

ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В САПР КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Дидух Д.С. - аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Современные САПР позволяют объединить задачи конструкторско-технологической подготовки и управления производством в рамках физически единой базы данных. Они обеспечивают совместную работу над проектом большого количества специалистов, помогают инженерным и производственным компаниям быстро реагировать на конъюнктуру рынка товаров, сокращают сроки и снижают материальные затраты на подготовку производства нового изделия.

В энергомашиностроении САПР применяют на всех стадиях подготовки производства к выпуску нового изделия, начиная от концептуального проектирования его внешнего вида, разработки конструкторской и технологической документации, в том числе управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), до оперативного планирования загрузки оборудования. Системы автоматизированного проектирования позволяют работать с наглядными трехмерными изображениями изделий и их отдельных деталей, производить инженерный анализ разрабатываемой конструкции и технологическую подготовку производства, обеспечивают управление движением конструкторско-технологической документации между отдельными сотрудниками и различными подразделениями.

Новым этапом развития САПР котельных установок является создание экспертной системы, которая объединит в себе задачи проектирования, инженерных расчетов и создания конструкторской документации.

Экспертные системы (ЭС) – это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов (экспертов) в конкретных предметных областях и предназначенные для обеспечения высокоэффективного решения неформализованных задач.

В ходе работ по созданию ЭС сложилась определенная технология их разработки, включающая шесть следующих этапов:

1. Идентификация;
2. Концептуализация;
3. Формализация;
4. Выполнение;
5. Опытная эксплуатация;
6. Тестирование.

Ядро ЭС образует базу данных, базу знаний и машину выводов.

База данных представляет собой рабочую память, в которой хранятся текущие данные, заключения и другая информация, имеющая отношение к анализируемой системой ситуации. В исходные данные входят параметры паропроизводительности котельной установки, давление перегретого пара, характеристики топлива, конструктивные особенности поверхностей нагрева и другие характеристики, необходимые для расчетов топочной камеры, пароперегревателя и конвективной, а также данные для построения твердотельных моделей этих элементов.

База знаний (БЗ) в ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области. База знаний обеспечивает хранение знаний. База знаний экспертной системы котла включает в себя данные из нормативной документации, которые содержат методики теплового, аэродинамического, гидравлического расчета котельной установки, характеристики материалов используемых в котлостроении, а также основные конструкторские решения ведущих специалистов отрасли.

Решатель (машина вывода, подсистема поиска решений), используя исходные данные из рабочей памяти и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые,

будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи в соответствии с используемой моделью знаний.

Целью работы является создание проектирующей и обучающей экспертной системы, которая могла бы стать ядром САПР, объединяющим различные информационные и расчетные компоненты, содержащим опыт ведущих специалистов отрасли, а также могла быть эффективным инструментом обучения специалистов.

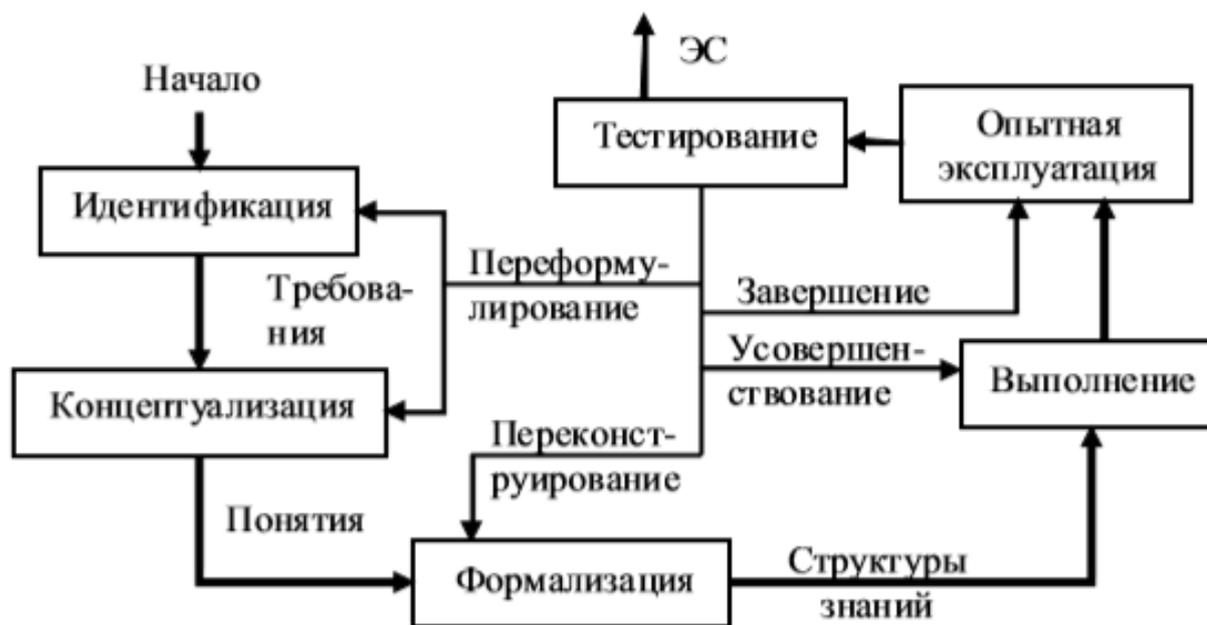


Рисунок 1 – Технология разработки экспертных систем

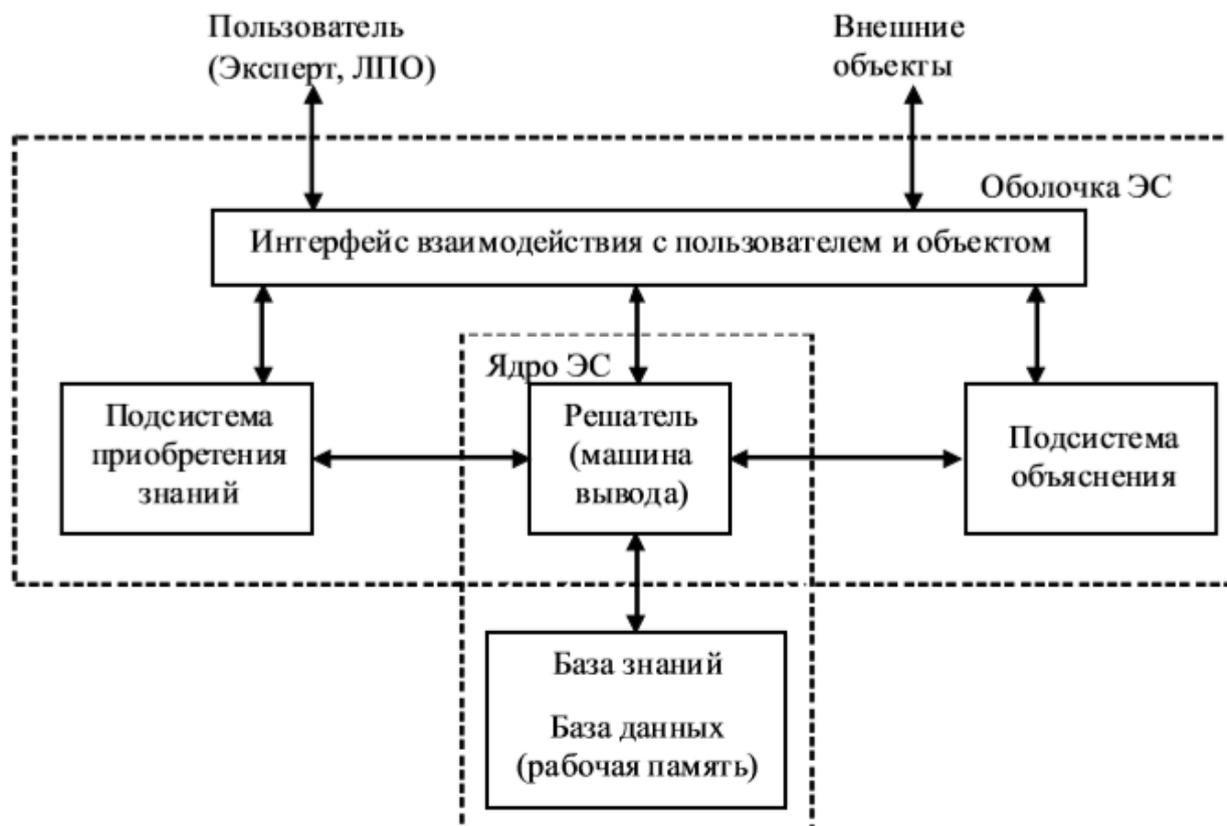


Рисунок 2 – Структура экспертной системы

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В ПЛОТНОМ СЛОЕ
Маришин Н.С. - студент, Гордиенко Н.С. - студент, Сеначин П.К. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время наблюдается рост интереса к глубокой переработке угля и, в частности, к газификации в плотном слое в газогенераторах Lurgi, однако отсутствие нормативной методики для инженерных расчётов процессов в таких устройствах затрудняет их более широкое внедрение. Существует несколько стационарных одномерных моделей адиабатических и неадиабатических реакторов [2], представленная работа основана по большей части на модели Сеначина П. К. [1] с небольшими изменениями.

В модели рассматривается одномерный адиабатический противоточный газогенератор Lurgi, уголь представлен в виде пористой среды, составленной из монодисперсных сферических частиц диаметра d_0 с жёстким зольным скелетом и выгорающим углеродным ядром, порозность (отношение объёма пор к общему объёму) принимается одинаковой по всей высоте газогенератора. Через пористую среду фильтруется газовая фаза. Температура угля и газа на каждой высоте газогенератора одинакова. Обычно в реакторах Lurgi выделяют несколько зон: сушки, выхода летучих, восстановительную, окислительная, зольную подушку (Рисунок 1), однако в настоящей работе рассматриваются только окислительная и восстановительная зоны, причём без чёткого разделения.

