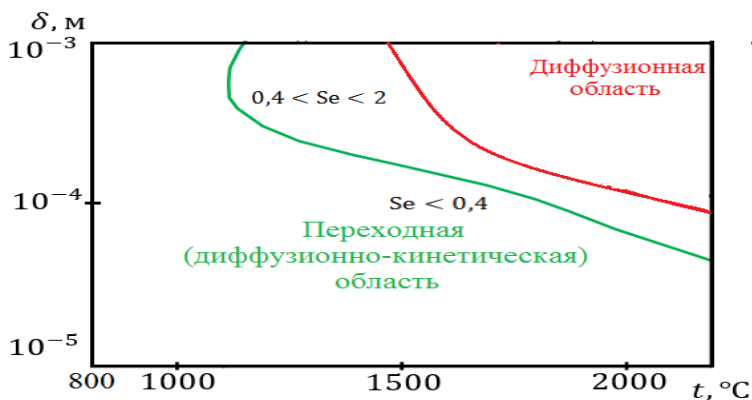


Рисунок 1. Области и схемы горения углеродных частиц бурого угля

Сравнивая области и схемы горения бурого и тощего угля видно, что на графике точки расположены практически в одних и тех же областях, и схемах горения. Важно отметить, что при самом маленьком размере частицы и температуре горения 800 °С у тощего угля появляется точка в кинетической области, в то время как у бурого угля это переходная зона. При сгорании углеродной частицы бурого угля диффузионная область начинается при температуре в топке 1600 °С, а у тощего угля при температуре 1800 °С. Это следует из того, что у бурого угля ниже энергия активации, чем у тощего угля. Бурый уголь легче воспламенить из-за высокого выхода летучих веществ, при этом плотность тощего угля выше.

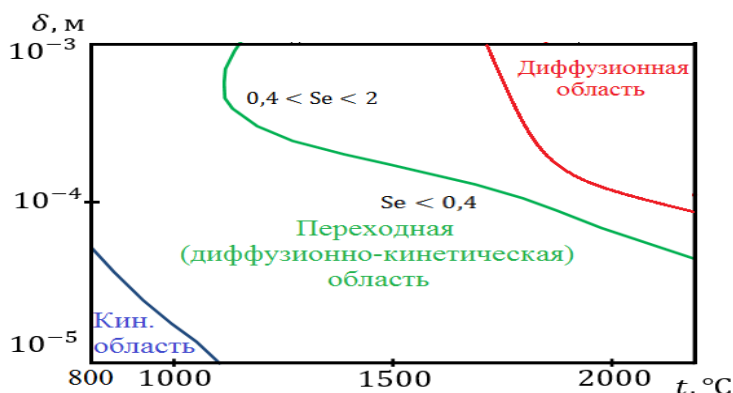


Рисунок 2. Области и схемы горения углеродных частиц тощего угля

Таким образом, если определить области и схемы горения твердого топлива и найти закономерности процесса горения, то в дальнейшем можно наиболее эффективно организовывать сжигание различного топлива, целесообразно выбрать той или иной способ сжигания и разработать более новые методы сжигания твердого топлива.

Список использованной литературы:

1. Акмен Р.Г. Топливо, основы теории горения и топочные устройства: текст лекций. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005.
2. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч.II. Теория горения: учебное пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2011.
3. Померанцев В.В. и др. Основы практической теории горения: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Л.: Энергия, 1973.

© В.Д. Цимбал, 2018

МЕХАНИЗМ КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА ВТОРОГО РОДА ПРИ ВЫПАРИВАНИИ С ВОСХОДЯЩЕЙ ПЛЕНКОЙ ПЕННЫХ РАСТВОРОВ В ВЫПАРНЫХ АППАРАТАХ ЦБП

Представлены результаты исследования теплообмена при кипении сульфатного черного щелока и водного предгидролизата

В соответствии с поставленной задачей исследования теплообмена при выпаривании отработанных растворов ЦБП была спроектирована и смонтирована исследовательская установка, основной рабочей частью которой являлась кипяtilльная труба натуральных по отношению к выпарному аппарату размеров. Гидродинамические и теплообменные параметры стенда позволяли охватить весь диапазон работы промышленных установок. В качестве рабочих растворов использовались вода, черный сульфатный щелок, полученный от варки хвойных пород древесины и водный предгидролизат.

Экспериментальный стенд [1] состоит из опытного однотрубного испарителя и вспомогательных элементов: подогревателей, конденсатора вторичного пара, мерников конденсата вторичного и греющего паров, электрообогревателя греющего пара, бакового хозяйства, щелочевой ловушки, регулирующей и запорной арматуры.

Опытный испаритель представляет собой однотрубный вертикальный однопроходной выпарной аппарат, работающий в замкнутом циркуляционном контуре (рис. 1). В зависимости от задач осуществлялась как естественная так и вынужденная циркуляция раствора. Поверхностью теплообмена служила стальная нержавеющая труба 1 (X18H10T) диаметром $57 \times 3,5$ мм, активная длина которой составляла 7,9 м. Для определения плотности теплового потока по длине кипяtilльной трубы к ней с шагом 415 мм были приварены стаканы 2 для сбора и отвода конденсата с отдельных участков по высоте трубы. Каждый стакан соединялся с соответствующим мерником конденсата 3 емкостью 1,2 литра трубопроводом. Для предотвращения вскипания конденсата трубопроводы проложены внутри греющей камеры с выходом в горизонтальную паровую рубашку, под которой были установлены мерники. Последние были выполнены из труб диаметром $57 \times 3,5$ мм и заключены в паровые рубашки диаметром 159 мм. Каждый мерник был оборудован водомерным стеклом для определения количества собирающегося в нем конденсата. В верхнем конце кипяtilльной трубы прикреплен конус 4 для отвода конденсата, образующегося на торцевой крышке греющей камеры.

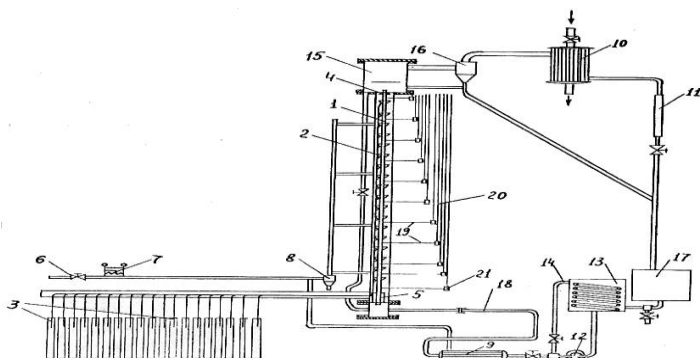


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда для исследования теплообмена при выпаривании отработанных растворов ЦБП

Нижний участок кипятильной трубы отделен от греющей камеры стаканом 5. Таким образом, в мерники 3 попадал конденсат, образующийся только на поверхности кипятильной трубы. Конденсат, образующийся на стенках греющей камеры и мерников, вследствие потерь тепла в окружающую среду, отводился в дренаж.

Греющий пар после дроссельного вентиля 6, электрического нагревателя 7, где перегревался на $10 - 15^{\circ}\text{C}$, и водоотделителя 8 подводился к установке в четырех точках по высоте греющей камеры.

Вторичный пар, полученный от выпаривания растворов, конденсировался в конденсаторе 10 и поступал в мерник 11.

Циркуляция раствора осуществлялась следующим образом. Из питательного бака 13 подогретый раствор шестеренчатым насосом 12 подавался в паровой подогреватель 9, где устанавливалась необходимая для исследований температура раствора на входе в кипятильную трубу. Часть щелока по линии 14 сразу же возвращалась в питательный бак 13. С помощью изменения числа оборотов насоса 12 и соотношения открытия вентилей на питательной и возвратной линиях устанавливался необходимый расход щелока через кипятильную трубу. Из подогревателя 9 щелок поступал на участок стабилизации 18 с установленным на нем расходомером. Из участка стабилизации 18 щелок поступал в приемную камеру опытного выпарного аппарата, а затем в его кипятильную трубу. Упаренный щелок, отделенный от выпара в сепараторе 15 и щелоковой ловушке 16, направлялся в сборный бак 17. Для создания замкнутой схемы на стенде предусмотрена возможность отвода конденсата вторичного пара из мерника 11 в сборный бак. После окончания экспериментов установка регулярно промывалась водой.

Из приведенного в работе [1] материала следует, что с изменением паросодержания изменяется механизм кризиса теплоотдачи. При отрицательных значениях паросодержаний кризис теплоотдачи возникал в

результате нарушения гидродинамической устойчивости потоков пара, движущегося от стенки, и встречного потока жидкости. При малых отрицательных и положительных значениях X наблюдалось высыхание пленки раствора. Кризисы резко усиливали накопобразование в трубах выпарных аппаратов. Эти два кризиса называли кризисами первого и второго рода соответственно.

Как видно из рис. 2 в диапазоне граничных паросодержаний $x = 0 - 0,05$ происходит существенное снижение критической плотности теплового потока. Резкое снижение $q_{кр}$ при достижении $X_{кр}$ обусловлено снижением интенсивности обмена жидкостью между пленкой и ядром потока, что объясняется двумя причинами.

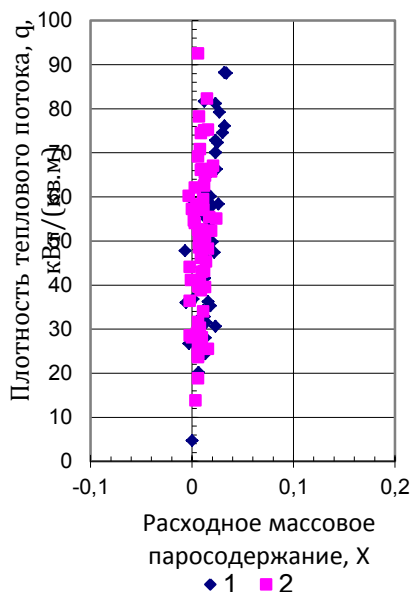


Рисунок 2. Зависимость плотности теплового потока от расходного паросодержания в начале ухудшения теплоотдачи при кипении черного сульфатного щелока и водного предгидролизата: $\rho_w \approx 50 \text{ кг/(м}^3\text{с)}$; 1 – $B < 30 \text{ \% а.с.в.}$; 2 – $B > 30 \text{ \% а.с.в.}$

Первая заключается в том, что с ростом паросодержания уменьшается толщина пристенной пленки, вследствие этого ослабевает волновое движение и прекращается унос жидкой фазы с гребней волн. Подтверждением этого явления может являться кризис сопротивления $X_{др}$, связанный с прекращением волнового движения на поверхности пленки. Для воды $X_{др} = 0,04 - 0,12$. Интенсивность срыва капель с такой поверхности ослабевает, особенно в условиях пенного потока. Толщина

микропенки с увеличением паросодержания непрерывно уменьшается за счет испарения влаги с ее поверхности. При этом капли влаги, находящиеся в ядре потока не орошают микропенку.

Второй причиной является уменьшение притока жидкости к пленке в виде капель вследствие уменьшения их размеров с ростом паросодержания: движущиеся капли из ядра потока к обогреваемой стенке трубы легко отбрасываются обратно в центр встречным потоком пара. Вследствие этого обмен жидкостью между ядром потока и пристенной пленкой прекращается. Количество влаги на стенке непрерывно уменьшается. Кризис теплообмена наступает при полном высыхании пристенной пленки (рис. 3) и сопровождается интенсивным накипеобразованием.

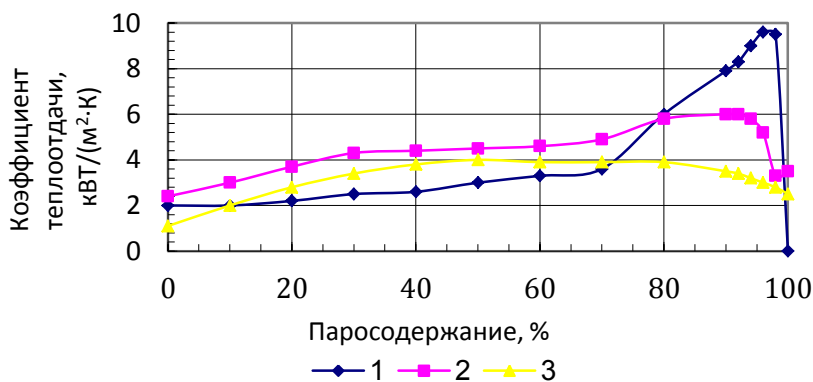


Рисунок 3. Изменение интенсивности теплоотдачи в зависимости от паросодержания пароцелочковой смеси при $K_w = q/(r\rho''w_0) = 0,7$

На основании уравнения теплового баланса можно показать взаимосвязь между плотностью теплового потока, подводимого к стенке кипятильной трубы q_w и количеством теплоты, необходимым для испарения жидкости, текущей в пленке по стенке $Q_{исп}$: $q\pi Ld = Q_{исп} = G_{пл}r$, (1)

где $G_{пл}$ – расход жидкости в пленке в сечении наступления кризиса сопротивления; L – длина участка трубы, на котором происходит высыхание пленки; D – диаметр трубы; r – теплота парообразования.

С помощью уравнения (1) можно найти паросодержание потока, при котором пристенная пленка высыхает: $X_{сп0} = X_{дp} + q\pi Ld/(rG_{пл})$. (2)

Так как $X_{дp}$ и расход раствора в пленке практически не зависят от плотности теплового потока к стенке, то и $X_{сп0}$ также независим от q_w . Высыхание пленки происходит при одном и том же $X_{сп0}$, но в зависимости от величины плотности теплового потока, согласно уравнению (2), на большем или меньшем расстоянии L от сечения начала кризиса сопротивления $X_{дp}$.

С понижением давления ухудшаются условия обмена между пленкой жидкости и ядром потока. Поэтому в вакуумных аппаратах, выпаривающих щелока слабой концентрации, кризис проходит более резко.

