ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР КОЛЛЕКТОРОВ

Дидух Д.С. – магистрант гр. 8ЭМ(в)-01, Грин В.М. – к.ф-м.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На современном этапе развития котлостроения трудно представить мощный энергетический котел без сосудов, работающих под давлением. Использование сосудов позволяет решить много важных задач, таких как: сепарация, перемешивание с целью снижения тепловых разверок, раздача среды в трубопроводы, а также регулирование температуры среды.

Основные задачи при проектировании сосудов, работающих под давлением: создание компактных малогабаритных элементов с умеренной затратой металла, которые бы в процессе эксплуатации показали надежность работы при данных параметрах.

Система автоматизированного проектирования коллекторов энергетических котлов предназначена для облегчения труда инженеров, сокращения сроков проектирования, повышения качества проектирования за счет возможности многовариантных расчетов, а также возможности использования параметризованных твердотельных моделей, разработанных в системе Unigraphics.

Информационное обеспечение САПР коллекторов состоит из твердотельных параметризованных моделей, построенных в системе твердотельного моделирования UNIGRAPHICS 7.0. Включает в себя параметризованную модель трубы с несколькими рядами отверстий, и параметризованных моделей отдельных деталей (донышки, штуцеры, «уши» и др.).

Пример параметризованной модели трубы с размерами представлен на рисунке 1.

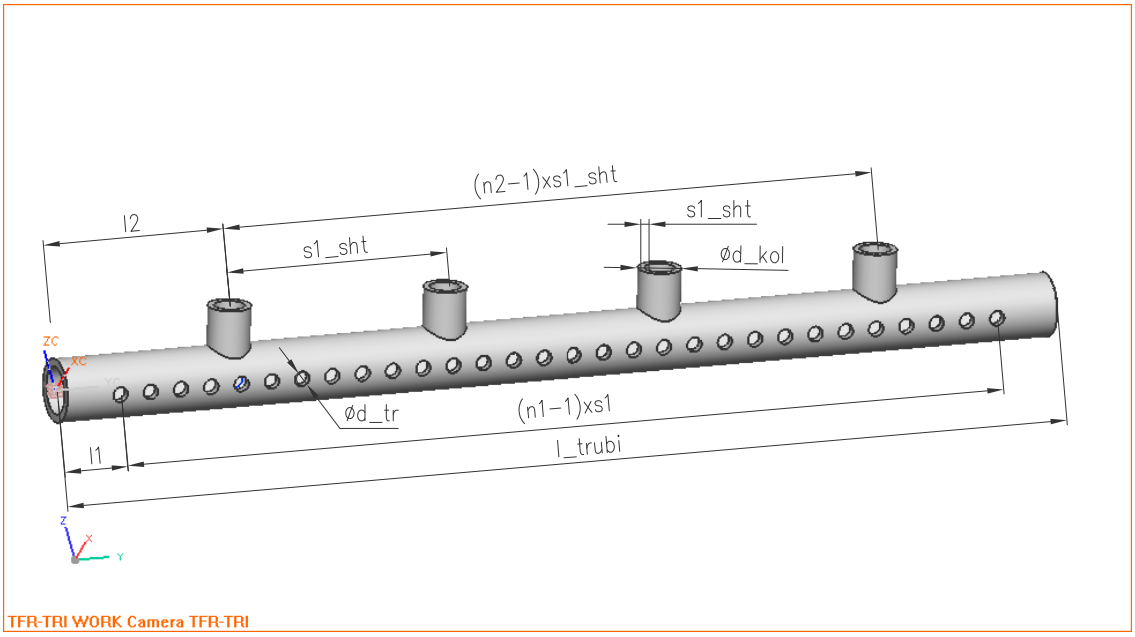

Рисунок 1 – Параметризованная модель трубы.

Пример параметризованных моделей разных деталей представлен на рисунке 2.

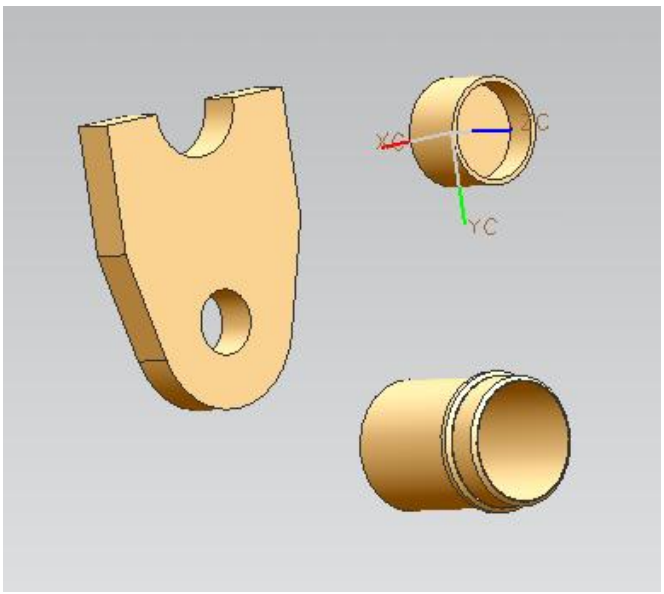

Рисунок 2 – Параметризованные модели отдельных деталей.