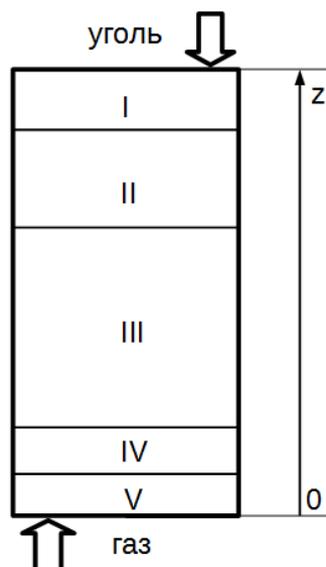


Рисунок 1 - Принципиальная схема газогенератора Lurgi и его реакционных зон: I – зона сушки, II – зона выхода летучих, III - восстановительная зона, IV – окислительная зона, V - зольная подушка

На поверхности пор протекают следующие гетерогенные реакции:

- 1). $C + O_2 = CO_2 + 395 \text{ кДж/моль}$
- 2). $2C + O_2 = 2CO + 219 \text{ кДж/моль}$
- 3). $C + CO_2 = 2CO - 175,5 \text{ кДж/моль}$
- 4). $C + H_2O = CO + H_2 - 130,5 \text{ кДж/моль}$
- 5). $C + 2H_2 = CH_4 - 74,9 \text{ кДж/моль}$

Гомогенные реакции в порах:

- 6). $2CO + O_2 = 2CO_2 + 571 \text{ кДж/моль}$
- 7). $CO + H_2O = CO_2 + H_2 + 40,4 \text{ кДж/моль}$
- 8). $2H_2 + O_2 = 2H_2O + 231 \text{ кДж/моль}$

Основными уравнениями, описывающими процесс газификации, являются следующие уравнения:

- уравнения неразрывности для каждого компонента газовой фазы

$$\rho_i \frac{dw_\phi}{dz} + w_\phi \frac{d\rho_i}{dz} = M_i \sum_j A_j^i W_j^i, \quad (1)$$

где ρ_i – действительная плотность компоненты i газовой фазы, w_ϕ – скорость фильтрации относительно угля, M_i – молярная масса компонента i , W_j^i – скорость реакции j с участием компонента i , A_j^i – соответствующий стехиометрический коэффициент;

- уравнение неразрывности для дисперсной фазы

$$\rho_c^0 u^c \frac{d\eta}{dz} = -M_c \sum_j A_j W_j, \quad (2)$$

где η – коэффициент выгорания угля, лежащий в пределах от 0 до 1, причём 1 соответствует полному выгоранию, ρ_c^0 – начальная плотность углерода, u^c – скорость угля относительно стенок, M_c – молярная масса углерода, W_j – скорость реакции j с участием дисперсной фазы, A_j – соответствующий стехиометрический коэффициент;

- уравнение переноса энергии

$$\left[\varepsilon (w_\phi - u^c) \sum_s C_s \rho_s - u^c (C_c \rho_c^0 (1 - \eta) + C_b \rho_b) \right] \frac{dT}{dz} = \lambda \frac{d^2 T}{dz^2} + \sum_j W_j Q_j - \alpha (T - T_0), \quad (3)$$

где ε – порозность, C_s – теплоёмкость компонента s газовой фазы, C_c – теплоёмкость углерода, C_b – теплоёмкость балласта, ρ_b – плотность балласта, λ – коэффициент теплопроводности дисперсионной фазы, который определяется экспериментально [3] или теоретически [5], однако для случая противоточного газогенератора теплопроводностью можно пренебречь [2], как мы и поступим, W_j – скорость реакции j , Q_j – теплота реакции j , α – коэффициент теплоотдачи стенке, T_0 – стенки;

- уравнение Дарси

$$\frac{dp}{dz} = - \frac{w_\phi}{k_\phi}, \quad (4)$$

где p – давление, k_ϕ – коэффициент фильтрации, который можно вычислить, используя соотношение Козени-Кармана [6];

- уравнение состояния газовой фазы:

$$p = RT \sum_s \frac{\rho_s}{M_s}, \quad (5)$$

- скорость гетерогенной реакции i углерода с компонентом j газовой фазы

$$W_i = K_{ci} S_c (1 - \eta), \quad (6)$$

где $S_c = \frac{\varepsilon(1-\varepsilon)/d_0}{1 + (\rho_c^0/\rho_b)/(100/A^r - 1)}$, A^r – зольность, $K_{ci} = \frac{\beta_i A_j}{k_{Wi} + Nu_D D_j}$, A_j – концентрация

компонента j газовой фазы, Nu_D – диффузионное число Нуссельта, D_j – коэффициент диффузии компонента j , k_{Wi} – кинетическая скорость реакции i , вычисляемая исходя из закона Аррениуса и предположения о существовании полюса, в котором скорости гетерогенных реакций становятся одинаковыми [7].

Скорости гомогенных реакций предполагалось брать в соответствии с законом Аррениуса, однако в этом случае возникает значительная нелинейность, вызывающая сложности в сходимости решения. Выходом из этого положения может быть использование метода константы равновесия, применённого из-за много большей скорости гомогенных реакций по сравнению с гомогенными, что позволяет сделать вывод о термодинамическом равновесии в газовой фазе. Этот прием широко используется в подобных исследованиях [2, 3, 4].

Граничные условия на выходе из реактора ($z=0$) выглядят следующим образом: $T(0)=T_{восп}$ – температура воспламенения кокса, $p(0)=p_0$, $\rho_i(0)=\rho_i^0$; граничные условия на входе в реактор ($z=h$): $p(h)=p_1$, $\eta(h)=0$.

Данная система дифференциальных уравнений первого порядка (если не учитывать теплопроводность) с крайними граничными условиями решалась методом Рунге-Кутты с использованием «метода стрельбы». Некоторые результаты представлены на рисунках 2 и 3.

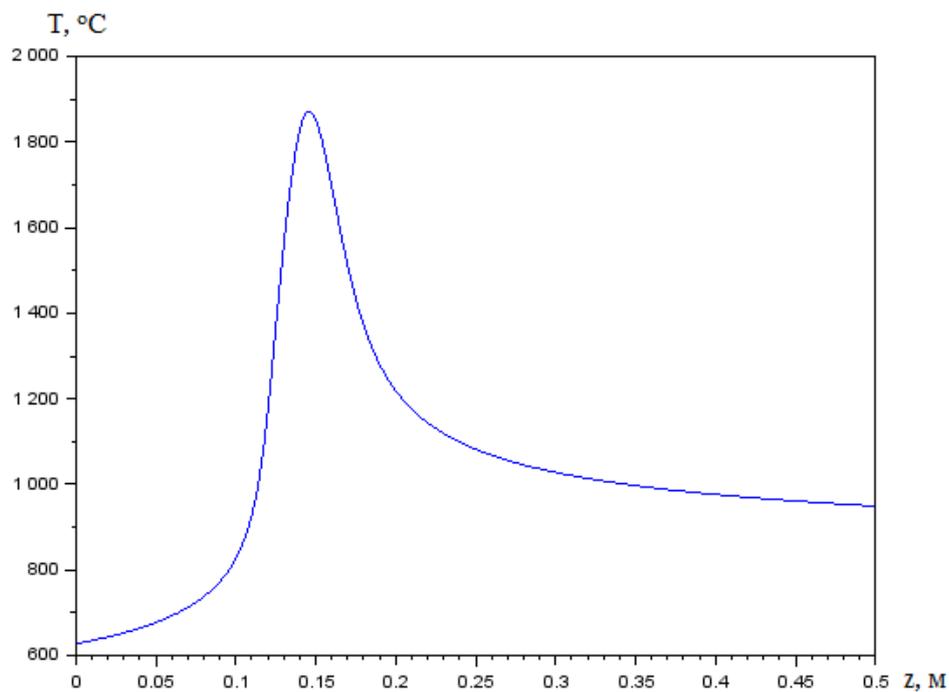


Рисунок 2 - Профиль температуры по высоте в газогенераторе

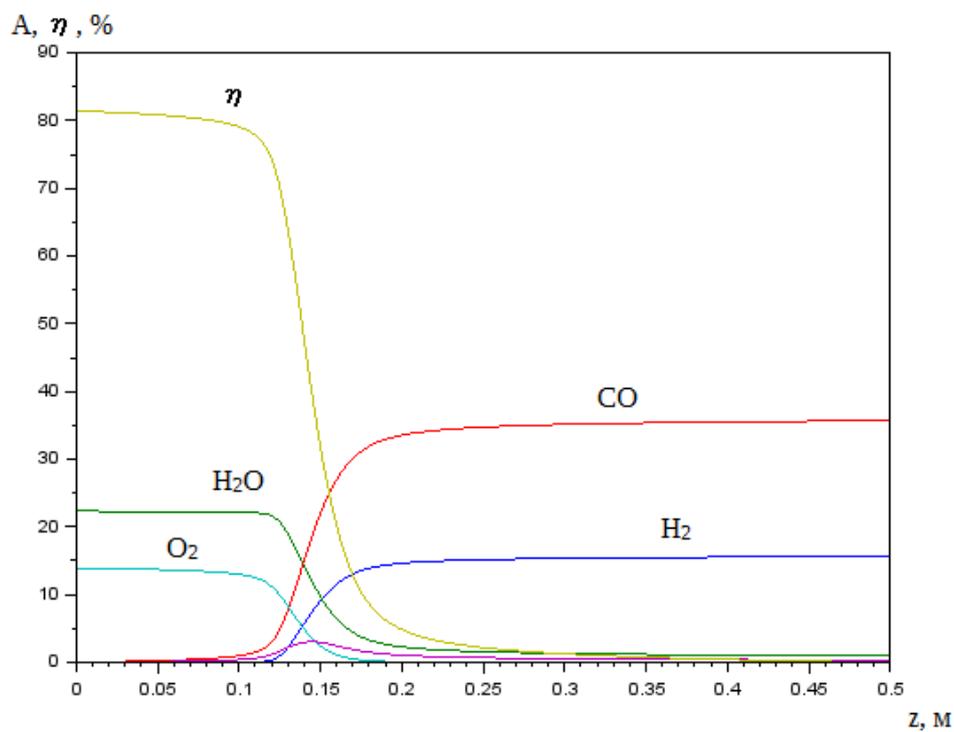


Рисунок 3 - Профили объёмных долей газовых компонент и коэффициента выгорания по высоте