Из рассмотрения сил, стремящихся разрушить пленку и ее сохранить, в ВТИ получен комплекс $\tau\delta/\sigma$, где τ – касательное напряжение, разрушающее пленку, σ – коэффициент поверхностного натяжения, δ – толщина пленки, σ/δ – сохраняющая пленку сила. Комплекс эквивалентен отношению чисел $We = \rho'' w''^2 \delta / \sigma$ и $Re = w_{пл} \delta / \nu$. Из этого отношения была предложена расчетная формула для определения x_{zp}^o [2]:

$$(x_{zp}^o)^2 \rho w \frac{\nu \sqrt{\rho' / \rho''}}{\sigma \left(1 - \frac{\rho'}{\rho''}\right)} = K_2, \quad (3)$$

где коэффициент для воды $K_2 = 0,0155$.

По (3) нами была произведена обработка опытных данных полученных в процессе выпаривания черного сульфатного щелока и представленных в работе [1]. Определен коэффициент $K_2 = 0,00002$ для пенных растворов ЦБП. Графическая интерпретация уравнения (2) представлена на рис. 4.

Существенное снижение критической плотности теплового потока, как следует из рис. 2, происходит в очень небольшом диапазоне изменения X . Поэтому область безнакипной работы аппаратов следует определять не только по тепловым потокам $q < q_{кр}$, но и значениями паросодержаний: предельным влагосодержанием, и граничным паросодержанием X_{zp} (рис. 4).

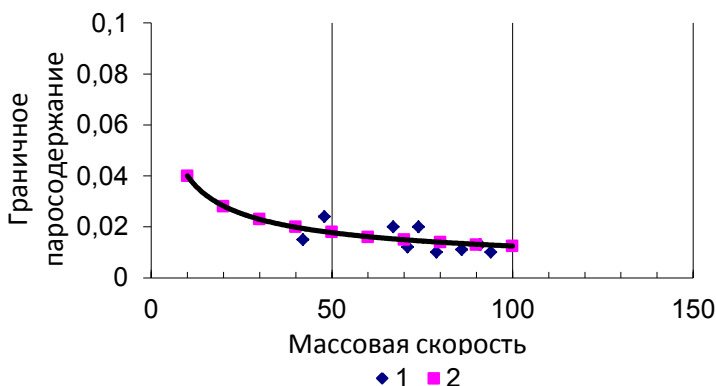


Рисунок 4. Зависимость $x_{zp}^o = f(\rho w)$: 1 – данные по кризисному кипению сульфатных щелоков и водного предгидролизата; 2 – расчет по уравнению(3).

Список использованной литературы

1. Суслов В.А. Повышение эффективности выпаривания отработанных варочных растворов целлюлозного производства. Автореф. дис. докт. техн. наук. Санкт-Петербург, ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2006.
2. Доманский И. В., Соколов В. Н. Определение режимов устойчивой работы выпарных аппаратов с падающей пленкой // ЖПХ. 1967. Т. 40, выл. 2. с. 365-370.

© В.А. Суслов, 2018

УДК 519.95

Большакова К.И., гр. 441

Руководитель: к.т.н., доцент **Короткова Т.Ю.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ОСОБЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Задача алгоритмизации и оптимизации современных сложных систем является сложной научной и технической проблемой, строго говоря, теоретически не решенной в настоящее время.

Обычно для любой сложной системы формируется задача оптимального управления. Задача оптимального управления может решаться двумя способами.

С применением адаптивных алгоритмов оптимизации, когда на объекте осуществляется непрерывный поиск наилучших условий функционирования сложной системы (оптимального режима). К адаптивным методам оптимизации могут быть отнесены такие как метод эволюционного планирования эксперимента, симплексный метод, метод случайного поиска и т. п. Преимуществом подобных алгоритмов является их способность отслеживать дрейф экстремума целевой функции в условиях изменяющейся внешней среды. Кроме того, эти методы требуют минимальной априорной информации о сложной системе, в частности, для их применения не нужно знать математическую модель. Недостатком этих методов являются: а) их сравнительная чувствительность к случайным помехам; б) невозможность использовать обычно имеющуюся информацию о контролируемых возмущениях; в) сложность учета функциональных и позиционных ограничений.

Указанные недостатки в последнее время обусловили растущий интерес к методам и алгоритмам оптимизации, основанным на построенной по экспериментальным данным математической модели объекта, хотя ее построение, как правило, является сложной исследовательской задачей.

Однако математическая модель, будучи построенной, позволяет использовать широкий спектр хорошо разработанных методов оптимизации, лишенных многих недостатков адаптивных алгоритмов.

При решении задачи оптимизации с использованием модели объекта исследователю необходимо решать три взаимосвязанные задачи: оптимальное планирование эксперимента, т.е. определение числа опытов, моментов измерений и необходимых комбинаций управляемых переменных, наилучших в смысле принятого критерия оптимальности планирования; построения наилучшей в некотором смысле математической модели объекта; решение поставленной задачи оптимизации с использованием найденной модели.

Как уже отмечалось, все три задачи являются взаимосвязанными. Действительно, строго говоря, необходимо иметь такой план и такую модель, которые бы обеспечивали наилучшее решение конечной задачи оптимизации, (наибольший выигрыш эффективности, наибольшую мощность оптимального решения и т. п.). Последнее может быть обеспечено, если планирование эксперимента и нахождение модели проводить по единому критерию, связанному с решением задачи оптимизации.

В связи со сложностью указанной задачи, модель объекта ищут в классе линейно параметризованных моделей. В этом случае нахождение модели сводится к нахождению неизвестных коэффициентов.

Решение задачи оптимального планирования эксперимента с целью построения модели из-за наличия контролируемых возмущений связано с определенными трудностями. Имеются многочисленные теоретические и прикладные результаты по планированию «активного» эксперимента, когда все переменные являются управляемыми. Имеются также достаточно много работ, связанных с анализом и обработкой данных «пассивного» эксперимента, когда все переменные являются неуправляемыми. И практически отсутствуют работы по планированию «активно-пассивного» эксперимента, когда имеются две группы входных переменных – управляемые и неуправляемые.

Вместе с тем именно эта промежуточная между «активным» и «пассивным» случаями ситуация чаще всего и имеет место на практике.

Основной специфичной особенностью такого эксперимента является необходимость введения понятия условного оптимального плана когда ищется план по управляемым переменным при условии, что неуправляемые переменные принимают некоторые фиксированные значения.

На практике точное математическое описание объекта обычно неизвестно исследователю, кроме того, технологические процессы подвержены действию различного рода случайных возмущений и помех.

Эти обстоятельства приводят к необходимости решать задачу оптимизации в условиях неопределенности относительно истинных

коэффициентов и значений выходных показателей при фиксированном векторе управляемых переменных.

Как правило, рассматриваются схемы оптимизационного исследования сложной системы в условиях стохастической, статистической и интервальной формах неопределенностей.

При проектировании различных технических объектов, проведении экономических исследований и расчетов, при управлении техническими и экономическими системами возникает проблема поиска наилучших в некотором смысле, т.е. оптимальных решений.

© К.И. Большакова, 2018

УДК 678

к.т.н., доцент **Сколяров Я.Н.,**

Зеленский С.И., аспирант гр. 410-13

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПЕРЕДВИЖНОЙ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Одной из актуальных проблем стоящих перед Российской Федерацией является решением вопросов с твердыми бытовыми отходами (ТБО). Общее количество мусора на территории России, по данным крупнейшего участника рынка ТБО госкорпорации “Ростехнологии”, скопилось свыше 31млрд тонн неутилизированных отходов. Ежегодно их количество увеличивается на 60 млн тонн.

По данным информационных агентств, в нашей стране насчитывают порядка 50тыс. свалок, из них более 2800 находятся на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Морфологический состав твердых бытовых отходов: органические отходы, кожа, резина, текстиль, стекло, древесина, металлы, пластик и полиэтилен, бумага, картон, отсев – фракции менее 16мм и прочее.

В зависимости от процентного содержания в общей массе отходов можно выделить несколько типов, которые занимают лидирующие позиции по своему количеству:

- 1) Органические отходы - 26%
- 2) Макулатура (включая бумагу и картон) – 16%
- 3) Полимерные отходы (пластик и полиэтилен) – 11%
- 4) Стекло – 11%
- 5) Отсев - 9%

Стоит так же отметить, что по мимо основных ТБО и ТКО, существуют так называемые строительные отходы имеющие класс опасности 3. Отходы химической промышленности имеющие класс опасности 2. Наибольший вред окружающей среде наносят не санкционированные свалки.

Для борьбы с не санкционированными свалками предлагается – передвижная мобильная установка для утилизации твердых бытовых отходов.

Передвижная мобильная установка для утилизации ТБО предназначена не только для утилизации, но и в различных ее вариациях (компоновках) возможно производство электрической и тепловой энергии. Ниже рассматривается установка с производством тепловой энергии для потребителя. Установка состоит из двух основных частей. Первая часть это система топлива приготовления, в которой происходит сортировка не сжигаемых компонентов и удаление их из общего потока ТБО. Вторая часть это сжигание отходов в котле с колосниковой решеткой и производства тепловой энергии. Мобильность установки позволяет ей работать в широком диапазоне, не переживая за места размещения мусорных свалок. Установка может работать с отходами круглый год не переживая за температуру наружного воздуха. Преимущество передвижной мобильной установки перед мусоросжигающими заводами заключается в том, что не требуется перевозить отходы, установка сама приезжает на место предполагаемой работы. Так же отсутствие привязанности к одному району, установка после обезвреживания всех свалок может переходить к следующему, не увеличивая при этом затраты на собственные нужды. Перед началом работы установки свалку необходимо проанализировать. Определить морфологический состав ТБО, определить процентное содержание предполагаемого сжигаемого топлива и место сбыта производимой продукции, кто будет потребителем и возможно ли осуществить данную операцию. Так же установка имеет самое главное ограничение, это ограничение по габаритам транспортного средства. Размер установки будет зависеть в первую очередь допускаемыми размерами транспортного средства, которые разрешены в РФ, потому что передвижение установки будет осуществляться по автодорогам.

В состав установки входит:

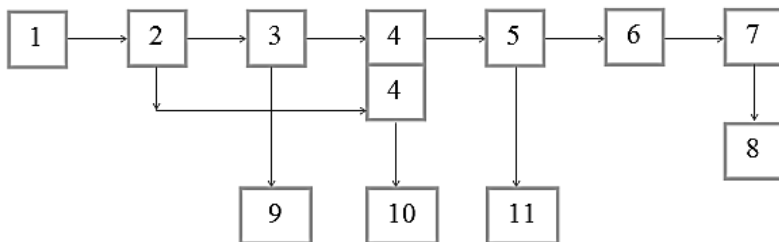
- Авто машина для транспортировки контейнера с оборудованием.
- Контейнер с основным оборудованием для работы с ТБО.

В состав оборудования входит:

- Разрыватель пакетов.
- Сепаратор.
- Устройство для пневмомеханической сортировки пластика.
- Метало уловитель.
- Стекло уловитель.
- Шрёдер.
- Промежуточный бункер.
- Топка с наклонной подвижной колосниковой решеткой.
- Дизель генераторы.
- КИП
- Средства автоматической защиты оборудования

- Ленточные транспортеры.
- пресс для пластика.
- Сборники отсортированного мусора и золы.
- Погрузчики мусора.

На рисунке 1 показана технологическая схема процесса сортировки отходов и их дальнейшего уничтожения в топке котельного агрегата.



*Рисунок 1. Технологическая схема передвижной мобильной установки.
 где 1 - Разрыватель пакетов; 2 – Сепаратор; 3 - Оптика механическая
 сортировка; 4 – Металлоуловитель; 5 – Стеклоуловитель; 6 – Шрёдер;
 7 – Бункер; 8 – Котел; 9 - Сборник для пластиковых отходов; 10 - Сборник
 для черного и цветного металла; 11 - Сборник для стеклотары.*

Принцип действия передвижной мобильной установки:

Специальным погрузчиком, ТБО погружаются в разрыватель пакетов 1. За счет движения валов, в противоположных направлениях пакетируемые отходы попадают в межвальное пространство и за счет установленных на валах режущих ножей происходит вскрытие пакетов без нанесения вреда содержимому. Далее отходы равномерно распределяются по всему сечению транспортной ленты и попадают на валковый сепаратор 2. На сепараторе установлено заданное поступательное движение рабочей поверхности, а именно валков сепаратора, что позволяет равномерно и с высокой эффективностью отделить слипшиеся отходы друг от друга, а заданный размер рабочей поверхности сепаратора, позволяет удалять из общего потока ТКО (твердо коммунальные отходы) требуемый размер фракции. Эту фракцию называют отсевом. Она имеет размер не более 20 мм. Отсев состоит из пищевых отходов и мелко фракционного состава. Удалив из потока мелкую фракцию, ТКО подают в оптика механическую сортировку 3. Устройство предназначено для удаления из общего потока пластиковых изделий. После удаления, пластиковые отходы поступают в специальный сборник, где прессуется и складывается вне установки. Оставшиеся фракции в общем потоке продолжают свое движение и попадают в металлоуловитель 4. Удаление черного и цветного металла происходит за счет, установленного металлоуловителя над потоком и создаваемое магнитное поле устройства вытягивает из потока все металлические

изделия. Так же в металлоуловитель подводится отсев, после сепаратора, так как, там может содержаться большое количество металла, и экономические целесообразно проверять и удалять металл из этой фракции. После улавливания всего металла из потока ТКО, металл поступает в метало сборник и складывается вне установки. После металлоуловителя остается удалить последнюю фракцию - стекло. Стекло удаляется в устройстве под названием стеклоуловитель 5 и поступает в сборник стекла. Оставшиеся фракции бумага, картон и текстиль поступают на размельчение в шредер 6. В шредере происходит размельчение до нужного размера, после чего топливо отправляют в промежуточный бункер 7. В процессе сжигания отходов в котле 8 на колосниковой решетке в топочной камере котла, дымовые газы будут обогревать поверхности нагрева, в которых будет находиться теплоноситель. Далее, через систему гибкой связи, теплоноситель будет поставляться потребителю.