Пример сборки коллектора показан на рисунке 3.

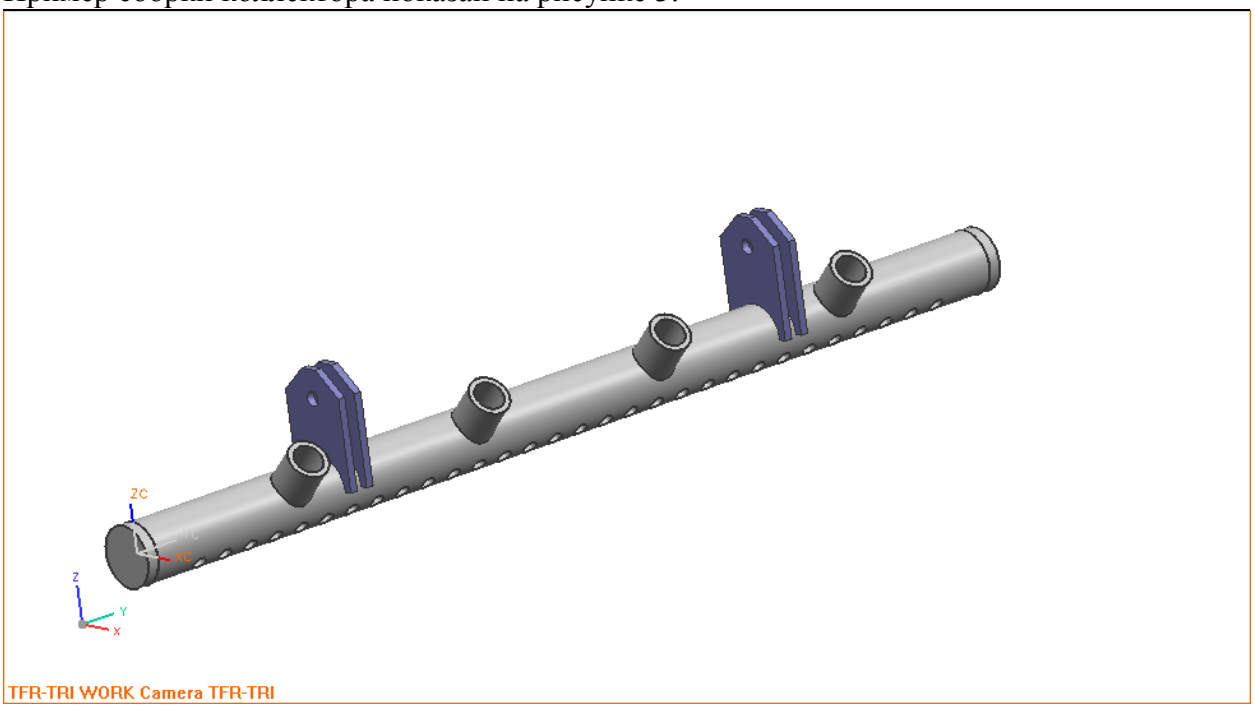

Рисунок 3 – Сборка коллектора.

ТЕХНОЛОГИЯ ОГНЕВОЙ УТИЛИЗАЦИИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Якимова И.С. – студент гр. 8ЭМ(в)-01, Жуков Е.Б. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество неликвидных отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки. Все неиспользуемые для технологической переработки отходы лесозаготовок и деревообработки могут найти применение в энергетике предприятий.

Современные котлы зачастую не приспособлены к эффективному сжиганию древесных отходов. Топочные устройства, предлагаемые сегодня (шахтные топки, топки системы В.В. Померанцева), берут свое начало с середины прошлого века и серьезно устарели.

Вихревая технология является довольно универсальной, что позволяет легко встраиваться в существующие топочные объемы котлов. Для стабилизации горения влажных древесных отходов применяются подогрев дутья и утепление топки, позволяющие распространить выжигание уноса и топочный процесс в надслоевой объем.

Рассмотрена реконструкция котла БКЗ-75-39-440ФБ с переводом совместное низкотемпературное вихревое сжигание (НТВ) кородевесных отходов (КДО) и размолотого угля. На основе численного моделирования изучена аэродинамика потоков и возможность удержания частиц топлива в вихревой топке до их глубокого выгорания; проведен выбор и оптимизация распределения потоков, углов установки и геометрических характеристик горелочных устройств, сопел заднего дутья и колосников выгружателей шлака и других характеристик. На рисунках 1 и 2 представлены линии тока в вихревой топке и поле скоростей в сечении горелки.