Список литературы

1. Физико-химические основы горения и газификации углей в плотном слое газификатора Lurgi / А. Н. Нагорнов, Р. Ш. Загруднинов, П. К. Сеначин, С. М. Кисляк, Р. М. Утемесов // Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ-2008): Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Барнаул, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 1-4 октября 2008. - Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2008. - С. 380-397.
2. Степанов С.Г., Исламов С.Р. Математическая модель газификации угля в слоевом реакторе // Химия твёрдого топлива. - 1991. - № 2. - С. 52-58.
3. Кузоватов И. А., Гроо А. А., Степанов С. Г. Численное моделирование физико-химических процессов в слоевом газификаторе // Вычислительные технологии. - 2005. - Т.10. - №5. - С. 39-48.
4. Т. С. Ворончихина, В. С. Славин, С. Р. Исламов. Компьютерная модель нестационарных процессов при слоевой газификации угля // Сибирский физико-технический журнал. - 1993. - Вып. 3. - С. 85-90.
5. Аэров М. Э., Тодес О. М., Наринский Д. А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л.: Химия, 1979. 176 с.
6. Леонтьев Н. Е. Основы теории фильтрации: Учебное пособие. - М.: Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2009. - 88 с.
7. В. В. Померанцев, К.М. Арефьев, Д.Б. Ахмедов и др. Основы практической теории горения: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986. - 312 с.

ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОТЛОВ, СЖИГАЮЩИХ МЕТАНО-ВОДОРОДНУЮ СМЕСЬ

Манюшкин А.В.- студент, Жуков Е.Б. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

«СИБУР-Кстово» - современное нефтехимическое предприятие, основное направление деятельности которого - переработка газообразного и жидкого углеводородного сырья с получением на выходе этилена, пропилена, бензола, ароматических углеводородов и тяжелой пиролизной смолы.

Первоначально нефтехимический завод «СИБУР-Кстово» был создан на базе установки по производству этилена и пропилена ЭП-300. Впоследствии на предприятии были введены в эксплуатацию установка по производству бензола и собственный энергоблок. В энергоблок входят два паровых котла французской фирмы CNIM со следующими параметрами: паропроизводительность 220т/ч, температура перегретого пара 540⁰С, давление 11,8 МПа. Котлы предназначены для сжигания природного газа и мазута.

Отличительные особенности котла CNIM:

- конструкция котла самонесущая, то есть не требуется каркас и подвесная система, следовательно, значительно сокращены габариты и масса котла. Нагрузки от веса элементов котла через нижние коллекторы ограждений котла передаются на фундаментные опоры. Конструкция и место установки опор котла допускает свободное тепловое расширение его элементов;

- барабан котла опирается на опускные трубы, образующие ограждения заднего экрана конвективной шахты, которые служат опорой барабана.

Данные котлы, находящиеся в эксплуатации с 1991г., обеспечивают высокоэкономичную и надежную работу, полностью удовлетворяющую требованиям Заказчика.

В процессе эксплуатации предприятие «СИБУР-Кстово» столкнулось с проблемой нехватки перегретого пара для собственного потребления, вырабатываемого названными котлами. Также на предприятии существовала проблема утилизации побочного продукта производства – метано-водородной смеси, которая сжигалась в открытом факеле.

Появилось предложение использовать сжигание метано-водородной смеси собственной выработки в качестве альтернативы природному газу.

Кроме того, руководство предприятия решило заказать разработку и изготовление двух котлов с аналогичными характеристиками, которые бы в качестве основного топлива сжигали метано-водородную смесь, а в качестве резервного топлива использовали природный газ.

При разработке проекта такого котла необходимо решить следующие проблемы:

- повышение экономичности работы котла за счет утилизации побочного продукта производства;
- организация безопасного сжигания газообразного топлива с повышенным содержанием водорода;
- реализация конструкции скользящих опор котла, допускающих свободное тепловое расширение.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ И УВЕЛИЧЕНИЯ КПД

Пермяков Е.Е. - студент, Лихачева Г.Н. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В России множество муниципальных предприятий, занимающихся производством тепла и горячей воды – так называемых муниципальных котельных. Оборудование этих котельных в значительной степени устарело, в связи с чем предприятия несут большие финансовые потери. Разработка плана модернизации муниципальных котельных позволит вывести предприятия на новый, более высокий уровень по надежности и экономичности.

Рассмотрим основные варианты плана модернизации муниципальных котельных.

Вариант 1. Перевести котельные с твердого топлива на природный газ.

При этом будут решены несколько проблем:

- не потребуются золоуловители и механизмы шлакоудаления;
- вредные выбросы в атмосферу будут сокращены в несколько раз;
- увеличится экономичность использования топлива.

Минусы варианта:

- газ очень взрывоопасен;
- если сжигать везде только газ, его запасы быстро истощатся, что недопустимо;
- стоимость газа сравнительно высока.

Вариант 2. Перевести котельные на водоугольное топливо.

Плюсы варианта:

- Меньшие по сравнению с газом затраты на подготовку топлива;
- Значительное по сравнению с углем уменьшение выбросов вредных веществ в связи с более низкой температурой сгорания топлива;
- практически полное выгорание топлива;
- пожаро-взрывобезопасность.

Минусы варианта:

- необходимо строить отдельный цех или целый завод для производства водоугля.

Вариант 3. Модернизация оборудования. Здесь есть два пути решения: частичная и полная модернизация.

При этом частичная модернизация проводится с привлечением минимальных средств для решения основных проблем.

Полная модернизация предполагает глубокое вмешательство в оборудование котельной до замены всех основных узлов теплового пункта.

Частичная модернизация может включать различные планы мероприятий. Например, план 1 может включать:

- Улучшение водоподготовки. Обычно в котлах используется обычная водопроводная вода, которая разъедает кипяtilьные трубы и трубопроводы котла.

Можно предложить установку умягчителя воды. Один из самых удобных и эффективных приборов для очистки воды в котельных - электромагнитный умягчитель воды АкваЩит;

- Сокращение вредных выбросов. Установка золоуловителя исходя из расчетов по выбросам. Проведение перерасчета объема выбросов с целью проектирования и замены дымовой трубы.

План 2 может включать:

- Автоматизацию топливоподачи. Данное решение исключит перерасход топлива и окупит себя в короткий срок. Установка ленточных транспортеров, пневмозабрасывателей и пр.

Глубокая модернизация предполагает полное обновление оборудования: замена котлов, горелок, дымососов.

Для различных вариантов модернизации проведены расчеты затрат, расчеты вредных выбросов (до и после модернизации), динамики после модернизации и другие расчеты.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ.

Красилов К.А. - студент, Меняев К.В. – ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

С 1900 по 2000 гг. потребление энергии в мире увеличилось почти в 15 раз - с 21 до 320 экодж (1 экодж = $27 \times 10^6 \text{ м}^3$ нефти). В качестве первичных источников используются нефтепродукты (34,9%), уголь (23,5%), природный газ (21,1%), ядерное топливо (6,8%) и возобновляемые источники - ветер, солнце, гидро- и биотопливо (13,7%). Это привело к тому, что за 50 лет выбросы углекислого газа в атмосферу возросли в 4,5 раза и сегодня составляют $20 \times 10^{12} \text{ м}^3/\text{год}$. Это углекислый газ, который вызывает парниковый эффект.

Энергетика, основанная на ископаемом топливе, создает очень много экологических проблем. Возникает дилемма: без энергии нельзя сохранить нашу цивилизацию, однако существующие методы производства энергии и высокие темпы роста ее потребления приводят к разрушению окружающей среды. Естественно, что одна из основных задач современной энергетики - поиски путей преодоления экологических проблем.

Вторая и главная проблема состоит в том, что существующие источники энергии ограничены. Считается, что нефти и газа хватит не более чем на 100 лет, угля - примерно на 400 лет, ядерного топлива - на 1000 лет с лишним. Для того чтобы иметь топливо, когда на Земле будут исчерпаны запасы нефти и газа, и решить экологические проблемы, необходимо переходить к новым источникам энергии и иметь "чистую энергетику". И главная надежда - на водородную энергетику: использование водорода как основного энергоносителя и топливных элементов как генераторов электроэнергии. Одновременно резко сократится потребление ископаемых топлив, потому что водород можно получать из воды, разлагая ее на водород и кислород. Энергию для этого будут давать ядерная энергетика и возобновляемые источники.