Общий вид установки представлен на рисунке 2.

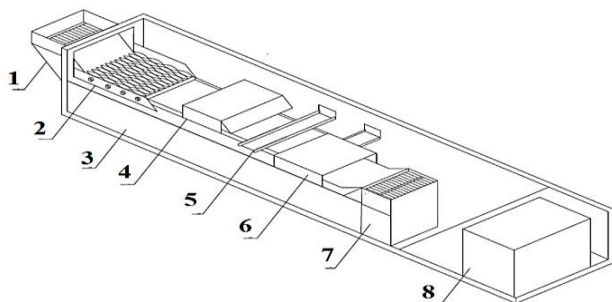


Рисунок 2. Передвижная мобильная установка для утилизации ТБО.

где: 1 - Разрыватель пакетов; 2 – Сепаратор; 3 - Место установки котельного агрегата; 4 - Оптико механическая сортировка;

5 – Металоуловитель; 6 – Стеклоуловитель; 7 - Шредер с промбункером; 8 - Блочный щит управления.

При проведении расчетов было установлено, что установка способна перерабатывать до 44 тыс. тонн отходов в год при работе по 12 часов в смену. Максимальная тепловая нагрузка установки 5.4 Гкал/ч. КПД брутто котельного агрегата 87%. Капитальные вложения 100 млн. рублей. Срок окупаемости 1.5 года.

Вывод: 1) Предлагаемая к внедрению установка позволяет приступить к решению проблемы не санкционированных свалок. 2) Необходимо в практических условиях опробовать установку, после чего возможно будет приступить к серийному производству.

Список используемой литературы:

1. Зеленский С.И. Магистерская работа на тему: «Обоснование и разработка передвижной мобильной установки для утилизации твердых бытовых отходов». 2018г

2. Семенов В.Н. Современный комплекс для переработки бытовых и промышленных отходов // Технология машиностроения, 2005, № 1.

3. Марьин В.К., Кузнецов Ю.С., Белоусов В.В., Калашников Д.В. Технологические основы переработки отходов: Учебное пособие. – Пенза: ПГУАС, 2004. – 204с.

© С.И. Зеленский, 2018

УДК 330.15

к.э.н., доцент каф. ЭОП **Трейман М.Г.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ БИОТОПЛИВА НА КОТЕЛЬНЫХ И ТЭЦ

Наиболее актуальным вопросом на сегодняшний день в плане использования источников энергии и повышения энергоэффективности производственной деятельности котельных и ТЭЦ является использование энергии биотоплива.

Биотопливо – это топливный ресурс, образованный из материалов растительного и животного происхождения.

К основным видам биотоплива относятся: дрова и кусковые отходы, травянистая растительность, брикеты и пилеты, фрезерный торф и др.

Для проведения сравнения на рис.1. приведены стоимостные характеристики топливных ресурсов относящихся к традиционным видам топлива.

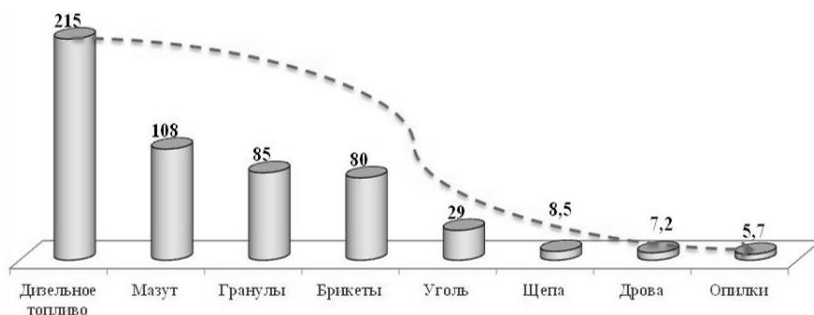


Рисунок 1. Стоимость t топливных ресурсов, евро на t или m^3

Согласно данным графика видно, что наиболее дорогостоящими видами топлива являются «традиционные» топливные ресурсы, а энергия биомассы, наоборот, является дешевым и экологически чистым видом топлива.

Помимо этого, в перспективном плане развития энергетической отрасли до 2020 года планируется ввести в действие 50 биогазовых электростанций

в 27 регионах Российской Федерации. Стоимость проектов лежит в диапазоне значений от 5,8 – 75,8 млрд руб.

Еще одним перспективным видом использования биотоплива является применение на мини-ТЭЦ подстильного помета птицефабрик. Сжигание 1 тонны помета позволяет заменить 270 м³ газа, отметим также что данный подход решает и экологическую проблему: подстильный помет является отходом 3 класса опасности и образуется в огромных количествах (свыше 7 млн тонн). Данный опыт был опробован на мини-ТЭЦ агрохолдинга «Воронежская индейка».

В результате единственным отходом производственной деятельности стали дымовые газы от сжигания биотоплива, себестоимость производства электроэнергии составила 0,9 руб./кВт·ч. Применение биотоплива в технологическом процессе в результате снизит себестоимость продукции в среднем на 15%, помимо этого минимизировано негативное воздействие на окружающую природную среду за счет отсутствия отходов и необходимости их размещения на полигонах.

К положительным моментам использования биотоплива в практике энергетических предприятий относятся: возобновляемый характер, низкая себестоимость и стоимость образующейся тепловой энергии, побочные продукты могут быть использованы в качестве удобрений, улучшение общей экологической обстановке на локальном и региональном уровне.

Таким образом, использования энергии биотоплива является перспективным направлением развития теплоэнергетических отраслей в Российской Федерации, поскольку данное направление экономически выгодно предприятиям и оказывает минимизированное воздействие на окружающую природную среду.

© М.Г. Треймман, 2018

УДК 676

старший научный сотрудник **Тимофеев О.Н.**
*Государственный технический
научно-исследовательский центр, Финляндия*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАЛИПАНИЯ КАРТОНА К ГОРЯЧЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Налипание (адгезия) влажного полотна к сушильным цилиндрам, а также выщипывание волокон, отложение загрязнений на поверхности цилиндров и разрывы полотна в начале сушильной секции являются распространенными проблемами на картоноделательных машинах. Отложения создают изолирующий слой на поверхности сушильного цилиндра, что уменьшает скорость передачи теплоты от поверхности цилиндра к бумаге и, как следствие, уменьшает общую производительность сушильной установки. Для уменьшения загрязнения обычно несколько

первых цилиндров нагреваются паром низкого давления. Различные покрытия поверхности цилиндра (с тефлоном, хромированием и т. д.) также используются для уменьшения загрязнения (Piltonen 2012, Urbanski 1990), однако они не способны предотвратить все проблемы. Нанесение химических веществ непосредственно на поверхность цилиндра может уменьшить налипание волокон (Thomas 2002).

Композиционный состав, используемый для изготовления картона, обычно включает большую часть вторично используемых волокон, различные воски, наполнители, связующие вещества, клеи и другие компоненты, которые во влажном состоянии обладают высокой способностью прилипания к поверхности металла и друг к другу. Лигнин и гемицеллюлозы в первичных волокнах при высокой влажности и определенном уровне температуры также обладают высокой адгезионной способностью.

Meinecke и др. (1988) провели качественное исследование выщипывания волокон из влажного полотна на пилотном цилиндре и пришли к выводу, что для сведения к минимуму этой проблемы необходимо значительное снижение или повышение температуры цилиндра. Arens (2005), Fike (2006) использовали загрязненные металлические купоны для изучения проблемы выщипывания волокон из полотна и их налипания на нагретую поверхность. Эти результаты показывают, что при температуре пластины 150°C выщипывание волокон было значительно ниже. Pikulik и др. (1993) изучали адгезию влажного полотна к горячему металлическому валу и обнаружили, что адгезия увеличивается с температурой до 100°C, а затем снижается примерно до 140°C и снова начинает повышаться при более высоких температурах.

В данных исследованиях демонстрируется влияние температуры поверхности цилиндра на прилипание влажного картона к поверхности горячего чугуна в статических и динамических условиях. Сила адгезии измерялась в интервале температур греющей поверхности от 70 до 140°C. Измерялось и моделировалось повышение температуры бумаги в течение короткого времени контакта с горячей поверхностью цилиндра.

Максимальная сила адгезии как в статических, так и в динамических условиях наблюдалась при температуре горячей поверхности от 100 до 120°C. Одним из объяснений является то, что площадь контакта между влажным бумажным листом и металлической поверхностью увеличивается с увеличением температуры волокон и воды. Мягкость влажных волокон увеличивается, и вязкость воды уменьшается с повышением температуры. Оба явления делают влажный лист более пластичным, что улучшает его контакт с поверхностью цилиндра под давлением со стороны сушильной сетки. Измерения проведенные на сушильном цилиндре показали что температура бумаги не достигает точки кипения вследствие интенсивного испарения и короткого времени контакта. Увеличенная площадь контакта и наличие тонкой жидкой пленки увеличивает адгезионную силу при этих

температурах поверхности цилиндра. При более высокой температуре цилиндра температура стенки и воды в конце времени контакта приближается к 100°C. Вода начинает испаряться намного быстрее, она может кипеть, и слой пара может быть сформирован между листом и горячей поверхностью. В этих условиях между волокнами и поверхностью цилиндра отсутствует тонкая водяная пленка, ее замещает паровая прослойка которая отталкивает бумажное полотно от горячей поверхности.

Чтобы уменьшить или совсем исключить налипание волокон к поверхности сушильных цилиндров температура их поверхности должна быть не ниже 140°C. Использование в начале сушки цилиндров нагретых до высокой температуры позволит также повысить производительность сушилки в целом.

© О.Н. Тимофеев, 2018

УДК 620.9

ассистент кафедры ТСУиТД Липатов М.С.
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РАЗВИТИЕ КОГЕНЕРАЦИИ НА БАЗЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОТЕЛЬНЫХ

В последнее время наблюдается увеличение спроса на электроэнергию и соответствующий ему рост нагрузки по Единой энергетической системе (рис.1). Существующий темп прироста потребления электроэнергии обусловлен, в первую очередь, развитием промышленного производства, а также ростом жилищно-бытовой нагрузки крупных населенных пунктов.

В мире существует нескончаемая потребность в электроэнергии

Потребление электричества в мире
в млрд. кВт·ч

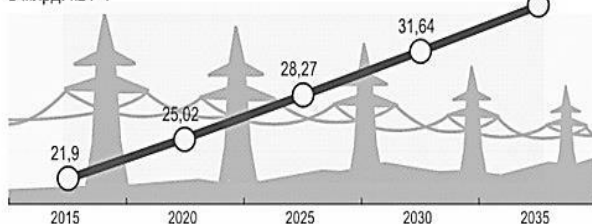


Рисунок 1. Прогноз спроса на электрическую энергию

Темпы ввода новых генерирующих мощностей и строительство электросетей начинают отставать от темпов роста нагрузки, что зачастую приводит к увеличению перегота мощности по электрическим сетям и перегрузке электрооборудования и росту аварийных отключений.

Актуальными остаются проблемы с потерями электроэнергии при передаче на большие расстояния (потери в трансформаторах и линиях электропередачи). При этом наиболее существенными являются потери в проводах ЛЭП, большая часть которых приходится на распределительные сети, причем с ростом токовой нагрузки потери растут. Так же достаточно высока степень износа оборудования существующих электрических станций и сетей, что дополнительно приводит к значительному снижению надежности электроснабжения потребителей, при этом стоит отметить постоянный рост тарифов на электроэнергию.

При организации теплоснабжения потребителей не менее важный вопрос – тепловые потери в трубо- и паропроводах, которые зависят от множества факторов. Первый из них – это протяженность теплотрассы от ТЭЦ к потребителю и тепловые потери на единицу длины. Следующий важный фактор – это теплоизоляция труб, от которой зависит не только тепловые потери в теплотрассах, но и срок их надежной эксплуатации. Потери так же зависят от способа прокладки труб, которые могут прокладываться надземно, подземно в специальных каналах и бесканально. В настоящее время наблюдается значительный рост аварий на городских теплотрассах с потерей подачи горячей воды и отопления в жилые массивы. Главная причина аварий – срок эксплуатации существующих теплопроводных систем (от 40 до 50 лет). В частности наблюдается повышенная коррозия труб и нарушения тепловой изоляции.

Для решения вышеуказанных проблем необходимо использовать децентрализованное обеспечение потребителей тепловой и электрической энергией посредством применения когенерационных установок. В современных условиях использование когенерации уже получило широкое распространение в промышленности, так например, крупные предприятия прибегают к строительству мини-ТЭЦ различных мощностей на базе когенерационных установок. Одно из определяющих условий развития когенерации – её энергоэффективность, так как электроэнергия и тепло потребляются сразу, что значительно уменьшает потери на передачу.

Реализация децентрализованного подхода осуществляется по средствам создания мини- и микро-ТЭЦ на базе газотурбинных и паротурбинных установок, газопоршневых агрегатов, что позволяет не только повысить надежность энергоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, но и обеспечить более эффективное использование топлива за счет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии.

Вышеуказанные проблемы при организации тепло- и электроснабжения потребителей, а также экономические аспекты способствуют росту интеграции объектов распределительной генерации, в том числе когенерационных установок на промышленных предприятиях. В секторе ЖКХ темпы реализации мини-ТЭЦ на базе когенерационных установок несколько ниже, чем в промышленности, что обусловлено необходимостью привлечения больших заемных капиталовложений и, соответственно,

большим срокам окупаемости когенерационных установок. Однако, несмотря на это, совершенствование технологий и устойчивый рост цен на энергоносители меняют ситуацию. Тем более в отечественной промышленности и коммунально-бытовом секторе в основном котельные на газе, которые пригодны для преобразования в мини-ТЭЦ, а так же котельные с изношенным оборудованием и нуждающиеся в реновации.

Эксплуатацию и обслуживание оборудования мини-ТЭЦ необходимо организовывать с привлечением высококвалифицированного персонала, а для выполнения проектов по реконструкции котельных – привлекать специализированные проектные организации, имеющие положительный опыт реализации подобных проектов реконструкции.

© М.С. Липатов, 2018

УДК 62

Остроумецкая В.Н., магистрант гр.6-429

Руководитель: к.т.н., доцент **Иванов В.Д.**,

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ AUTODESK INVENTOR

В настоящее время активно развиваются темы энергосбережения, экологии и экономической эффективности теплоэнергетического оборудования. В связи с этим внедряются различные системы автоматизированного проектирования.

Современные пакеты программ, такие как Inventor, позволяют: сократить сроки проектирования и монтажа трубопроводных систем (модуль «Трубы и трубопроводы»), оценить экологичность используемых материалов (модуль «Eco Material Adviser») и получить конструкторскую документацию на основе трёхмерных моделей, исключив при этом ошибки построений и нестыковки элементов оборудования при размещении на объекте.

Рассмотрим программу и указанные модули более подробно.

В базовую комплектацию программы Autodesk Inventor Professional входит набор инструментов для 3D-моделирования, проектирования и документирования. Создаваемые модели являются точными трехмерными макетами, что позволяет изучать их сразу же в процессе разработки: анализировать геометрию, проводить расчеты, получать реалистичные изображения и видеоролики. А также – размещать установки с учётом особенностей планировки помещения и эксплуатации оборудования, что невозможно при работе с двухмерными чертежами. Или, например, моделировать нештатные ситуации для тренировки действий.

Благодаря модулю Eco Material Adviser можно подобрать материалы установок с учетом воздействия на окружающую среду, узнать их стоимость и эксплуатационные характеристики. Есть возможность рассчитать значения экологических показателей (объем вредных выбросов, пригодность к повторному использованию и др.). В итоге пользователь может прямо в процессе проектирования выбрать материалы, соответствующие требованиям заказчиков и природоохранным нормам.

Трубы и трубопроводы – модуль для проектирования трубопроводных систем. В обширной библиотеке программы присутствует различная арматура, в том числе, соответствующая российским ГОСТам. При необходимости библиотека может быть дополнена собственными изделиями. Работа производится как с линейными, так и с гибкими трубами. Создание трубопровода состоит из следующих этапов.

1. Проектирование конструкции, в которой требуется проложить трубы.
2. Выбор стиля трубопровода. То есть, комплекса настроек, определяющего для соответствующего вида труб набор стандартных деталей — прямолинейные сегменты, отводы, фитинги. Благодаря этому заполнение трасс и ветвей происходит автоматически.
3. Создание трассы трубопровода. Для этого достаточно привязать узловые точки трассы к геометрии существующего изделия: отверстиям или граням. При изменении окружения траектория будет автоматически перемещаться, а труба — перестраиваться. Легко отредактировать маршрут и вручную. После этого трасса проверяется на наличие ошибок при помощи соответствующей функции. В итоге формируется каркасная модель прокладываемой системы трубопроводов.

4. Заполнение трассы в соответствии с принятым стилем.

В Inventor так же встроен модуль для разработки параметрических рядов труб и модуль для создания безнапорных трубопроводов, в которых образование потока происходит под действием силы тяжести. Особенность их проектирования состоит в том, что трасса прокладывается с наклоном, например, в 2 градуса относительно линии горизонта. Следовательно, используются фитинги, угол сгиба или соединения которых больше 45° , но меньше 90° .

Таким образом, смоделировать трубопровод любой сложности при помощи модуля, встроенного в программу, можно всего за несколько простых шагов.

Спроектированные трёхмерные модели могут использоваться в различных целях: для конструкторских задач, в расчётных программах, в рекламных целях в качестве иллюстративного материала для каталогов и сайтов. Компании, производящие системы отопления, охлаждения, вентиляции и пр. активно применяют 3D-модели для презентации и продажи своего оборудования. Так, на сайте компании Viessmann представлен обширный каталог в виде 3D-моделей. Для примера –

интерактивный макет паровой котельной: можно при помощи щелчка мыши узнать, для каких целей нужен тот или иной элемент.

Внедрение программы Inventor в процесс проектирования объектов теплоэнергетики позволяет сократить сроки разработки конструкторской и технической документации, исключить ряд ошибок на различных стадиях проектирования и монтажа, а также использовать созданные трёхмерные твердотельные модели для расчётов и продвижения товара на рынке.

© В.Н. Остромецкая, 2018

УДК 621

Никитина Н.В., магистрант гр.529

Руководитель: к.т.н., доцент **Ремизова И.В.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В последнее время, благодаря развитию технологий и внедрению инноваций, на рынке теплоэнергетических установок появилось большое количество предложений, ориентированных в первую очередь на потребителей энергии из частного сектора и многоквартирных домов. Газификация регионов, активно проводившаяся все последние годы, позволяет гражданам делать выбор в пользу доступного, дешевого и экологичного топлива. Газ не подвержен таким отрицательным явлениям природы, как налипание мокрого снега на провода, обрыв линий поваленными ветром деревьями, прорыв трубопроводов из-за высоких температур теплоносителя, коррозии и гидроударов.

Аварии и неполадки на котельных наносят большой ущерб потребителям.

Безаварийная, надежная и экономичная работа котлов и вспомогательного оборудования возможна только при наличии технически грамотного, высоко квалифицированного обслуживающего персонала, а также планового и своевременного технического обслуживания эксплуатируемого оборудования.

На этом фоне в современном жилищном строительстве особо востребованы инновационные технологии, применяемые в теплоэнергетике.

Это продиктовано в первую очередь запаздыванием строительства инфраструктурных объектов, таких как котельные, насосные подстанции и т.п., желанием покупателей возводимого жилья быть независимыми от таких неприятных явлений прошлого, как отключение горячей воды в период летних ремонтных работ на теплосетях.

Ввиду того, что тепловые сети эксплуатируются в трудных условиях, их элементы находятся под воздействием внутреннего давления рабочей среды,

веса труб и тепловой изоляции, напряжений самокомпенсации, возникающих в результате теплового расширения.

На данный момент развитие технологий и инфраструктуры позволяет значительно сократить потери тепла, поставляемого потребителям путем переноса установок для выработки тепла (котлоагрегатов) непосредственно на территорию потребителя.

Установка котлоагрегатов непосредственно у потребителей увеличивает эффект от применения современных инновационных материалов, технологий, систем регулирования.

Включение котлоагрегата непосредственно в схему теплоснабжения дома, объекта, позволяет чутко и оперативно реагировать на изменения погоды, микроклимата здания, что существенно сокращает потери теплоносителя и теплотери при транспортировке теплоносителя потребителю (отсутствие теплосетей).

Применение ставших доступными в последнее время технологий альтернативного получения электро- и тепловой энергии позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию теплотехнического хозяйства. Во многих регионах страны возможно применение дождевой воды, талого снега, энергии ветра, солнечной энергии, геотермальных источников.

Закладывая дополнительные способы получения энергии на этапе проектирования здания инженеры и архитекторы должны учитывать возможность модернизации оборудования, замены его на более совершенное, экономичное и экологичное.

Несомненно, в дальнейшем рынок оборудования, предназначенного для использования частным сектором и компаниями-застройщиками будет бурно развиваться. В перспективе проектирование новых и усовершенствование существующих систем выведет энергетику на качественно новый уровень.

© Н.В. Никитина, 2018

УДК 62

Рожков Н.Н., гр.443

Куликов В.С., гр.443

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИИ

При низкой эффективности газоочистных систем предприятие не только служит источником негативного воздействия на окружающую среду, но и теряет целевой продукт, уносимый газовой фазой. Поэтому очистка выбросов от пыли и газообразных соединений по-прежнему остается

актуальной проблемой и требует поиска наилучшего способа очистки и его аппаратного оформления.

Как известно, для улавливания частиц из газовой фазы широко используются способы «мокрой» и «сухой» очистки.

«Мокрый» способ очистки, осуществляемый в скрубберах различной конструкции и внутреннего устройства, выгодно отличается от сухих способов, осуществляемых в рукавных и других фильтрах, большим диапазоном применения, поскольку характеризуется:

- возможностью очистки газовой фазы с широкими пределами по температуре;
- минимальной зависимостью от физико-химических параметров; очищаемого газа, в том числе от абразивности, кислотности, состава загрязняющих веществ;
- отсутствием наэлектризованности частиц и др.

При этом способы «мокрой» очистки обладают меньшими эксплуатационными затратами при сопоставимой эффективности очистки, а также высокой взрывопожаробезопасностью. Однако существенным минусом «мокрых» систем является образование сточных вод, а также, как показывает практика, низкая эффективность их очистки.

Решить эту проблему можно следующим образом.

Наиболее эффективными по улавливанию, в том числе субмикронных частиц, считаются скрубберы Вентури. Для исключения образования вторичных загрязненных потоков в виде сточных вод, а также для получения целевого продукта в относительно сухом виде предлагается использовать комплекс аппаратов: скруббер Вентури, фильтр-пресс или гидроциклон, объединенную в единую технологическую схему (рис. 1).

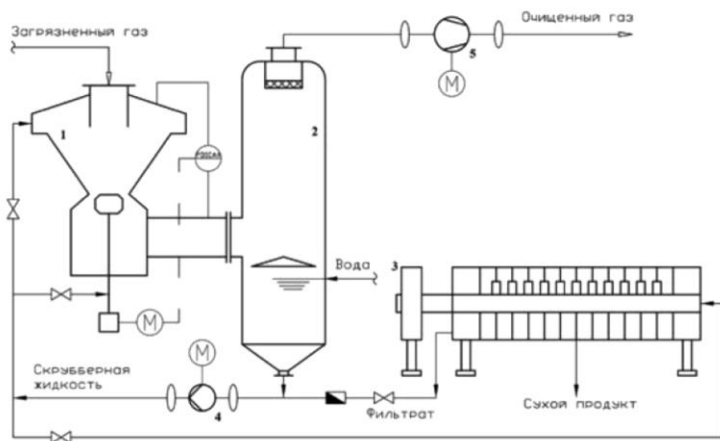


Рисунок 1. Принципиальная схема очистки запыленного газа с выводом уловленного продукта

Принцип работы схемы следующий. Запыленный газовый поток с возможной температурой более 1000°C поступает в скруббер Вентури, где происходит охлаждение газа и образование капель заданного размера. Образующийся скрубберный раствор отправляется обратно на концентрирование, орошая скруббер Вентури. При достижении концентрации более 10% часть скрубберного раствора подается на фильтрацию в фильтр-пресс или в гидроциклон. Фильтрат поступает обратно в цикл на орошение. Данная схема многократно уменьшает образование вторичных отходов, а также сохраняет целевой продукт.

Для обеспечения гарантированной эффективности (более 99% для улавливания частиц размером от 1 мкм) рекомендуется использовать скруббер Вентури уникальной конструкции (рис. 2), в котором создается и поддерживается определенный гидродинамический режим.

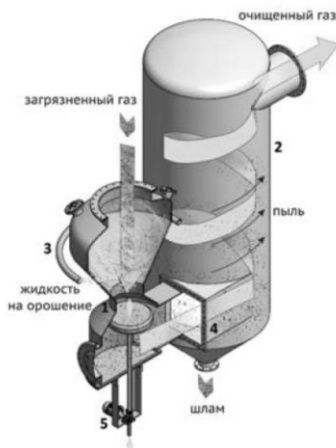


Рисунок 2. Скруббер Вентури

Благодаря устройству скруббера и тангенциальной подаче жидкости, что исключает инкрустации стенок. В горловине скруббера очищаемый газ достигает наивысших скоростей, увлекает жидкость, подаваемую тангенциально, а также встречается в противотоке с другой частью скрубберной жидкости. При этом орошающий слой дробится на капли заданного размера – создается большая поверхность для массообмена. В результате загрязняющие вещества эффективно поглощаются жидкой фазой.

Далее в диффузоре скруббера происходит укрупнение капель воды, содержащих частицы пыли, и их отрыв от газовой фазы. Посредством регулирующего устройства возможно изменение скорости газовой фазы в

сечении горловины скруббера (за счет перекрытия сечения конусом) и, как следствие, изменение гидравлического сопротивления, что позволяет поддерживать заданную эффективность очистки и стабилизировать работу газоочистной системы.

Использование скруббера Вентури с регулируемой горловиной и каплеуловителем дает возможность обеспечить степень улавливания твердых частиц в виде сухого осадка без образования загрязненных сточных вод. Таким образом, объединение комплекса аппаратов в одну технологическую схему позволяет обеспечить промышленные предприятия высокоэффективными, экологически безопасными газоочистными системами с относительно низкими затратами на их организацию и эксплуатацию.

© Н.Н. Рожков, В.С. Куликов, 2018

УДК 504.054

Семенченко Ю.С., гр. 443

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

Богданов Н.А., 3 курс

СПб ЛМСТ им. Ж.Я. Котина

Руководитель: к.т.н., доцент Хлыновский А.М.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

РОССИЯ И КАЗАХСТАН: РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОГО МЕТОДА БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Нефть – важнейший углеводородный ресурс в современном мире. Она является показателем состоятельности и обеспеченности страны. Нефть применяется во многих отраслях народного хозяйства, и даже отходы после ее переработки имеют ценность.

Ежедневно на нефтяных месторождениях происходят множественные разливы и утечки, что приводит к нарушению структуры почвы и нарушению ее плодородия, а также к гибели животных, обитающих в этом районе. Непрофессиональное устранение загрязнений ведет также к ухудшению здоровья рабочих.

Российская нефтяная промышленность из-за изношенности труб разливает примерно 30 миллионов баррелей нефти в год — это в семь раз больше, чем вылилось во время бедствия на Deepwater Horizon в Мексиканском заливе. По официальным данным, каждый год на нефтепроводах происходит около 10 000 аварий

Ближний сосед России – Казахстан. Он занимает 12 место в мире по добыче и переработке нефти. В 2016 году было добыто 77 млн тонн. Несмотря на то, что большую часть территории Казахстана занимают степи, и месторождения находятся в отдалении от городов и поселков, простая утечка труб или непрофессионализм рабочих может привести к катастрофе.