Переход на водородную энергетику означает крупномасштабное производство водорода, его хранение, распределение (в частности, транспортировку) и использование для выработки энергии с помощью топливных элементов. Водород находит применение и в других областях, таких как металлургия, органический синтез, химическая и пищевая промышленность, транспорт и т.д. Судя по современным темпам и масштабам развития водородной энергетики на нашей планете, мировая цивилизация в ближайшее время должна перейти к водородной экономике. Фактически задача состоит в том, чтобы создать топливные элементы и использовать водород для получения электрической энергии.

Один из источников водорода - природное топливо: метан, уголь, древесина и т.д. При взаимодействии топлива с парами воды или воздухом образуется синтез-газ - смесь CO и H₂. Из нее затем выделяется водород. Другой источник - отходы сельскохозяйственного производства, из которых получают биогаз, а затем - синтез-газ. Промышленно-бытовые отходы тоже используются для производства синтез-газа, что способствует одновременно и решению экологических проблем, поскольку отходов много и их нужно утилизировать. В конечном счете образуются углекислый газ, водород и окись углерода. Далее идет каталитическая очистка, электрохимическая конверсия и т.д. Водород можно получать также электролизом воды, то есть разложением ее под воздействием электрического тока.

Очень важным элементом при преобразовании газа, содержащего водород, является очистка газа на палладиевых мембранах. В конечном счете получается чистый водород.

В мегаваттных установках для децентрализованной энергетики используются фосфорнокислые и расплав-карбонатные топливные элементы и метан в качестве топлива с последующим преобразованием его в водород химическими методами. На транспорте находят применение киловаттные энергетические установки с твердооксидными и твердополимерными топливными элементами.

В Японии создана энергетическая установка на топливных элементах мощностью 100 кВт, в Германии - установка мощностью 250 кВт, функционирующая как небольшая автономная электростанция. Фирма "Сименс Вестингхаус" разработала гибридную энергетическую установку на твердооксидных топливных элементах. В ней мощная струя выходящих газов используется для работы газовой турбины, то есть к электрической энергии, вырабатываемой топливными элементами, добавляется электрическая энергия, вырабатываемая турбиной. Крупнейшие автомобильные компании мира ведут разработку электромобилей.

В России водородной энергетикой занимаются довольно давно, поскольку эти работы имели очень большое значение для автономной энергетики в космосе и подводном флоте. Космос и подводный флот были фактическими источниками средств для развития водородной энергетики. Почти 20 институтов АН СССР, а затем РАН (в Москве, Екатеринбурге и Новосибирске) решали те или иные вопросы водородной энергетики. В последние годы исследования поддерживались в основном за счет совместных контрактов с иностранными компаниями. В нашей стране для автономной энергетики созданы различные установки с электрохимическими генераторами мощностью от 1 до 16 кВт, в том числе корабельные мощностью 150 кВт и более.

В комплексной программе поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам запланировано исследование палладия. Металл платиновой группы палладий является одним из основных материалов для топливных элементов и всей водородной энергетики. На его основе изготавливаются катализаторы, мембранные аппараты для получения чистого водорода, материалы с повышенными функциональными характеристиками, топливные элементы, электролизеры, сенсоры для определения водорода. Палладий может эффективно накапливать водород, особенно нанопорошок палладия.

Помимо водородной энергетики, палладий находит применение в катализаторах для доочистки выхлопных газов обычных автомобилей; электролизерах для получения водорода и кислорода путем разложения воды; портативных топливных элементах, в частности метанольных; твердооксидных электролизерах с электродами на основе палладия; устройствах для получения кислорода из воздуха, в том числе и в медицинских целях; сенсорах для анализа сложных газовых смесей.

Задачи Российской академии наук в развитии водородной энергетики и палладиевых технологий:

- разработка новых технологий для водородной энергетики;
- поиск и исследование новых материалов и процессов, перспективных в области водородной энергетики;

- исследования по рациональному и эффективному применению палладия и металлов платиновой группы в энергетике и катализе;
- научное сопровождение со стороны академических институтов разработок промышленных технологий (мы не можем организовать серийное производство, но обязаны организовать научное сопровождение);
- разработка прогнозов развития водородной энергетики в России;
- создание концепции водородной экономики.

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Марусова О.В., Вдовина А.И. - студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развивающееся мировое хозяйство требует постоянного наращивания энерговооруженности производства. Однако человечеству в последнее время постоянно не хватает энергии. Все чаще в газетах и различных журналах встречаются статьи об энергетическом кризисе.

Все это привело к более глубокому изучению и использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). К ним относят энергию ветра, Солнца, геотермальную энергию, биомассу и энергию Мирового океана. Основное преимущество возобновляемых источников энергии их неисчерпаемость и экологическая чистота. Их использование не изменяет энергетический баланс планеты. Но также эти источники энергии имеют и отрицательные свойства. Это малая плотность потока (удельная мощность) и изменчивость во времени большинства НВИЭ.

Издавна люди знают о стихийных проявлениях гигантской энергии, таящейся в недрах земного шара. Память человечества хранит предания о катастрофических извержениях вулканов, унесших миллионы человеческих жизней, неузнаваемо изменивших облик многих мест на Земле. Мощность извержения даже сравнительно небольшого вулкана колоссальна, она многократно превышает мощность самых крупных энергетических установок, созданных руками человека. Правда, о непосредственном использовании энергии вулканических извержений говорить не приходится – нет пока у людей возможностей обуздать эту непокорную стихию, да и, к счастью, извержения эти достаточно редкие события. Но это проявления энергии, таящейся в земных недрах, когда лишь крохотная доля этой неисчерпаемой энергии находит выход через огнедышащие жерла вулканов.

Энергетика земли (геотермальная энергетика) базируется на использовании природной теплоты Земли. Недра Земли таят в себе колоссальный, практически неисчерпаемый источник энергии. Так, например, маленькая европейская страна Исландия – полностью обеспечивает себя помидорами, яблоками и даже бананами! Многочисленные исландские теплицы получают энергию от тепла земли – других местных источников энергии в Исландии практически нет. Зато очень богата эта страна горячими источниками и знаменитыми гейзерами-фонтанами горячей воды, с точностью хронометра вырывающейся из-под земли. И хотя не исландцам принадлежит приоритет в использовании тепла подземных источников, жители этой маленькой северной страны эксплуатируют подземную котельную очень интенсивно. Столица – Рейкьявик, отапливается только за счет подземных источников. Но не только для отопления черпают люди энергию из глубин земли. Уже давно работают электростанции, использующие горячие подземные источники. Первая такая электростанция, совсем еще маломощная, была построена в 1904 году в небольшом итальянском городке Лардерелло, названном так в честь французского инженера Лардерелли, который еще в 1827 году составил проект использования многочисленных в этом районе горячих источников. Постепенно мощность электростанции росла, в строй вступали все новые агрегаты, использовались новые источники горячей воды, и в наши дни мощность станции достигла уже внушительной величины – 360 тысяч киловатт.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Зонова А.А., Разин В.А. - студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Солнечная энергетика представляет собой одно из перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения с целью получения энергии для отопления, электроснабжения и горячего водоснабжения. Солнце – неисчерпаемый, экологически безопасный и дешевый источник энергии. Как заявляют эксперты, количество солнечной энергии, которая поступает на поверхность Земли в течение недели, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана.

Немаловажным моментом является тот факт, что сырьем для изготовления солнечных батарей является один из самых часто встречающихся элементов – кремний. В земной коре кремний - второй элемент после кислорода (29,5% по массе). По мнению многих ученых, кремний - это «нефть двадцать первого века»: в течение 30 лет один килограмм кремния в фотоэлектрической станции вырабатывает столько электричества, сколько 75 тонн нефти на тепловой электростанции.

Однако некоторые эксперты полагают, что солнечную энергетику нельзя назвать экологически безопасной ввиду того, что производство чистого кремния для фотобатарей является весьма «грязным» и очень энергозатратным производством. Наряду с этим, строительство солнечных электростанций требует отведения обширных земель, сравнимых по площади с водохранилищами ГЭС. Еще одним недостатком солнечной энергетики, по мнению специалистов, является высокая волатильность. Обеспечение эффективной работы энергосистемы, элементами которых являются солнечные электростанции, возможно при условии:

- наличия значительных резервных мощностей, использующих традиционные энергоносители, которые можно подключить ночью или в пасмурные дни;
- проведения масштабной и дорогостоящей модернизации электросетей.

Несмотря на указанный недостаток, солнечная энергетика продолжает свое развитие в мире. Прежде всего, ввиду того, что лучистая энергия будет дешеветь и уже через несколько лет составит весомую конкуренцию нефти и газу.

В настоящий момент в мире существуют **фотоэлектрические установки**, преобразующие солнечную энергию в электрическую на основе метода прямого преобразования, и **термодинамические установки**, в которых солнечная энергия сначала преобразуется в тепло, затем в термодинамическом цикле тепловой машины преобразуется в механическую энергию, а в генераторе преобразуется в электрическую.

Солнечные элементы как источник энергии могут применяться:

- в промышленности (авиапромышленность, автомобилестроение и т.п.),
- в сельском хозяйстве,
- в бытовой сфере,
- в строительной сфере (например, эко-дома),
- на солнечных электростанциях,
- в автономных системах видеонаблюдения,
- в автономных системах освещения,
- в космической отрасли.

Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей) и в Южной Сибири и на Дальнем Востоке. Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики: Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и

Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходит уровень солнечной радиации южных регионов. Так, например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт-час/м², тогда как в Республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) данный показатель равен 1290 кВт-час/м².⁵

В настоящее время Россия обладает передовыми технологиями по преобразованию солнечной энергии в электрическую. Есть ряд предприятий и организаций, которые разработали и совершенствуют технологии фотоэлектрических преобразователей: как на кремниевых, так и на многопереходных структурах. Есть ряд разработок использования концентрирующих систем для солнечных электростанций.