Так, например в Кызылординской области, являющейся одним из нефтяных регионов Казахстана, 9 марта 2008 года на контрактной территории ТОО «Саутс-Ойл» месторождения «Кенлык» при бурении скважины произошло газонефтепроявление с дальнейшим переходом в открытый фонтан и возгоранием газонефтяной смеси, полную ликвидацию аварии смогли произвести лишь 18 марта 2008 года. В результате аварии было сожжено 96 222 куб.м газа и 224,7 тонн нефти, в атмосферу было выброшено 27,492 тыс.куб.м. газа и на рельеф местности 64,2 тонн нефти.

В настоящее время есть несколько детально разработанных решений по ликвидации нефтезагрязнений. Условно их можно разделить на три группы: механические, физико-химические и микробиологические. В каждом конкретном случае они применяются по отдельности, либо в комбинации.

1. Механические средства ликвидации загрязнений (сбор, отделение нефтепродуктов, вывоз и утилизация отходов). Являются малоэффективными в сложных условиях применения. Всегда требуют доочистки. В целом - неэкологичны.

2. Физико-химические методы (использование нефтепоглощающих сорбентов и химическое разложение нефтепродуктов). Приводят к накоплению отходов. Требуют доочистки и утилизации отходов. Низкоэкологичны.

3. Микробиологические технологии (внесение биопрепаратов на основе микробов-деструкторов нефтепродуктов или активация аборигенной микробиоты). Экологичны. Однако, они малоэффективны при высокой концентрации загрязнений. Требуют агрохимических мероприятий, обеспечивающих оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов (полив, рыхление, внесение минеральных источников питания).

По положительным качествам метод с использованием микробиологических технологий (биопрепаратов) можно считать наиболее выгодным.

Современные технологии производства биопрепаратов позволяют создавать консорциумы штаммов бактерий и грибов, иммобилизованных на различных носителях.

Ученых и инженеры технопарка «Нарвский» в Санкт – Петербурге впервые в мировой практике разработали удобрение, состоящее из водорастворимого фосфатного стекла. Уникальные свойства этих стекол и отработанная технология получения пористых гранул на их основе позволили создать биопрепарат «Амир», предназначенный для очистки водных акваторий и почв от нефтяных загрязнений.

В качестве микроорганизмов – деструкторов углеводов используются бактериальные штаммы, первоначально выделенные из нефтезагрязненных почв. Практически в каждом разливе есть такие конкретные, живучие штаммы. Количество таких «помощников природы»

очень мало, но ученые-микробиологи искусственно размножают их. Затем их вносят на загрязненный участок в количестве нескольких миллиардов на 1 грамм препарата. В течение определенного времени они поедают всю нефть и погибают, так как им нечем больше питаться, и становится естественным звеном в пищевой цепочке, а почва восстанавливается до естественного состояния.

Сотрудники технопарка «Нарвский» и Всероссийского Института Защиты Растений (ВИЗР), разработавшие биопрепарат «Амир», намереваются расширить границы применения подхода к методам биоремедиации углеводородных и начать совместные исследования с нефтедобывающими компаниями в Казахстане.

В качестве партнеров предстоящих исследований рассматривается компания ТОО «Саутс-Ойл». Эта фирма разрабатывает нефтегазовые месторождения в Кызылординской области и ЮКО. Президентом компании с 2003 г. по настоящее время является Серикжан Сейтжанович Сейтжанов (заслуженный деятель республики Казахстан, доктор технических наук, действительный член Международной академии науки, образования, промышленности и искусства (США).

Цель работы:

- создание биопрепарата, наиболее эффективно разлагающего продукты углеводородного загрязнения, с учетом их качественного состава и местных почвенно-климатических условий.

На первом этапе работы будут отобраны пробы нефтезагрязненной почвы и/или воды (при наличии), из которых методами микробиологического скрининга выделяются наиболее устойчивые колонии микроорганизмов.

© Ю.С. Семенченко, Н.А. Богданов, 2018

УДК 621.482

Сиротило Е.Ю., гр.410-13

Руководитель Барановский В.В.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОТНО-ГАЗОВОГО ЦИКЛА С ЧАСТИЧНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ В ГЕОТЕРМАЛЬНОМ ИСТОЧНИКЕ

В конце двадцатого, начале двадцать первого века весь мир охватывала череда энергетических кризисов. Причины их возникновения очевидны: запасы органического топлива стабильно истощаются, а скорости внедрения новых источников энергии недостаточно. Большинство станций в наши дни являются морально и технически устаревшими. Примерно 90% (по данным на 2000-й год) всей электроэнергии потребляемой в мире, вырабатывается в паровых турбинах, работающих по циклу Ренкина, КПД которого

относительно невысок. Также всё острее встает проблема с экологией. Диоксид углерода приводит к возникновению парникового эффекта, а оксиды азота негативно влияют на здоровье человека.

В данной работе представлена попытка по крайней мере частичного решения обеих проблем. Первоочередной целью стала замена парового цикла Ренкина углекислотным, проектирование углекислотно-газового цикла и разработка установки работающей по нему. В данной установке часть полезно использованной теплоты добывается в геотермальной шахте. Предполагается что параллельно в выработкой теплоты в шахте будет происходить поглощение диоксида углерода базальтовыми породами. Следовательно уменьшатся вредные выбросы – следующая немаловажная цель.

CarbFix Project

Данный проект был запущен в 2012 году в Исландии на крупнейшей геотермальной станции мира Хедлискейди. Смысл разработки заключается в преобразовании диоксида углерода, выделяемого в результате сжигания топлива, в минерал. Для этого воду с растворенным в ней газом закачивают в колодец, который проходит через слой базальта. В первой части эксперимента с января по март 2012 года в колодец закачали 175 тонн растворенного в воде газа, во второй фазе с июля по август того же года - ещё 73 тонны смеси углекислоты и сероводорода. Для мониторинга в растворы добавляли углекислый газ, содержащий радиоактивный изотоп углерод-14.

10 июня 2016 года в журнале Science была опубликована статья, в которой огласили результаты наблюдений. Так в течении двух лет более 95% углекислого газа прореагировало с базальтом и минерализовалось с образованием карбонатных горных пород, что исключает риск утечки в атмосферу. Такие темпы поглощения удивили самих проектировщиков. В рамках проекта CarbFix уже утилизируется 5 тысяч тонн диоксида углерода в год, и это обходится всего в 30 долларов за тонну CO₂, в то время как обычные методы требуют затрат в объеме от 65 до 100 долларов США за тонну.

EPS100

Первые предположения о возможном использовании углекислоты как рабочего тела замкнутых газотурбинных установок появились 50 лет назад, в 60-х годах прошлого столетия. В последнее время вновь возрождается интерес к данному теплоносителю. Основной упор делается на разработку сверхкритических циклов и установок небольшой мощности, утилизирующих теплоту выхлопных газов промышленных ГТУ.

Так компания Echogen проектирует целую линейку углекислотных утилизационных установок, из которой начальная модель EPS100 мощностью 8 МВт уже поступила в производство.

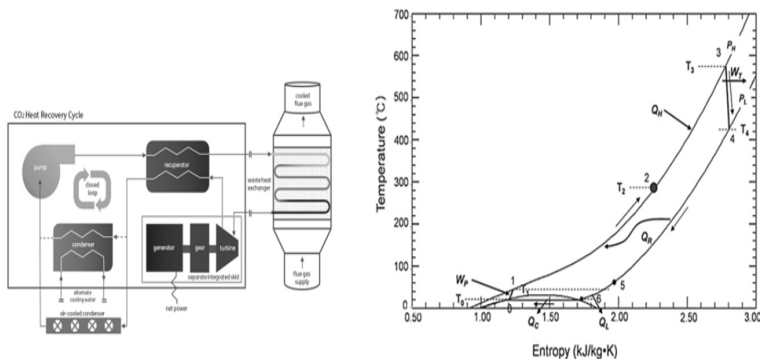


Рисунок 1. Принципиальная схема и T-S диаграмма цикла установки EPS100

После анализа данных проектов приступил к разработке цикла. Были рассчитаны циклы с различными давлениями на напоре питательного насоса, в результате чего стали ясны оптимальные параметры.

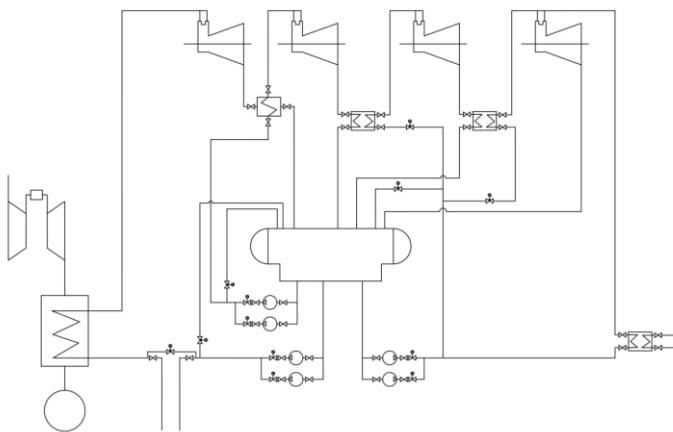


Рисунок 2. Принципиальная схема углекислотно-газовой установки с частичной утилизацией продуктов сгорания в геотермальном источнике

В качестве высокотемпературного источника в данном цикле решил использовать газовую турбину Siemens SGT-200 электрический КПД которой 31,5%. После установки блока углекислотных турбин КПД установки повысилось до 51%. Так как часть углекислоты будет «оседать» в базальтовых породах цикл нуждается в подпитке. Углекислоту для подпитки планируется получать из продуктов сгорания при помощи моноэтаноламина.

© Е.Ю.Сиротило, 2018

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что устойчивая деятельность предприятий и регионов во многом определяется наличием экологически и технологически грамотного персонала, который понимает не только механизм природоохранного законодательства Российской Федерации, но четко умеет регулировать технологические процессы в рамках производственного цикла и территории в целом.

С вступлением в силу с января 2015 года Федерального Закона № 219-ФЗ от 21.07.2014 года «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и последующих отдельных подзаконных актов Российской Федерации», перед предприятиями, осуществляющим хозяйственную деятельность на территории России, поставлена задача перехода на новый технический уровень, что трудно обеспечить без подготовленных кадров. Следует отметить, что при правильном эколого-экологическом регулировании основных процессов производства для выбора сбалансированных технических решений в сфере защиты окружающей среды, число рычагов, стимулирующих бизнес к переходу на новый экологический, технологический и финансовый уровень, увеличивается. Среди ключевых критериев для этого перехода является применение, внедрение наилучших доступных технологий и перспективных решений, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того истекает срок, в течении которого все юридические лица обязаны поставить на государственный учет, принадлежащие им объекты, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. При этом каждому объекту будет присвоена соответствующая категория с I по IV, в зависимости от воздействия. Это обстоятельство существенно меняет систему декларирования, нормирования выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также системы размещения и утилизации отходов производства и потребления. Для организации, обеспечения и контроля устойчивого развития бизнеса, сопряженного как с финансовым, так и экологическим риском как никогда нужны специально подготовленные кадры в области защиты окружающей среды и техносферной безопасности.

Следует отметить, что изменения коснулись вопросов осуществления платы за негативное воздействие на окружающую среду и введения коэффициентов к ставкам от 0 до 100, что также является эффективным механизмом стимулирования бизнеса как в проведении мероприятий по снижению нагрузки с внедрением наилучших технологий, так и в

привлечении к этим проблемам технически подготовленных специалистов в сфере инженерной защиты окружающей среды. Таким образом на этом этапе должен созреть взаимный интерес бизнеса и высшей школы к особенностям подготовки специалистов в сфере защиты окружающей среды в части его целевой подготовке. Ушла в прошлое система распределения специалистов для выпускников технических ВУЗов. Сегодня они отправляются как правило в свободное плавание, если даже проходили подготовку в рамках бюджета. Нужно отметить, что предприятия с государственным участием готовы брать специалистов и делают это, но имеется небольшое «но» для трудоустройства профессионального эколога после базовой учебы – это опыт работы не менее 3 лет. Это обстоятельство продиктовано законом, что ряд решений может на себя взять специалист только в случае профессионального стажа работы не менее 3 лет. Кто-то из работодателей закрывает это вопрос наличием в штате уже имеющихся специалистов, вменяет ему в круг обязанностей наставничество и на выходе получает профессионала в своей команде. Иногда такая работа идет в симбиозе ВУЗ – предприятие. Но это больше исключение, чем правило. Кто-то пользуется услугами экологических фирм по производственной необходимости, что характерно для малого и среднего бизнеса, хотя экологические проблемы в любом виде деятельности присутствуют постоянно и входят в систему управления процесса, а не только в период отчета. Работу профессионального эколога в штате, имеющего базовую технологическую подготовку, заменить сферой экологических услуг трудно, особенно если необходимо внедрять и сопровождать реализацию НДТ в технологический процесс производства. Сегодня это является основным условием перехода на инновационную ступень развития промышленного бизнеса.

Какова сегодня система подготовки специалистов в сфере защиты окружающей среды и техносферной безопасности. Подготовка специалистов по обеспечению инженерной защиты окружающей среды сегодня проходит в рамках образовательных программ по двум уровням - бакалавр и магистр по следующим направлениям: «Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль подготовки «Охрана окружающей среды в химической технологии» и «Техносферная безопасность», профиль подготовки «Защита окружающей среды территориально-производственных комплексов».

На базе Ленинградского технологического института целлюлозно-бумажной промышленности в 1954 году была организована первая кафедра охраны труда и окружающей среды среди вузов современного Санкт-Петербурга, и одна из первых в стране. Изучение условий труда на предприятиях химической переработки древесины, которые всегда относились к особо опасным технологическим объектам, позволили разработать и внедрять правила и нормы по охране труда и окружающей

среды, как на промышленной площадке, так и за ее пределами. Учебные пособия, справочники и учебник «Охрана труда в целлюлозно-бумажной промышленности», которые широко использовались и продолжают использоваться на всех стадиях подготовки и переподготовке специалистов этого направления. Научно-техническая база и методическое обеспечение основных курсов были заложены заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, профессором, доктором технических наук Владимиром Федоровичем Максимовым.