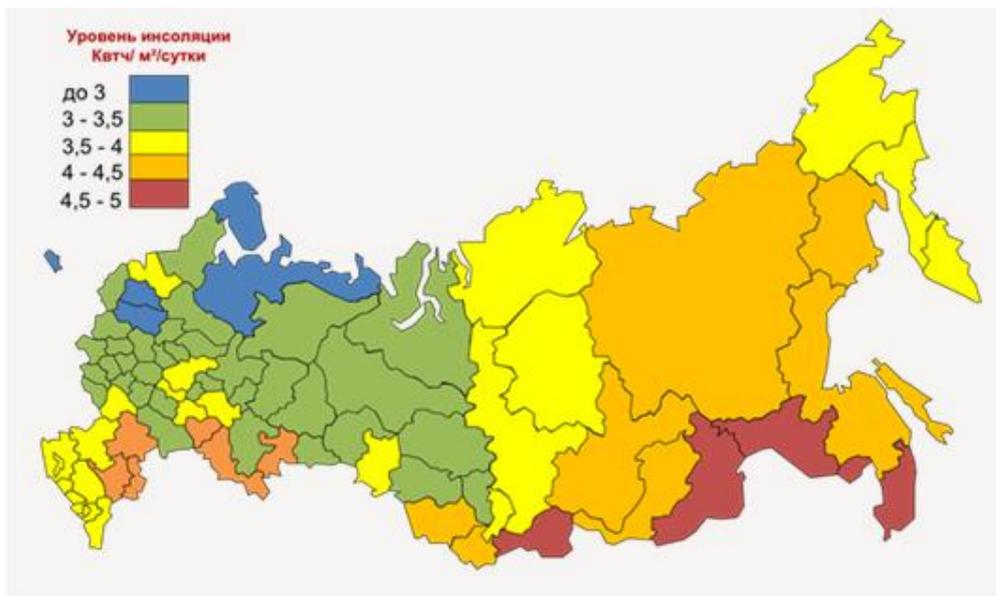


Рисунок 1 - Потенциал солнечной энергетики в России

ТИПЫ ТЭС И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Безденежных И.А. - студент, Меняев К.В. – ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Электрической станцией называется энергетическая установка, служащая для преобразования природной энергии в электрическую. Наиболее распространены тепловые электрические станции (ТЭС), использующие тепловую энергию, выделяемую при сжигании органического топлива (твердого, жидкого и газообразного).

На тепловых электростанциях вырабатывается около 76% электроэнергии, производимой на нашей планете. Это обусловлено наличием органического топлива почти во всех районах нашей планеты; возможностью транспорта органического топлива с места добычи на электростанцию, размещаемую близ потребителей энергии; техническим прогрессом на тепловых электростанциях, обеспечивающим сооружение ТЭС большой мощностью; возможностью использования отработавшего тепла рабочего тела и отпуска потребителям, кроме электрической, также и тепловой энергии (с паром или горячей водой) и т.п.[2]

Высокий технический уровень энергетики может быть обеспечен только при гармоничной структуре генерирующих мощностей: в энергосистеме должны быть и АЭС, вырабатывающие дешевую электроэнергию, но имеющие серьезные ограничения по диапазону и скорости изменения нагрузки, и ТЭЦ, отпускающие тепло и электроэнергию, количество которой зависит от потребностей в тепле, и мощные паротурбинные

энергоблоки, работающие на тяжелых топливах, и мобильные автономные ГТУ, покрывающие кратковременные пики нагрузки

Тепловые электростанции характеризуются большим разнообразием и их можно классифицировать по различным признакам.

По назначению и виду отпускаемой энергии электростанции разделяются на районные и промышленные. Районные электростанции – это самостоятельные электростанции общего пользования, которые обслуживают все виды потребителей района (промышленные предприятия, транспорт, население и т.д.). Районные конденсационные электростанции, вырабатывающие в основном электроэнергию, часто сохраняют за собой историческое название – ГРЭС (государственные районные электростанции). Районные электростанции, вырабатывающие электрическую и тепловую энергию (в виде пара или горячей воды), называются теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). Как правило, ГРЭС и районные ТЭЦ имеют мощность более 1 млн кВт.

Промышленные электростанции – это электростанции, обслуживающие тепловой и электрической энергией конкретные производственные предприятия или их комплекс, например завод по производству химической продукции. Промышленные электростанции входят в состав тех промышленных предприятий, которые они обслуживают. Их мощность определяется потребностями промышленных предприятий в тепловой и электрической энергии и, как правило, она существенно меньше, чем районных ТЭС. Часто промышленные электростанции работают на общую электрическую сеть, но не подчиняются диспетчеру энергосистемы.

По виду используемого топлива тепловые электростанции разделяются на электростанции, работающие на органическом топливе и ядерном горючем.

За конденсационными электростанциями, работающими на органическом топливе, во времена, когда еще не было атомных электростанций (АЭС), исторически сложилось название тепловых (ТЭС – тепловая электрическая станция). Именно в таком смысле ниже будет употребляться этот термин, хотя и ТЭЦ, и АЭС, и газотурбинные электростанции (ГТЭС), и парогазовые электростанции (ПГЭС) также являются тепловыми электростанциями, работающими на принципе преобразования тепловой энергии в электрическую.

В качестве органического топлива для ТЭС используют газообразное, жидкое и твердое топливо. Большинство ТЭС России, особенно в европейской части, в качестве основного топлива потребляют природный газ, а в качестве резервного топлива – мазут, используя последний ввиду его высокой стоимости только в крайних случаях; такие ТЭС называют газомазутными. Во многих регионах, в основном в азиатской части России, основным топливом является энергетический уголь – низкокалорийный уголь или отходы добычи высококалорийного каменного угля (антрацитовый штыб - АШ). Поскольку перед сжиганием такие угли размалываются в специальных мельницах до пылевидного состояния, то такие ТЭС называют пылеугольными.

По типу теплосиловых установок, используемых на ТЭС для преобразования тепловой энергии в механическую энергию вращения роторов турбоагрегатов, различают паротурбинные, газотурбинные и парогазовые электростанции.

Основой паротурбинных электростанций являются паротурбинные установки (ПТУ), которые для преобразования тепловой энергии в механическую используют самую сложную, самую мощную и чрезвычайно совершенную энергетическую машину – паровую турбину. ПТУ – основной элемент ТЭС, ТЭЦ и АЭС.

ПТУ, имеющие в качестве привода электрогенераторов конденсационные турбины и не использующие тепло отработавшего пара для снабжения тепловой энергией внешних потребителей, называются конденсационными электростанциями. ПТУ, оснащенные теплофикационными турбинами и отдающие тепло отработавшего пара промышленным или коммунально-бытовым потребителям, называют теплоэлектроцентралями (ТЭЦ).

Газотурбинные тепловые электростанции (ГТЭС) оснащаются газотурбинными установками (ГТУ), работающими на газообразном или, в крайнем случае, жидком (дизельном) топливе. Поскольку температура газов за ГТУ достаточно высока, то их можно использовать для отпуска тепловой энергии внешнему потребителю. Такие электростанции называют ГТУ-ТЭЦ. В настоящее время в России функционирует одна ГТЭС (ГРЭС-3 им. Классона, г. Электрогорск Московской обл.) мощностью 600 МВт и одна ГТУ-ТЭЦ (в г. Электросталь Московской обл.).

Традиционная современная газотурбинная установка (ГТУ) – это совокупность воздушного компрессора, камеры сгорания и газовой турбины, а также вспомогательных систем, обеспечивающих ее работу. Совокупность ГТУ и электрического генератора называют газотурбинным агрегатом.

Парогазовые тепловые электростанции комплектуются парогазовыми установками (ПГУ), представляющими комбинацию ГТУ и ПТУ, что позволяет обеспечить высокую экономичность. ПГУ-ТЭС могут выполняться конденсационными (ПГУ-КЭС) и с отпуском тепловой энергии (ПГУ-ТЭЦ). В настоящее время в России работает четыре новых ПГУ-ТЭЦ (Северо-Западная ТЭЦ Санкт-Петербурга, Калининградская, ТЭЦ-27 ОАО «Мосэнерго» и Сочинская), построена также теплофикационная ПГУ на Тюменской ТЭЦ. В 2007 г. введена в эксплуатацию Ивановская ПГУ-КЭС.

Блочные ТЭС состоят из отдельных, как правило, однотипных энергетических установок – энергоблоков. В энергоблоке каждый котел подает пар только для своей турбины, из которой он возвращается после конденсации только в свой котел. По блочной схеме строят все мощные ГРЭС и ТЭЦ, которые имеют так называемый промежуточный перегрев пара. Работа котлов и турбин на ТЭС с поперечными связями обеспечивается по другому: все котлы ТЭС подают пар в один общий паропровод (коллектор) и от него питаются все паровые турбины ТЭС. По такой схеме строятся КЭС без промежуточного перегрева и почти все ТЭЦ на докритические начальные параметры пара.

По уровню начального давления различают ТЭС докритического давления, сверхкритического давления (СКД) и суперсверхкритических параметров (ССКП). Критическое давление – это 22,1 МПа (225,6 ат). В российской теплоэнергетике начальные параметры стандартизованы: ТЭС и ТЭЦ строятся на докритическое давление 8,8 и 12,8 МПа (90 и 130 ат), и на СКД – 23,5 МПа (240 ат). ТЭС на сверхкритические параметры по техническим причинам выполняется с промежуточным перегревом и по блочной схеме. К суперсверхкритическим параметрам условно относят давление более 24 МПа (вплоть до 35 МПа) и температуру более 5600С (вплоть до 6200С), использование которых требует новых материалов и новых конструкций оборудования. Часто ТЭС или ТЭЦ на разный уровень параметров строят в несколько этапов – очередями, параметры которых повышаются с вводом каждой новой очереди.

ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ ТЭС

Василишин Ю.Ю., Кочубей Е.А. – студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Конденсационные паровые турбины служат для превращения максимально возможной части теплоты пара в механическую работу. Они работают с выпуском (выхлопом) отработавшего пара в конденсатор, в котором поддерживается вакуум (отсюда возникло наименование). Конденсационные турбины бывают стационарными и транспортными.

Стационарные турбины изготавливаются на одном валу с генераторами переменного тока. Такие агрегаты называют турбогенераторами. Тепловые электростанции, на которых установлены конденсационные турбины, называются конденсационными электрическими станциями (КЭС). Основной конечный продукт таких электростанций - электроэнергия.

Лишь небольшая часть тепловой энергии используется на собственные нужды электростанции и, иногда, для снабжения теплом близлежащего населённого пункта. Обычно это посёлок энергетиков. Доказано, что чем больше мощность турбогенератора, тем он экономичнее, и тем ниже стоимость 1 кВт установленной мощности. Поэтому на конденсационных электростанциях устанавливаются турбогенераторы повышенной мощности.

Частота вращения ротора стационарного турбогенератора связана с частотой электрического тока 50 Герц. То есть на двухполюсных генераторах 3000 оборотов в минуту, на четырёхполюсных соответственно 1500 оборотов в минуту. Частота электрического тока вырабатываемой энергии является одним из главных показателей качества отпускаемой электроэнергии. Современные технологии позволяют поддерживать частоту вращения с точностью до трёх оборотов. Резкое падение электрической частоты влечёт за собой отключение от сети и аварийный останов энергоблока, в котором наблюдается подобный сбой.

В зависимости от назначения паровые турбины электростанций могут быть базовыми, несущими постоянную основную нагрузку; пиковыми, кратковременно работающими для покрытия пиков нагрузки; турбинами собственных нужд, обеспечивающими потребность электростанции в электроэнергии. От базовых требуется высокая экономичность на нагрузках, близких к полной (около 80%), от пиковых - возможность быстрого пуска и включения в работу, от турбин собственных нужд - особая надёжность в работе. Все паровые турбины для электростанций рассчитываются на 100 тыс. ч работы (до капитального ремонта).

Транспортные паровые турбины используются в качестве главных и вспомогательных двигателей на кораблях и судах. Неоднократно делались попытки применить паровые турбины на локомотивах, однако паротурбовозы распространения не получили. Для соединения быстроходных турбин с гребными винтами, требующими небольшой (от 100 до 500 об/мин) частоты вращения, применяют зубчатые редукторы. В отличие от стационарных турбин (кроме турбовоздуходувок), судовые работают с переменной частотой вращения, определяемой необходимой скоростью хода судна.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема работы КЭС. Свежий (острый) пар из котельного агрегата (1) по паропроводу (2) попадает на рабочие лопатки паровой турбины (3). При расширении, кинетическая энергия пара превращается в механическую энергию вращения ротора турбины, который расположен на одном валу (4) с электрическим генератором (5). Отработанный пар из турбины направляется в конденсатор (6), в котором, охладившись до состояния воды путём теплообмена с циркуляционной водой (7) пруда-охладителя, градирни или водохранилища по трубопроводу (8) направляется обратно в котельный агрегат при помощи насоса (9). Большая часть полученной энергии используется для генерации электрического тока.

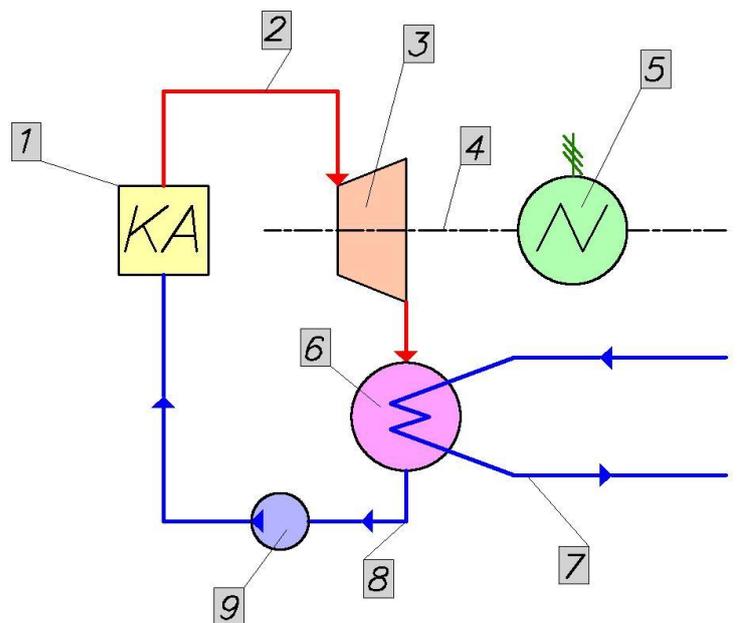


Рисунок 1 - Схема работы конденсационной электростанции

В СССР первая конденсационная турбина была построена на Ленинградском металлическом заводе в 1924. Это была турбина мощностью 2 МВт, работавшая на паре с начальным давлением 11 кгс/см^2 и температурой $300 \text{ }^\circ\text{C}$; в 1970 там же была изготовлена одновальная конденсационная турбина мощностью 800 МВт с начальным давлением пара 240 кгс/см^2 и температурой $540 \text{ }^\circ\text{C}$. В 1973 создаётся одновальная конденсационная турбина мощностью 1200 МВт, с промежуточным перегревом пара, не имеющая аналогов в мировом турбостроении в то время.

Чисто конденсационные турбины обладают рядом преимуществ, особенно при необходимости надежного источника энергии большой мощности и наличии поблизости недорогого топлива, такого как технологический побочный газ. Для увеличения теплового КПД турбины пар обычно отбирается из промежуточной ступени турбины для подогрева питательной воды.

Конденсационные турбины с промежуточным отбором пара производят как технологический пар, так и электроэнергию. Технологический пар по мере необходимости может отбираться автоматически при одном или нескольких фиксированных значениях давления. Турбины такого типа отличает эксплуатационная гибкость, поскольку они обеспечивают необходимое количество технологического пара при постоянном давлении, производя при этом требуемое количество электроэнергии.

Турбины двойного давления приводятся в действие двумя и более потоками пара, поступающими на турбину независимо друг от друга. В агрегатах с двумя потоками пара можно выбрать оптимальные параметры пара независимо для каждого источника. Такой тип турбин может использоваться при установке дополнительного котла к уже имеющемуся, что является эффективным способом улучшения теплового КПД.

Современное турбостроение базируется на применении высоких и сверхвысоких параметров пара. Известно, что к. п. д. турбоустановки растет с повышением параметров свежего пара и развитием регенеративного подогрева питательной воды. Поэтому желательно повышать давление и температуру свежего пара до предельно возможных значений и увеличивать число отборов для подогрева питательной воды, а также использовать тепло отбираемого пара для технологических целей и подогрева сетевой воды в установках с подогревателями. Предельно допустимая температура свежего пара лимитируется качеством металлов, применяемых в турбостроении, их стоимостью и технологией обработки.

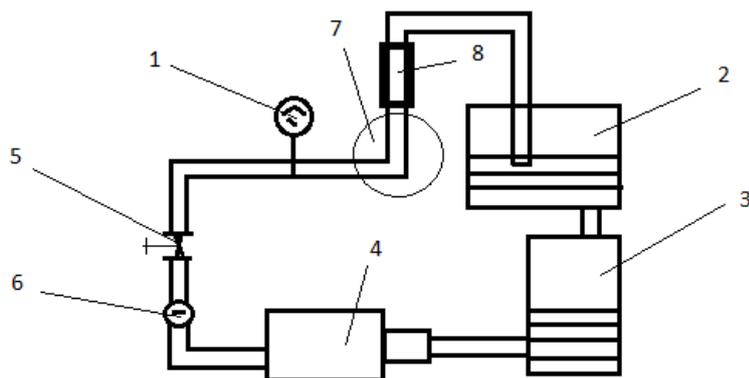
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОВОРОТНОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА

Александренко Р.Г., Кузьмина М.Ю. – студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В технической гидромеханике все внешние воздействия на поток, вызывающие появление сил сопротивления течению жидкости в трубопроводных системах, называют гидравлическими сопротивлениями.

Если в трубопроводы встроены элементы, деформирующие поток (расширения (рисунок 1) и сужения, повороты и разветвления, вентиляторы и задвижки и т.п.) то, как следствие, происходит отрыв потока от стенок, формируются вихревые зоны, интенсифицируется турбулентное перемешивание, и при прохождении потока жидкости через них возникают сопротивления. Иногда и эти элементы называют местными сопротивлениями. Потери давления в местных сопротивлениях Δp_m обычно называют местными потерями.

Целью работы является апробация лабораторной работы по теме «Определение коэффициента сопротивления поворотного участка трубопровода», составление методики проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных. Схема лабораторной установки приведена на рисунке 1.



1- манометр; 2- контрольный резервуар; 3- резервуар; 4- насос; 5- вентиль;
6- расходомер; 7- исследуемый поворотный участок; 8- ротометр;

Рисунок 1 - Схема лабораторной установки для определения коэффициента сопротивления поворотного участка трубопровода

Цель опыта - определение перепада давления после прохождения поворота, замер расхода жидкости и т.д. Конечная цель работы - получение табличной и графической зависимости коэффициента сопротивления поворотного участка ζ_m от числа Рейнольдса.