Период 70-х годов прошлого столетия характеризовался значительным подъемом технологического уровня производства, о чем свидетельствует анализ материалов современных справочников по наилучшим доступным технологиям, в том числе ИТС 1 – 2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона». Многие технологические решения, разработанные основоположниками направления подготовки в сфере охраны труда и защиты окружающей среды и их учениками, приводятся как действующие и продолжают оставаться наилучшими. Настал период, когда новые подготовленные специалисты будут реализовывать уже перспективные решения в сфере защиты окружающей среды, которые необходимо внедрять рамках реализации Федерального Закона № 219-ФЗ.

Востребованность в специалистах высокого уровня в сфере инженерной защиты окружающей среды на различных ступенях управленческой и производственной иерархии в наш век стремительной урбанизации постоянно растет. Следует отметить, что требование в количественном соотношении специалистов в производственных коллективах с эколого-технологическим базовым и специальным образованием постоянно возрастает, особенно в период интенсивного перехода на внедрение наилучших доступных технологий. Сегодня необходимо отрабатывать правоприменительную практику внедрения этих технологий в производственную деятельность. Это возможно только при наличии технически подготовленных кадров. Такие кадры традиционно готовятся на базе технологических университетов с соблюдением преемственности традиций и ориентацией на инновационные решения в области охраны труда и защиты окружающей среды

Необходимость обучения по экологической безопасности руководителей и специалистов в области экологической безопасности регламентируется ст. 73 ФЗ №7 «Об охране окружающей среды», согласно которому руководители организаций и специалисты, ответственные за принятие решений при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, должны иметь подготовку в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Отсутствие у соответствующих сотрудников подготовки в области экологической безопасности расценивается как нарушение экологического законодательства. Ответственность за подобные нарушения предусмотрена,

как «Административные правонарушения в области охраны окружающей среды и природопользования».

Реализуя эти требования по обеспеченности кадрового состава сегодня, практически каждый предприниматель может на базе Высшей Школы Технологии и Энергетики Санкт-Петербургского Государственного университета промышленных технологий и дизайна осуществить подбор специалистов различного уровня для решения конкретных технологических задач или воспользоваться системой специальной переподготовки своих специалистов в области защиты окружающей среды или пройти систему независимой аттестации через центр по квалификации специалистов в сфере защиты окружающей среды.

© А.Б. Дягилева, 2018

УДК 620.9

Базулин И.С., магистрант гр. 419.2

Руководитель: к.т.н., доцент **Гладышев Н.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ЭЛЕКТРО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Система теплоснабжения является значимым и энергоемким сектором экономики, в котором потребляется более 50% используемых в стране энергоресурсов, поэтому задача повышения энергоэффективности экономики не может быть решена без повышения энергоэффективности систем теплоснабжения.

Созданные в России системы теплоснабжения отличаются самой высокой степенью централизации, при которой к одному источнику тепловой энергии подключено значительное количество отапливаемых домов. Такие системы теплоснабжения представляют сложные гидравлические схемы с многокилометровыми трубопроводами, по которым эффективно распределить тепловую энергию по многочисленным потребителям не возможно. Это и является основной причиной несбалансированного производства и потребления тепловой энергии в системах теплоснабжения.

Поддержание в работоспособном состоянии обширного теплового хозяйства требует огромных материальных и финансовых затрат. Данные затраты ложатся тяжелым бременем на жителей и властные структуры городов и поселков, отвечающих за обеспечение их теплом. С годами ситуация не улучшается, а только ухудшается так как увеличивается процент износа тепловых сетей и соответствующего оборудования, растут тарифы на тепловую энергию, снижается качество предоставляемых услуг.

Необходимо учитывать, что потребление топлива в РФ для производства тепловой энергии, используемой в ЖКХ в 2 – 3 раза выше,

чем в странах Европейского союза. В условиях отсутствия положительных результатов эксплуатации существующих систем централизованного теплоснабжения, возникает вопрос о целесообразности использования сетевой воды как основного теплоносителя и стратегическом курсе модернизации существующих систем отопления.

Строительство в последние годы крупных ТЭС, работающих по парогазовому циклу с электрическим КПД более 55%, привело к значительному увеличению производства электрической энергии. Однако, как показывает опыт северо-западного региона РФ, предложенного количества электрической энергии ни промышленность ни сфера ЖКХ оказались не способными потребить. В тоже время потребность в тепловой энергии с возрастанием объемов гражданского строительства продолжает увеличиваться, что заставляет двигаться по пути строительства не когенерационных источников, а обычных водогрейных котельных, с передачей тепловой энергии с потоком сетевой воды.

Сложившаяся ситуация заставляет искать пути коренной модернизации систем отопления зданий ЖКХ с более эффективным использованием в них электрической энергии.

Рассмотрим термодинамические аспекты работы систем отопления отдельных помещений жилого здания, которые сводятся к поддержанию температуры воздушной среды, заполняющей внутреннее пространство помещений на уровне 18-22 °С.

Будем рассматривать помещение отапливаемого здания, как некую открытую термодинамическую систему, представляющую собой замкнутое пространство, заполненное воздухом и отделяемое от окружающей среды ограждающими конструкциями, находящуюся в непрерывном взаимодействии с окружающей средой.

В теплый период года, атмосферный воздух, поступающий во внутренний объем здания и обеспечивающий необходимую кратность воздухообмена, не требует нагревания.

С понижением температуры атмосферного воздуха до значения, которое определяет начало отопительного периода, требуется непрерывный нагрев наружного воздуха, поступающего во внутренний объем отдельных помещений здания.

Если количество воздуха поступающего в помещение соответствует нормируемой кратности воздухообмена, то такой расход необходимо считать полезным расходом, а теплоту, затраченную на его нагрев, допустимо считать полезной теплотой.

С применением в строительстве зданий пластиковых окон и входных дверей, с современными уплотняющими материалами резко сократился приток воздуха, поступающего через неплотности названных элементов.

В современных домах для увеличения притока наружного воздуха в вентилируемые помещения во многих случаях устанавливают специальные клапаны.

Разность температур внутреннего и наружного (атмосферного) воздуха приводит к появлению утечек теплоты путем теплопередачи через ограждающие конструкции здания, такие как наружные стены, окна, цокольные и чердачные перекрытия.

Уравнение энергетического баланса отапливаемого помещения, характеризующее количество теплоты ($Q_{от}$), подводимой водяным теплоносителем без учета внутренних теплопоступлений.

С учетом внутренних теплопоступлений $Q_{тп}$, снижающих отопительную нагрузку отдельного помещения здания, балансовое уравнение можно записать в следующем виде

$$Q_{от} - Q_{тп} = Q_{инф} + Q_{огр} = Q_{пол} + Q_{изб} + Q_{огр}.$$

Источником внутренних теплопоступлений в жилых зданиях обычно являются люди, приборы для приготовления пищи (газовые и электрические плиты), осветительные приборы. Эти теплопоступления носят в значительной мере случайный характер и не поддаются никакому регулированию во времени. В случаях если величина $Q_{тп}$ переменная и неопределенная, то ею пренебрегают.

Как видно из уравнения энергетического баланса, температурный режим во внутреннем объеме отапливаемого помещения здания поддерживается при условии непрерывного подвода теплоты к воздушной среде посредством отопительных приборов.

Обращает на себя внимание тот факт, что при покрытии инфильтрационной нагрузки, воздух нагревается от t_n до t_v .

Такое повышение температуры, при отсутствии утечек теплоты через ограждающие конструкции, обеспечивал бы необходимый температурный уровень в помещениях здания. Однако, для сохранения температуры на уровне $t_v = 20^\circ\text{C}$ при наличии утечек теплоты через ограждающие конструкции, требуется дополнительный подвод теплоты к нагреваемому воздуху, при котором его температура повышается от t_v до средней температуры отопительного прибора $t_{прб}$.

При температурах сетевой воды поступающей в отопительный прибор $t_{пр} = 90 - 95^\circ\text{C}$ и отводимой в обратную магистраль $t_{обр} = 70^\circ\text{C}$, средняя температура отопительного прибора составит $t_{прб} \approx 0,5(t_{пр} + t_{обр}) \approx 80^\circ\text{C}$.

Как показано на рис.1, до такой температуры нагревается воздух непосредственно контактирующий с поверхностью отопительного прибора. Далее нагретый воздух, перемешиваясь с более холодным воздухом, снижает свою температуру и обеспечивает требуемый температурный режим в помещении.

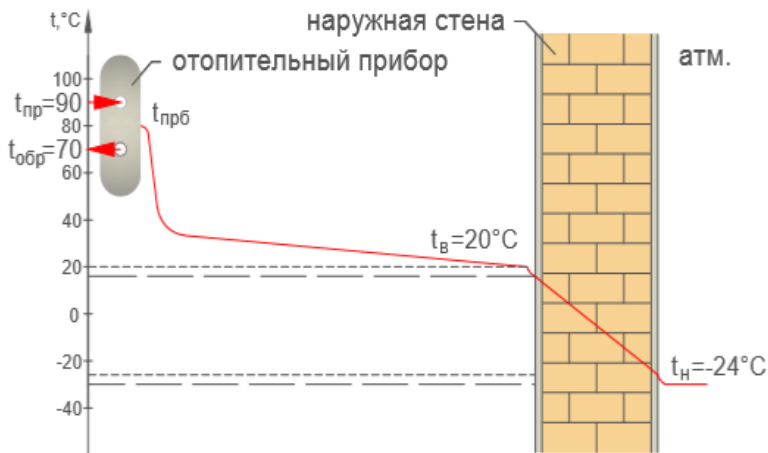


Рисунок 1. График изменения температуры воздуха и наружной стены

На рис.2 представлена $T - S$ диаграмма процесса нагревания наружного воздуха, поступающего во внутренний объем помещений.

Как видно из $T - S$ диаграммы, количество теплоты, затрачиваемой на нагревание 1 кг инфильтрационного воздуха от T_n до T_v соответствует удельной инфильтрационной нагрузке $q_{инф} = \frac{Q_{инф}}{G_{инф}}$, которая изображается площадью, ограниченной точками T_n - T_v - S_v - S_n .

Величина удельной теплоты, затраченной на повышение температуры внутреннего воздуха от T_v до $T_{прб}$ необходимой для компенсации тепловых потерь через ограждающие конструкции ($q_{огр}$), соответствует на диаграмме площади ограниченной точками T_v - $T_{прб}$ - $S_{прб}$ - S_v .

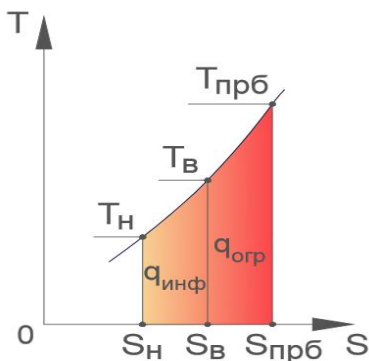


Рисунок 2. Процесс нагревания наружного воздуха в $T - S$ диаграмме

Количество внутреннего воздуха нагреваемого от температуры T_v до температуры $T_{прб}$ с целью компенсации тепловых потерь через ограждающие конструкции $M_{огр}$ находится по величине $Q_{огр}$, рассчитываемой по уравнению

$$M_{огр} = \frac{Q_{огр}}{C_p (T_{прб} - T_v)}$$

Суммарное количество тепловой энергии подводимой к нагреваемому воздуху и обеспечивающей отопительную нагрузку составит

$$Q_{от} = Q_{инф} + Q_{огр} = M_{инф} C_p (T_v - T_n) + M_{огр} C_p (T_{прб} - T_v)$$

Как видно из приведенного соотношения, для покрытия тепловых потерь через ограждающие конструкции, воздух приходится нагревать до температуры отопительного прибора, что крайне не эффективно с точки зрения затрат тепловой энергии. Так как согласно первому закону термодинамики, значительная часть подводимой теплоты к газообразному телу затрачивается на совершение работы расширения, а не на увеличение его температуры или внутренней энергии.

Из сказанного следует, что возможно полное устранение утечек теплоты через ограждающие конструкции путем прекращения теплообмена между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения путем повышения температуры поверхности до температуры воздушной среды, достигаемого за счет установки на всех наружных поверхностях ограждений, в том числе и на окнах, теплозащитного экрана.

Теплозащитный экран представляет собой тонкую светопрозрачную пленку с нанесенным на неё токопроводящим покрытием на основе ZnO, температура которого при прохождении электрического тока плавно увеличивается.

На рис.3 представлены кривые изменения температуры воздуха и наружной стены в трех вариантах конструкции наружной стены:

а.- исходная конструкция; б.- с наружным теплозащитным слоем; в.- с наружным теплозащитным слоем и теплозащитным экраном на внутренней поверхности.

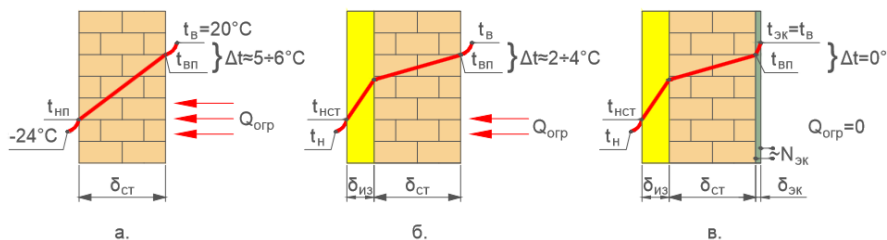


Рисунок 3. Графики изменения температуры воздуха и наружной стены: а - в исходном состоянии; б - с фасадным утеплением; в - с фасадным утеплением и теплозащитным экраном

Как видно из рис.3б. установка фасадного теплозащитного покрытия на наружной стене приводит к снижению разности температур воздуха и поверхности стены за счет повышения её температуры. При этом температурный напор снижается до величины в $\Delta t = t_v - t_{вп} = 1,5 - 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

При отсутствии подачи напряжения на теплозащитный экран его температура так будет близка к температуре внутренней поверхности ограждающей конструкции твп, а температура воздуха тв при этом будет превышать температуру экрана. Образующий температурный напор приводит к теплообмену между воздухом и поверхностью экрана, то есть к соответствующим утечкам тепловой энергии через ограждающие конструкции - Qогр.