Результаты контрольного эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замеров

Давление перед поворотным участком P_m , Па	Атмосферное давление P_a , Па	Время τ , с	Объем воды V , м ³
294,33	100908,1	15	0,001
490,55		14	
1864,09		9	
1962,2		8	
1962,2		7	
2452,75		6	

Общие данные эксперимента:

Атмосферное давление

$B_a=756\text{мм рт.ст.}$

Температура жидкости

$t= 20\text{ C}0$

Размер сечения

$d = 20\text{мм}$

Площадь сечения

$F=314*10:(-6)\text{м}^2$

Плотность жидкости

$\rho_{\text{ж}}=998\text{ кг/м}^3$

Вязкость жидкости

$\nu= 1,01*10^6\text{м}^2/\text{с}$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчетов

№ опыта	Перепад давления $\Delta p_{\text{ми}}$, Па	Скорость потока, v_1 , м/с	Расход воды Q, м ³ /с	Re	Коэффициент сопротивления ζ
1	100613,77	0,21	0,0000667	4246	4550
2	100417,55	0,23	0,0000714	4550	3955
3	99044,01	0,35	0,0001111	7077	1610
4	98945,9	0,4	0,0001250	7962	1270
5	98945,9	0,45	0,0001429	9099	975
6	98455,35	0,53	0,0001667	10616	710

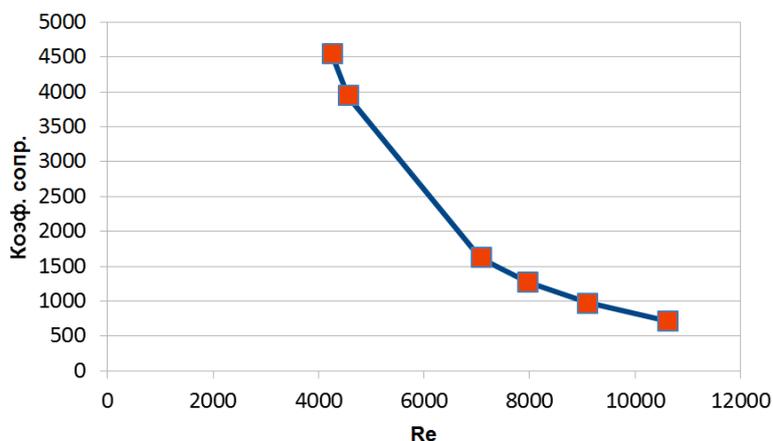


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса

По результатам эксперимента по средним значениям построен график зависимости коэффициента местного гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса.

Данную лабораторную работу можно рекомендовать к применению в учебном процессе направления подготовки бакалавров «Энергетическое машиностроение» по дисциплине «Механика жидкости и газа».

ТЕХНОЛОГИЯ КИПЯЩЕГО СЛОЯ КАК РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Охременко В.С., Паутова Е.Е. – студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Человеку необходима как электрическая, так и тепловая энергия. Одним из способов ее получения является паровой или водогрейный котел. В паровом котле происходит превращение тепловой энергии сжигаемого топлива в потенциальную энергию пара, которая, в свою очередь, превращается в кинетическую энергию пара, а последняя – в электрическую энергию. В водогрейном котле происходит нагревание воды за счет тепловой энергии сжигаемого топлива.

Использование одного из наиболее экономически выгодных источников энергии – угля – ограничено следующими причинами: уголь – твердое топливо, это порождает трудности с его транспортировкой, подготовкой к сжиганию, хранением и сжиганием; при использовании угля следует учитывать проблемы охраны окружающей среды (вредные выбросы в атмосферу, задымление и вопросы утилизации золы). Эта проблема очень остро стоит уже сегодня в Европе, и можно легко заключить, что загрязнение воздушного бассейна, воды и почвы и последствия «кислотных дождей» достигнут глобальных масштабов.

Одним из способов сжигания угля является сжигание в кипящем слое. Главное преимущество этого способа – возможность существенно снизить выбросы оксидов серы непосредственно в процессе сжигания, а также малое по сравнению с энергетическими установками обычного типа, работающими на угле, количество выбросов оксидов азота, как в абсолютном, так и в относительном смысле. Это объясняется рядом принципиальных преимуществ сжигания в кипящем слое по сравнению с обычным.

Температура в зоне горения в кипящем слое поддерживается сравнительно низкой и постоянной по объему. Это приводит к тому, что количество образующейся NO_x мало, зола не расслаивается, элементы оборудования не зашлаковываются и меньше подвержены коррозии.

Очистку от оксидов серы можно осуществлять с помощью присадки известняка, при этом отпадает необходимость сооружения дорогостоящих энергоустановок.

Обеспечиваются высокие значения коэффициентов теплоотдачи. Это позволяет уменьшить площадь тепловоспринимающих поверхностей, следовательно, габариты котла будут меньшими, чем при факельном сжигании угля. Отсюда экономия капитальных затрат.

В кипящем слое возможно сжигание низкосортных топлив и отходов с высоким содержанием золы и влаги. Использование низкосортных, более дешевых топлив означает также снижение себестоимости производства тепла и электроэнергии.

Теплонапряженность в топке с кипящим слоем даже при атмосферном давлении высока (до 3 МВт с 1 м² площади слоя).

Получение угля необходимого фракционного состава для топок с кипящим слоем не требует больших энергозатрат, КПД топки примерно тот же, что и у пылеугольной.

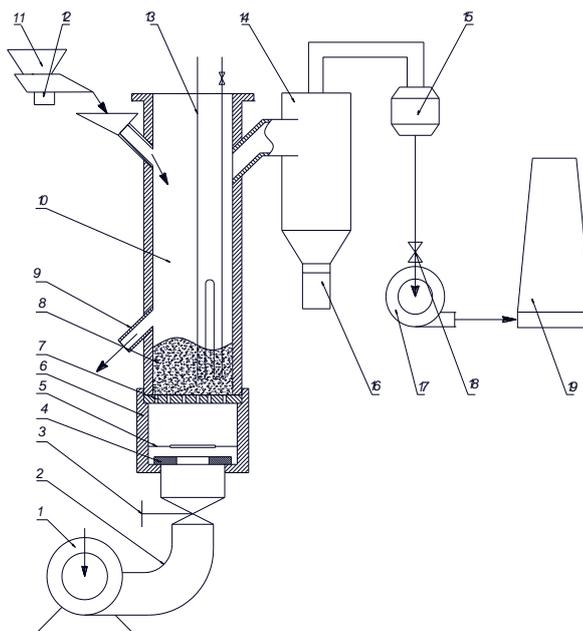
Вместе с тем сжигание топлива в кипящем слое имеет и недостатки. Для преодоления перепада давления в воздухораспределителе и в самом слое необходимо использовать вентилятор большой мощности; диапазон регулирования топки крайне ограничен, очень велика инерционность технологического тракта производства пара.

Таким образом, для широкого промышленного внедрения топок с кипящим слоем надо решить ряд принципиальных проблем.

Для эффективной работы слоя необходимо правильно организовать аэродинамику топки, чтобы происходило перемешивание частиц топлива и полное их выгорание. Для решения этой проблемы в лаборатории кафедры «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова имеется огневой стенд с кипящим слоем FB - 2 (150) (рисунок 1). Большой диапазон регулирования режимных параметров позволяет широко варьировать высоту слоя, а также сжигать гранулы с различным составом.

Огневой стенд состоит из камеры сгорания диаметром 150 мм и высотой 1200 мм. Толщина стенок камеры сгорания составляет 7 мм. Охлаждение стенок происходит путем естественной конвекции воздуха. Стенки камеры сгорания выполнены из стали 12Х18Н10Т. Отсутствие изоляции на камере сгорания приводит к быстрому падению температуры над слоем. Это обстоятельство ограничивает сгорание уносимых углеродистых частиц.

Высота сепарационного пространства равна 1 м, что обеспечивает унос в режиме пневмотранспорта. В нижней части камеры сгорания расположена перфорированная решетка с живым сечением 2,5 % и диаметром отверстий 1,2 мм. В подрешеточную камеру подается холодный воздух высоконапорным вентилятором. Подача топлива в слой осуществляется вибропитателем. Отбор проб уноса осуществляется из-под циклона, с помощью съемного пробоотборника и тканевого фильтра, установленного после циклона.



1 – вентилятор 30-ЦС; 2 – трубопровод; 3 – регулирующий клапан; 4 – шайба; 5 – завихритель; 6 – подрешеточная камера; 7 – газораспределительная решетка; 8 – кипящий слой; 9 – слив слоя; 10 – камера сгорания; 11 – бункер топлива; 12 – вибропитатель; 13 – поверхность теплообмена; 14 – циклон ЦН-15; 15 – тканевый фильтр; 16 – пробоотборник; 17 – дымосос; 18 - направляющий аппарат; 19 – дымовая труба;

Рисунок 1 – Схема огневого стенда с кипящим слоем FB-2

БАЛАНСОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Кочубей Е.А., Красных Ю.Д., Назаров А.А., Панарина Е.С., Пикаев А.Н., Ставров П.В.,

Таймасов Д.Р. – студенты, Меняев К.В. – ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

К наиболее часто проводимым теплотехническим испытаниям паровых и водогрейных котлов относятся балансовые, режимно-наладочные и экспресс испытания.

Балансовые испытания имеют целью установление типовых энергетических характеристик котлов. Балансовые испытания котельных агрегатов выполняются для проверки работы установки в эксплуатационных условиях с целью контроля основных показателей и качества работы эксплуатационного персонала. Балансовые испытания производят систематически после каждого капитального ремонта или внесения конструктивных изменений в отдельные узлы оборудования.