Подача напряжения на теплозащитный экран и прохождение по нему электрического тока, то есть потребление им электрической энергии, приводит к повышению температуры экрана так до температуры воздуха.

Используя технологию тепловой защиты от утечек теплоты через ограждающие конструкции путем применения токопроводящего экрана можно заменить, применяемую в настоящее, время водяную систему отопления на электро-преобразовательную систему отопления (ЭПС-отопление), основанную на использовании электрической энергии.

ЭПС-отопление работает следующим образом. Наружный воздух под действием всасывающего вентилятора по воздуховоду поступает в теплорекуператор, в котором повышает свою температуру за счет теплоты внутреннего воздуха, удаляемого из помещения с помощью вытяжного вентилятора. Окончательное догревание наружного воздуха до требуемой температуры, поддерживаемой внутри отапливаемого помещения происходит в электрокалорифере. Дополнительное нагревание воздуха с целью компенсации тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции не требуется, так как тепловая энергия воздушной среды, нагретой в электрокалорифере, сохраняется с помощью теплозащитного экрана в объеме отапливаемого помещения.

Энергетический эффект от внедрения ЭПС-отопления заключается в снижении количества потребляемой в такой системе электрической энергии, по сравнению с тепловой энергией передаваемой сетевой водой в традиционную систему отопления и соответственно в снижении расхода потребляемого топлива, затраченного на выработку электрической энергии по сравнению с затраченным топливом на выработку тепловой энергии.

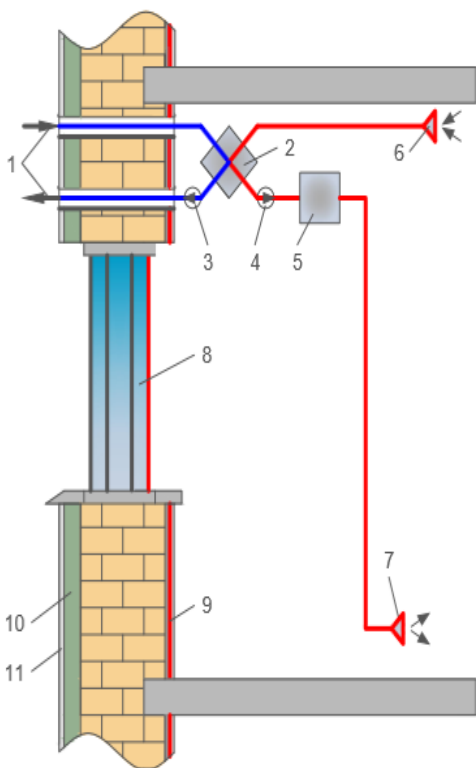


Рисунок 4.
Принципиальная схема
ЭПС-отопления
отдельного помещения
1 – входной и выходной
воздуховоды;
2 – теплорекуператор;
3 – вытяжной
вентилятор;
4 – приточный
вентилятор;
5 – электрокалорифер;
7 – устройство подачи
воздуха в помещение;
8 – внутренне стекло
стеклопакета с
электрообогревом;
9 – теплозащитный
экран с
электрообогревом;
10 – наружный слой
тепловой изоляции;
11 – защитный слой
тепловой изоляции

Как уже отмечалось выше, объективным показателем эффективности сравниваемых систем отопления может служить величина затрачиваемого топлива на выработку потребляемых видов энергии.

Принимая в качестве источника тепловой энергии водогрейную котельную с КПД $\eta_{\text{кот}} = 0,9$ и оценивая потери энергии в тепловых сетях в 16%, $\eta_{\text{тс}} = 0,84$ (реальные потери достигают 20-25%), расход топлива, затрачиваемый на производство и транспортировку необходимой теплоты, можно определить по уравнению:

$$B_{\text{т}}^{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{от}}}{Q_{\text{п}}^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{кот}} \cdot \eta_{\text{тс}}}$$

Рассматривая в качестве источника электрической энергии парогазовую ТЭС (ПГУ ТЭС), с КПД $\eta_{\text{пгутаэс}} = 0,55$ и принимая потери энергии в электрических сетях равными 10 %, т.е $\eta_{\text{эс}} = 0,9$, расход потребляемого топлива для выработки потребляемой электрической энергии определим по следующей формуле:

$$B_{\text{т}}^{\text{пгутаэс}} = \frac{N_{\text{элс}}}{Q_{\text{п}}^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{пгутаэс}} \cdot \eta_{\text{элс}}}$$

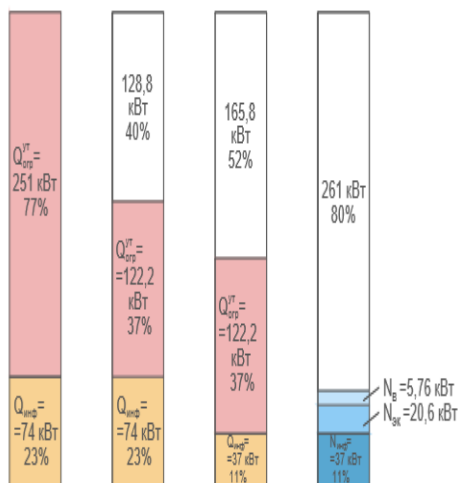


Рисунок 5. Сравнительная диаграмма энергопотребления жилого дома

- а. - исходная отопительная нагрузка жилого дома;
 б. - отопительная нагрузка жилого дома после наружного утепления ограждающих конструкций;
 в. - отопительная нагрузка после утепления ограждающих конструкций и перехода на приточно-вытяжную вентиляцию с теплорекуператором;
 г. - электрическая нагрузка ЭПС-отопления жилого дома.

Результаты расчетов расхода потребляемого топлива для обеспечения жилого дома необходимой тепловой и электрической энергии для покрытия отопительной нагрузки приведены в таблице 1.

Низшая теплота сгорания топлива принимается $Q_p^H = 38\,000 \text{ кДж/м}^3$.

На рис.7 сравнительная диаграмма потребляемой энергии для отопления жилого и расходы потребляемого топлива при различных отопительных нагрузках.

Таблица 1. Расходы топлива для покрытия отопительной нагрузки в рассматриваемых вариантах жилого дома

Величина	Исходное состояние жилого дома	Жилой дом после фасадного утепления	Жилой дом с фасадным утеплением и приточно-вытяжными уст.	Жилой дом с ЭПС-отоплением
$Q_{от}, \text{ кВт}$	325	-	-	-
$Q_{от}^{теп}, \text{ кВт}$	-	196,2	-	-
$Q_{от}^{рек}, \text{ кВт}$	-	-	159,2	-
$N_{элс}, \text{ кВт}$	-	-	-	63,36
$V_T^{кот}, \text{ м}^3/\text{ч}$	44,22	26,70	21,65	-
$V_T^{тепгу}, \text{ м}^3/\text{ч}$	-	-	-	13,16

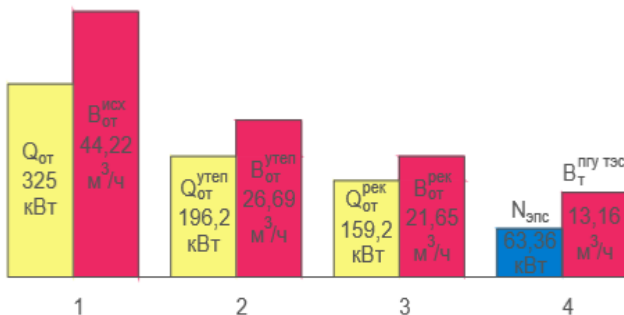


Рисунок 7. Сравнительная диаграмма расхода потребляемого топлива и потребляемой энергии для различных вариантов отопления жилого дома

Экологический эффект от внедрения ЭПС-отопления не требует дополнительного подтверждения, так как сокращение потребляемого топлива приводит к снижению выбросов в атмосферу.

Обращает на себя социальный эффект, получаемый при внедрении ЭПС-отопления, который заключается в том, что при переходе с систем отопления дома к квартирному отоплению значительная доля ответственности муниципальных руководителей переходит к самим владельцам квартир. Отвечая за энергопотребление своей квартиры их владельцы со всей тщательностью будут искать пути сокращения потребления энергии.

При этом все понимают, что производство и транспортировка водяного теплоносителя к жилым домам, а также распределение его по квартирам по внутренним сетям отопления на порядок дороже и сложнее, чем транспортировка и производство электрической энергии в различных генерирующих установках.

Выводы:

1. Перевод жилых домов на ЭПС-отопление, а систем ГВС на электрические бойлера индивидуального пользования позволяет создать принципиально новые ресурсосберегающие системы энергоснабжения, функционирование которых основано на подводе к зданию только электрической энергии и холодной воды, что существенно упрощает и повышает надежность всей системы энергоснабжения. Исчезают многомиллионные затраты на обслуживание и ремонт тепловых сетей, ИТП и водогрейных котельных.

2. Внедрение ЭПС-отопления должно сопровождаться проведением комплекса работ по снижению теплопотерь через ограждающие конструкции и замене естественной на приточно-вытяжную вентиляцию.

3. Перевод жилых зданий с водяных систем отопления на ЭПС-отопление потребует производства и подачи к жилым домам дополнительного количества электрической энергии. Однако главным

результатом такого перевода является сокращение расхода потребляемого топлива, сжигаемого в энергоисточниках более чем в два раза.

4. Системы энергоснабжения, основанные на базовом применении электрической энергии, создают необходимые условия для широкого внедрения в коммунальную энергетику источников возобновляемой энергии

5. ЭПС-отопление исключает несбалансированное энергопотребление, приводящее к переотапливанию части жилых зданий.

Список используемой литературы:

1. Гладышев Н.Н., Москалев А.А. Определение потенциала энергосбережения в системах теплоснабжения ЖКХ // Вестник энергоэффективности. 2013 №2 с.30-34.
2. Гладышев Н.Н., Луканин П.В. Ресурсосберегающие системы энергоснабжения потребителей ЖКХ // Вестник энергоэффективности Минобрнауки России. 2015 №1 с.86-92.
3. Гладышев Н.Н. Ресурсосберегающие системы отопления зданий ЖКХ// Вестник энергоэффективности Минобрнауки России, № 4(02) 2016, с.22-30.

© И.С. Базулин, 2018

УДК 681

к.т.н., доцент **Коновалов П.Н.**,
ассистент **Липатов М.С.**

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ АСУТП СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ И ТУРБИН АВТОВСКОЙ ТЭЦ-15

В статье рассмотрен один из основных вариантов реконструкции Автовской ТЭЦ-15 с поперечными связями, а также обоснование выбора и архитектура автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Неэффективная и устаревшая система управления и контроля котлоагрегатов и турбин – это одна из основных причин неэкономичной работы ТЭЦ-15.

Большинство типов приборов, используемых для реализации подсистем управления технологическим процессом, отработали свой ресурс, они сняты с серийного производства.

Контроль и управление котельным и турбинным оборудованием осуществлялись машинистами котлов и турбин, условия работы которых не удовлетворяли современным требованиям. Эти и многие другие причины полностью обосновывают принятие решения о реконструкции системы контроля и управления котлоагрегатами и турбинами. Были рассмотрены различные отечественные и зарубежные программно-технические комплексы. При выборе в расчет принимались стоимостные показатели,

показатели надежности, сервисное обслуживание, сетевое развитие, оперативное обслуживание.

В итоге, в настоящий момент на ТЭЦ Санкт-Петербурга созданы и функционируют три ветви АСУ ТП на базе ПТК «TELEPERM ME-OM650»:

- автоматизированная система управления котлоагрегатами;
- автоматизированная система ведения коммерческого учета отпуска тепловой и электрической энергии потребителям и потребляемого ТЭЦ топлива;
- автоматизированная система управления ГРП (газораспределительный пункт), объединенные в единую АСУ ТП электростанции.

В АСУ ТП Автоовской ТЭЦ-15 включены технические и программные средства, которые необходимы для реализации всех функций автоматизации процессов на электростанции.

В состав ПТК входят различные функциональные компоненты, они рассчитаны на оптимальное решение технологических задач.

В состав АСУ ТП ТЭЦ-15 можно внедрить следующие основные компоненты: Системы автоматизации TELEPERM ME; Система оперативного управления, контроля и OM650; Система шин передачи информации; Инженерные устройства проектирования и конфигурирования ES680, PC - coupler и другие.

Принципиальное отличие используемого ПТК от большинства средств АСУ ТП, которые предлагают другие отечественные и зарубежные поставщики – способ децентрализации структуры системы автоматизации.

В аппаратуре TELEPERM ME центральный контроллер выполняет только функции связи с верхним уровнем управления и другими системами автоматизации, организует цифровой обмен между функциональными модулями, производит диагностику состояния. Объем функций прямого цифрового управления и обработки информации реализуется в функциональных модулях.

Система автоматизации TELEPERM ME составляет основу ПТК. Каждая система TELEPERM ME конструктивно представляет собой шкаф/два шкафа, в них расположены каркасы с функциональными модулями контроллеров шин ввода-вывода, внутренней шиной ввода-вывода, элементами резервированного питания и защиты, сетевыми компонентами.

Автономные функциональные модули, которые в свою очередь имеют собственные каналы ввода-вывода сигналов связи с технологическими объектами и процессор, выполняют функции автоматизации. Обмен сигналами между модулями происходит через шины ввода-вывода и контроллер шины ввода-вывода (EA8).

Все функциональные модули выполняют функции контроля и диагностики: полное тестирование памяти при включении, циклическое тестирование EPROM, циклическое тестирование EEPROM, циклическое тестирование RAM, контроль микропроцессора независимым аппаратным

устройством диагностики, контроль аппаратного устройства диагностики микропроцессом, контроль аналоговых и дискретных входов и выходов.

Функциональные модули с резервированием работают в режиме основного модуля и режиме резервного модуля попарно, основные и резервные получают одинаковые сигналы и выполняют одинаковую обработку, но управляющие сигналы выдают только основные модули.

Российское энергетическое оборудование имеет уровень автоматизации намного ниже чем зарубежное. Основная проблема при создании АСУ ТП – определение оптимального, целесообразного объема алгоритмов управления, их детального содержания.

Использование современных средств АСУ ТП, отличающихся высокой надежностью и развитым стандартным математическим обеспечением, позволит решить основную задачу реконструкции системы контроля и управления - существенное увеличение автоматизации режимов работы котельных агрегатов, причем не только и не столько в диапазоне рабочих нагрузок котла, сколько в режимах пуска и останова.

Так реконструкция АСУ ТП Автовской ТЭЦ-15 котлоагрегатов №1,2,3,4 позволит:

- улучшить качество ведения топочного режима. КПД брутто котельного отделения, при этом увеличится с 91,6% до 93%, экономия топлива при этом составит -7000 т(у.т.);

- улучшит качество управления в переменных режимах при пусках и остановах. По данным статистики ТЭЦ Санкт-Петербурга при работе двух котлоагрегатов, время пуска одного сокращается на 3 часа. Экономия топлива при этом составит -240 т(у.т.);

- сократит число внеплановых отключений котлоагрегата в связи с повреждениями экранных труб на три отключения на один котлоагрегат. Один ремонт при этом оценивается в 177,5 тыс. руб., экономия топлива при этом составит - 3800 т(у.т.);

- улучшит качество регулирования выходных параметров, что улучшит термодинамический цикл турбоустановок (по данным ВТИ - до 5 г/кВт.ч) и позволит повысить срок службы за счет снижения тепловых неравномерностей, экономия топлива при этом составит - 4400 т(у.т.).

Всего экономия по этому разделу составит- 15440 т(у.т.).

© П.Н. Колновалов, М.С. Липатов, 2018

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Большинство промышленных предприятий нашей страны работают на морально и физически устаревшем оборудовании, произведенном 15 и более лет назад. Основными недостатками данного оборудования являются низкая ремонтпригодность в связи с отсутствием запчастей, относительно низкий уровень производительности и качества выпускаемой продукции, частые простои из-за выхода из строя отдельных узлов оборудования, большие затраты времени на поиск неисправности.

Котельное оборудование является одним из важнейших факторов, определяющих комфорт и удобства людей в холодное время года. Еще 30 - 40 лет назад, котельное оборудование было чрезвычайно большим и имело довольно низкий коэффициент полезного действия (КПД). Как следствие, котельные расходовали большое количество энергоносителя.

В настоящее время котельные установки проектируют намного более экономичными. При этом они оснащены всем, что необходимо для успешной работы. КПД многих существующих котельных установок может достигать 0,95. Котельные установки сейчас - это экономичность, высокая степень автоматизации оборудования, высокий КПД и экологичность. Про особую важность экономичности котельных в реалиях нашего времени говорит тот факт, что цены на топливо постоянно растут, и, как следствие, минимизация его затрат является особо важной задачей.

Решение этой задачи дает возможность снижения расходов на отопление и горячее водоснабжение. Возможность автоматизации процессов, происходящих в котельной, трудно переоценить, в современных котельных установках есть возможность выводить управление практически всем оборудованием на единую панель управления. Благодаря такой автоматизации уменьшается количество рабочих, требующихся для обслуживания котельной, а их труд оптимизируется.

В статье рассмотрен источник теплоснабжения площадки СПбГУПТД на ул. Розентштейна. Теплоснабжение административных и производственных помещений с учебными аудиториями и офисами осуществляется с помощью паровой котельной, в состав которой входят два паровых котла марки Е-1/9, работающих на природном газе.

В данном случае имеется 2 проблемы, решение которых необходимо продумать. Во-первых, из всего состава оборудования котельной за продолжительный срок эксплуатации были заменены только питательные насосы. Остальное же оборудование устарело и нуждается в модернизации. Во-вторых, осуществляется паровое отопление зданий и сооружений

площадок, которое имеет ряд существенных недостатков в сравнении с водяным. Поэтому следует произвести модернизацию системы отопления с паровой на водяную. По данному объекту существует несколько вариантов решения проблемы нерационального использования энергоресурсов:

1. Полная замена существующего оборудования на актуализированную блочно-модульную котельную.

2. Модернизация существующих котлов и котельного оборудования с целью перевода системы отопления на воду и увеличения срока службы существующих котлов.

3. Установка пароводяного теплообменника. Данная схема не предусматривает модернизацию оборудования, но позволяет перевести паровое отопление на водяное.

4. Перевод площадки на централизованное теплоснабжение.

Полная замена всего оборудования - очень дорогостоящее мероприятие, которое сможет окупиться только в случае высоких вырабатываемых мощностей, которых не генерирует рассматриваемый объект. По полученным результатам такой проект является нерентабельным для данной площадки в связи с тем, что себестоимость тепловой энергии, равная 1548,2 руб./Гкал, больше существующего тарифа для закупки.

Конструкция котлов марки Е-1/9 позволяет произвести модернизацию с целью перевода парового котла в водогрейный режим. При этом, исходя из расчетов, при небольших изменениях в конструкции данное мероприятие позволит:

- продлить срок службы котла;
- увеличить КПД котла и снизить расход топлива;
- значительно снизить температуры металла котлов за счёт снижения средней температуры воды;
- непосредственно включать котлы в систему теплоснабжения;
- отказаться от пароводяных подогревателей, что дает 2÷3 % экономии на теплопередаче.

Установка пароводяного теплообменника позволяет с минимальными затратами осуществить замену парового отопления на водяное. Это мероприятие предусматривает установку следующего оборудования в дополнение к существующему: 2 сетевых и 2 подпиточных насоса, теплообменный аппарат. Такой проект позволит снизить нагрузку котла, что увеличит его срок службы.

Последний вариант был также рассмотрен, но из-за большой удаленности рассматриваемой площадки от централизованного источника теплоснабжения, оказался нерентабельным.

По полученным данным можно сделать вывод, что оптимальным вариантом модернизации источника теплоснабжения данной площадки является перевод парового котла в водогрейный режим работы.

© И.А. Труханова, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Монашенко А.Д., руководитель Гладышев Н.Н. Проблемы регулирования отпуска тепловой энергии в российских системах теплоснабжения.	5
Белобокhov Е.А., руководитель Иванов В.Д. Использование пластиковых труб при реконструкции тепловых сетей.	8
Базулин И.С., руководитель Гладышев Н.Н. К вопросу водородной энергетики.	11
Астапенко Д.А., руководитель Ганичев В.А. Оптимизация теплового и гидравлического режимов сушильной части бумагоделательной машины ЦБК.	14
Никачадзе Д.М., Попова Е.С., руководитель Бондаренкова И.В. Эффективность использования информационных технологий и систем автоматизации в современном мире.	16
Куликов В.С., руководитель Горбай С.В. Потолочное отопление дома	19
Сколяров Я.Н., Александрович А.А. Исследование образования вредных выбросов при работе стационарных и нестационарных установок для утилизации твёрдых коммунальных отходов.	21
Якубова З.С., руководитель Смородин С.Н. Утилизация и обезвреживание некоторых видов отходов.	24
Ларин Д.О., руководитель Труханова И.А. Необходимость применения анализаторов кислорода в современных котельных.	28
Малютин Д.И. Применение микроразмерной целлюлозы марки арбоцеллв композиции бумаги из целлюлозы.	30
Валиев М.Р., руководитель Шакиров Ю.И. Применение газовых водонагревателей в домашних условиях	35
Абалымов Д.Д., руководитель Суриков В.Н. Идентификация объекта управления по экспериментальным данным в программной среде MATLAB.	37

Белоусов В.Н., Иванов А.Н., Смородин С.Н. Термическое обезвреживание твёрдых бытовых отходов и отработанных автомобильных покрышек.	39
Белькова Д.В., руководитель Суслов В.А. Теплообмен при кипении недогретых растворов.	41
Белоусов В.Н., Смородин С.Н. Система термического обезвреживания соединений восстановленной серы лесохимического цеха Котласского ЦБК.	44
Горлова В.Н., руководитель Смородин С.Н. Разработка теплотехнической части проекта блок-модульной котельной. . .	46
Казаков В.Г. Выпаривание сульфатных растворов с кристаллизацией твердой фазы . . .	50
Деманов В.А., Мостовой А.Д., руководитель Ковалёв Д.А. Метод разделения стойких водонефтяных эмульсий.	53
Езов А.О. Геотермальная энергетика в России.	58
Деманов В.А., Мостовой А.Д., руководитель Труханова И.А. Практическое применение метода разделения стойких водонефтяных эмульсий.	61
Иванов А.В., руководитель Короткова Т.Ю. Перспективы перехода к закрытым системам теплоснабжения в РФ	63
Игумнов М.А., руководитель Степанов В.Н. Выявление причин нарушения электроснабжения при помощи комплекса БАВР.	65
Искимжи М.А., руководитель Смородин С.Н. Разработка проекта котельной, использующей в качестве топлива отходы птицефабрики.	67
Казаков Р.Р. Развитие автоматизации в России и мире.	71
Хушт Н.И., Файзуллаева А.В. Россия в условиях глобальной инновационной гиперконкуренции.	73

Козлова К.О. Теплоэнергетическое обеспечение ЦБП комбината ЗАО «INTERNATIONAL PAPER» в г. Светогорске.	76
Мешков И.Д. «Умные» сети электроснабжения.	78
Липатов М.С., руководитель Барановский В.В. Повышение эффективности источников теплоснабжения.	81
Михайлов И.А., руководитель Барановский В.В. Повышение эффективности использования ПГУ за счет замещения паром антиобледенительного устройства ГТД взамен отбираемого из компрессора воздуха.	83
Казаков В.Г. Концепция развития технологии переработки черного щелока сульфатной целлюлозы.	88
Назим Б.А., руководитель Суслов В.А. Исследование способа устранения недостатков в работе систем регенерации с поверхностными подогревателями низкого давления.	91
Пастухов С.О., руководитель Верхованцев А.А. Военная энергетика России.	94
Ремизов В.С., Ремизова И.В. Некоторые особенности энергетики работы преподавателя.	96
Салмин Д.А., руководитель Белоусов В.Н. Сравнительный анализ методик расчета теплообмена при конденсации водяного пара.	98
Ремизова И.В. Особенности оптимального планирования на сегежском ЦБК.	100
Суслов В.А. Кризисы первого рода при выпаривании с восходящей пленкой пенных растворов в выпарных аппаратах ЦБП.	102
Сергей Л.П., руководитель Хлыновский А.М. Решение проблемы утилизации стойких органических веществ методом сверхкритического водного окисления.	112

Сидельников В.И. Моделирование управления показателями качества выпускаемой продукции на БДМ.	114
Хушт С.И., Файзуллаева А.В. Экономико – математическое моделирование как основной математический метод в экономике АПК	116
Слюта М.О., руководитель Суриков В.Н. Разработка нейросетевой модели распространения загрязняющих веществ для нормирования сброса в речные акватории.	119
Белоусов В.Н., Смородин С.Н. Влияния минеральной части шелока на эффективность работы СРК.	122
Толстов И.Ю., руководитель Верхованцев А.А. Применение низкотемпературных газов в промышленности.	125
Матвеева Т.Н., руководитель Суслов В.А. Теплообмен при пузырьковом кипении в трубах.	127
Червинский В.Н., руководитель Короткова Т.Ю. К вопросу о применении теплонасосных установок для повышения эффективности использования ветровой энергии.	130
Фёдоров А.И., руководитель Кузьмин А.Г. Численное исследование аэродинамики автомобиля.	132
Цимбал В.Д., руководитель Белоусов В.Н. Области и схемы горения твердых частиц бурого и тощего угля Канско- Ачинского угольного бассейна.	134
Суслов В.А. Механизм кризиса теплообмена второго рода при выпаривании с восходящей пленкой пенных растворов в выпарных аппаратах ЦБП.	137
Большакова К.И., руководитель Короткова Т.Ю. Особенности статистических алгоритмов оптимизации.	142
Сколяров Я.Н., Зеленский С.И. Обоснование и разработка передвижной мобильной установки для утилизации твердых бытовых отходов	144
Трейман М.Г. Перспективные пути использования энергии биотоплива на котельных и ТЭЦ.	148

Тимофеев О.Н. Экспериментальное исследование налипания картона к горячей металлической поверхности	149
Липатов М.С. Развитие когенерации на базе существующих котельных.	151
Остромецкая В.Н., руководитель Иванов В.Д. Повышение эффективности проектирования объектов теплоэнергетики с помощью программы Autodesk Inventor	153
Никитина Н.В., руководитель Ремизова И.В. Повышение эффективности источников производства тепловой и электрической энергии	155
Рожков Н.Н., Куликов В.С. Повышение экологической безопасности предприятий при пылеулавливании	156
Семенченко Ю.С., Богданов Н.А., руководитель Хлыновский А.М. Россия и Казахстан: разработка интегрированного метода биоремедиации нефтяных загрязнений.	159
Сиротило Е.Ю., руководитель Барановский В.В. Проектирование углекислотно-газового цикла с частичной утилизацией продуктов сгорания в геотермальном источнике.	161
Дягилева А.Б. Совершенствование системы непрерывного образования в области экологической безопасности.	164
Базулин И.С., руководитель Гладышев Н.Н. Электро-преобразовательные системы отопления жилых зданий	167
Коновалов П.Н., Липатов М.С. Внедрение современной АСУТП системы управления и контроля котлоагрегатов и турбин Автовской ТЭЦ-15	176
Труханова И.А. Выбор оптимального варианта модернизации источника теплоснабжения... .	179