Балансовые испытания котлов в зависимости от поставленных задач могут быть разделены на две группы:

1) испытания, проводимые с целью определения теплотехнических характеристик работы котла (КПД, производительности, потерь тепла, расхода топлива и т.д.), выявления их эксплуатационных особенностей и недостатков конструкций;

2) испытания, проведение которых вызывается необходимостью обработки или проверки новых конструкций, их элементов, использования новых закономерностей и т.д., т.е. имеющие исследовательский характер. Эти испытания не подлежат типизации и поэтому в дальнейшем не рассматриваются.

Испытания первой группы в зависимости от цели проводятся по трём категориям сложности.

К первой категории сложности относятся приёмосдаточные (гарантийно-сдаточные) испытания, которые проводятся для проверки гарантийных показателей работы установки. В этом случае проверяются: производительность, КПД, параметры котла, параметры работы вспомогательного оборудования, составляющие потерь тепла, воздушный баланс топки, тепловосприятие поверхностей нагрева в рабочем диапазоне нагрузок и др.

Ко второй категории сложности относятся эксплуатационные (балансовые) испытания, проводимые для установления нормативных эксплуатационных характеристик при номинальных параметрах работы котла после его реконструкции, в связи с переходом на сжигание нового вида или новой марки топлива, и при систематическом отклонении параметров от нормативных.

В задачи испытаний могут входить:

- выявление оптимальных значений коэффициента избытка воздуха, распределение воздуха и топлива по горелкам и их ярусам и т.п. при различных нагрузках котла;
- определение максимальной и минимальной нагрузки оборудования при различном составе работающего вспомогательного оборудования;
- определение фактической экономичности агрегата и отдельных составляющих потерь тепла;
- выявление причин превышения потерь тепла над расчетными значениями, разработка мероприятий по их уменьшению и достижению расчетного КПД;
- определение аэродинамических характеристик газоздушного тракта;
- составление типовой энергетической (нормативной) и расходной характеристик котла, а также характеристики относительного прироста расхода топлива.

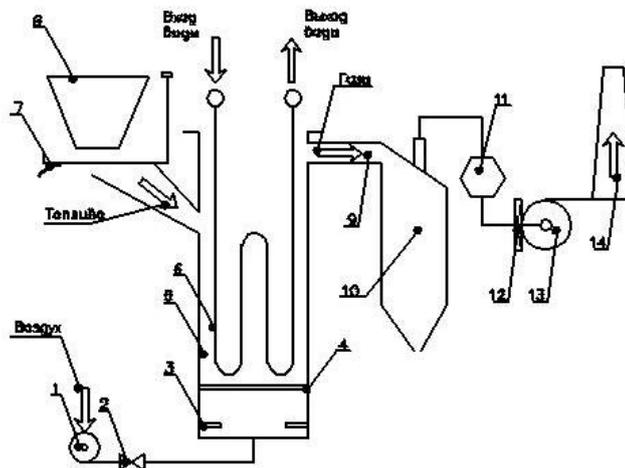
К третьей категории сложности относятся режимно-наладочные и доводочные испытания, проводимые с целью наладки режима работы котла и определения его отдельных показателей; определение оптимальных значений коэффициентов избытка воздуха и тонкости пыли, оптимального распределения воздуха по горелкам, максимальной нагрузки при различном составе вспомогательного оборудования и др. По этой категории сложности проводятся и эксплуатационные испытания после типовых капитальных ремонтов котла с целью определения их качества и уточнения характеристик оборудования в результате проведения ремонтных работ.

Перечисленные виды испытаний различаются количеством опытов и точностью измерений основных показателей. Испытания по первой и третьей категориям сложности проводятся при установившемся тепловом состоянии системы с обязательным сведением теплового баланса котлоагрегата. При этом предусматривается использование аппаратуры с повышенной точностью (класс 0,5 и 1,0).

В результате балансовых испытаний желательно определить КПД нетто котлоагрегата. Он характеризует совершенство передачи тепла от топлива к воде или пару. КПД нетто учитывает расходы тепловой и электрической энергии на собственные нужды. Тепловой баланс котлоагрегата, необходимый для определения его КПД, составляют на единицу количества топлива (1 кг или 1 м³).

Балансовые испытания водогрейной котельной установки с кипящим слоем проводились в лаборатории топочных процессов кафедры «Котло- и реакторостроение». Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

В ходе проведения испытаний были произведены замеры параметров работы котла для определения коэффициента полезного действия и определения расхода топлива на котел прямым и обратным балансом. В результате проведенной работы получилось, что расход топлива во время испытаний при определении обратным балансом, т.е. расчете всех тепловых потерь и полезно использованного тепла в топке совпал с замеренным расходом во время испытаний с погрешностью 2% и составил 4 г/с.



- 1 – Вентилятор; 2 – Вентиль; 3 – Шайба; 4 – Решетка; 5 – Топка; 6 – Змеевик;
7 – Вибратор; 8 – Бункер топлива; 9 – Газоход; 10 – Циклон; 11 – Тканевый фильтр;
12 – Шибер; 13 – Дымосос; 14 – Труба.

Рисунок 1 - Принципиальная схема стенда FB-2

ОГНЕВАЯ УТИЛИЗАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Гришина Р.А. – студент, Меняев К.В. – ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе показана перспектива использования биомассы как топлива. Растительные отходы (биомасса) считаются одним из наиболее «благородных» видов топлива и во многих странах рассматриваются как перспективный источник энергии на ближайшее будущее. Ежегодный воспроизводимый потенциал биомасс оценивается в 10 раз выше мировой добычи полезных ископаемых. При этом, однако, необходимо учитывать, что доступность и экономическая целесообразность использования разных видов биомасс различна [1]. И все же, в конечном счете, при любом способе энергетического использования биомасс как возобновляемых источников энергии:

- сохраняются природные ресурсы;
- кардинально решается проблема выбросов парникового газа CO_2 ;
- уменьшается загрязнение атмосферы выбросами SO_2 , NO_x , золы;
- снижается стоимость вырабатываемой энергии.

Произведенный лабораторный анализ технических характеристик и свойств подсолнечной лузги показывает, что при пересчете на горючую массу состав растительных отходов практически идентичен по основным элементам и изменяется в пределах: $\text{C}^r = 48...53$; $\text{H}^r = 5...7$; $\text{O}^r = 35...42$; $\text{N}^r = 0,2...1,0$; $\text{S}^r = 0...0,2\%$, зольность от 1% (лузга подсолнечника) до 4...5 % (солома), а на рисовой лузге зольность может достигать 10...20 %.

Низшая теплота сгорания растительных отходов, поступающих на сжигание, в зависимости от вида топлива, года уборки, региона колеблется от 5 до 15 МДж/кг.

Температура размягчения золы растительных отходов по исследованиям изменяется в пределах 1 150...1 250 К [2].

Представлены методы сжигания подсолнечной лузги, а также выявлены их недостатки и преимущества.

Основные методы сжигания:

- слоевой способ сжигания;
- вихревой способ сжигания;
- циклонный способ сжигания;
- сжигание в топках низкотемпературного кипящего слоя.

Также проанализирован химический состав золы подсолнечной лузги. Зольность растительных отходов минимальна (3,99 %), но она содержит большое количество оксида алюминия Al_2O_3 , равное 12,4 %, что характерно для шлакования экранов, золовых отложений в топке и котельных пучках.

Из-за того, что зола характеризуется большим количеством мелкой фракции (20 мкм – 96 %), возникает проблема удержания легких парусных частиц в процессе их выгорания. Имеет место высокий вынос недогоревшего топлива.

Эффективным решением проблемы загрязнения поверхностей нагрева является внедрение ГУВ (генератор ударных волн) для очистки поверхностей нагрева котельных агрегатов от наружных золошлаковых и сажистых отложений, который позволяет [6]:

- обеспечить эффективную очистку поверхностей нагрева котлов, т.е. решить вопрос увеличения нагрузки котла;
- поддерживать более низкий эксплуатационный уровень температуры уходящих газов и стабильное значение сопротивления газового тракта котла, этим обеспечить нормальный режим работы тягодутьевых машин;
- увеличить среднюю эксплуатационную производительность и КПД котла и этим решать вопросы покрытия дефицита тепловой энергии;
- осуществлять очистку на работающих котлах, расширить возможность по поддержанию диспетчерского графика работы тепловой сети за счет отказа от остановки котла на очистку поверхностей нагрева;
- исключить сезонные работы, связанные с демонтажем, очисткой и монтажом загрязненных поверхностей нагрева за время рабочей кампании;
- ликвидировать неэффективные способы очистки, снизить затраты на собственные нужды, сократить штат эксплуатационного и ремонтного персонала, повысить культуру производства;
- снизить тепловые выбросы в окружающую среду;
- получить существенную экономию топлива и соответственно значительный экономический эффект.

Список литературы

1. Использование биомассы при производстве электрической энергии. Вихарев Ю.В. Экономия энергии ВИНТИ. 2002 №5 стр. 63-64.
2. Анискин В.И. Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплив. Теплоэнергетика.-2004 г. -№5.- с. 60-65.
3. Перспективы развития малой энергетики на основе биомассы. Строит.матер.,оборуд., технолог.,21В . 2002, №5, стр.36 – 37.
4. Опыт использования биоотходов сельского хозяйства в качестве топлива в РФ. Масаев И.В. Энергосбережение и водоподготовка 2001№3 с.23 – 24.
5. Использование биомассы как возобновляемого источника. Нефедова Л.В. М.: НИА – Природа. 2001 с.167.
6. Интернет источник www.ochistkakotlov.ru