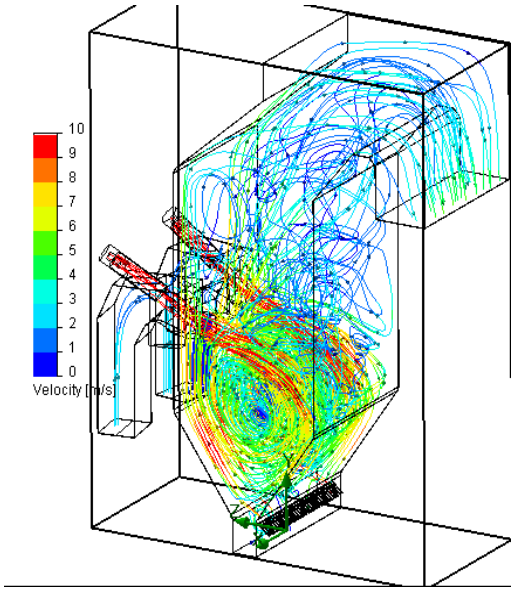

Рисунок 1 - Линии тока в вихревой топке

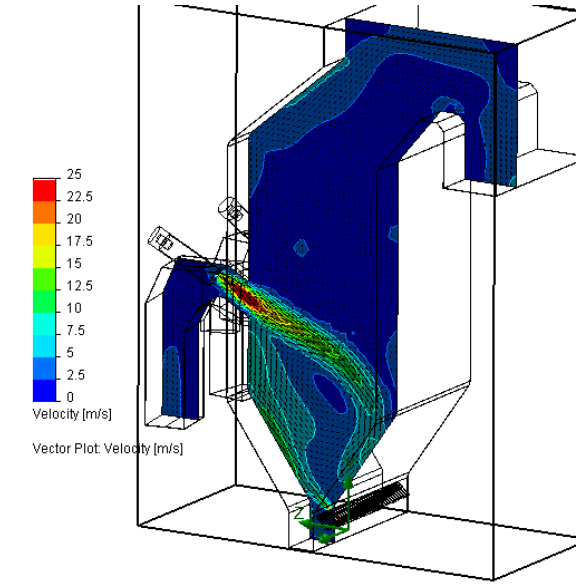

Рисунок 2 - Поле скоростей в сечении горелки

Основными элементами системы топливоподачи являются три системы пневматической загрузки КДО, использующие пылевые вентиляторы с трубопроводами и вспомогательным оборудованием пневмотранспорта. Прохождение по трубопроводам пневмотранспорта, и особенно через пылевые вентиляторы, обеспечивает интенсивное измельчение и одновременно сушку КДО в среде сушильного (транспортирующего) агента, а также доставку КДО по системе. В качестве сушильного агента используются горячий воздух из воздухоподогревателя второй ступени, а также дымовые газы, частично охлажденные в котле.

При транспортировке станционными трубопроводами горячей среды (пар, вода и др.) металл трубопроводов расширяется. В трубопроводах, имеющих большую протяженность, это удлинение может быть значительным. Удлинение трубопровода складывается из теплового и упругого удлинений.

Способность трубопровода к деформации под воздействием возникающих в нем удлинений без перенапряжений (в пределах допускаемых) называется его компенсирующей способностью. Если трубопровод способен обеспечить компенсацию гибкостью составляющих его плеч без применения специальных компенсирующих устройств, то такая его способность называется самокомпенсацией.

Проведен расчет трубопроводов на самокомпенсацию с помощью программы СТАРТ. На рисунках 3 и 4 представлены схемы трубопровода сушильного агента.

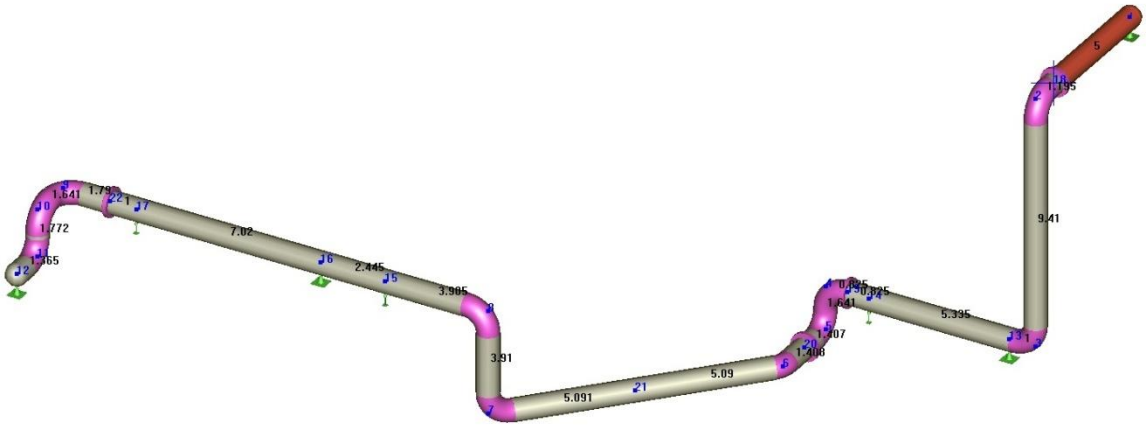

Рисунок 3 – Схема трубопровода сушильного агента (от котла до дымососа)

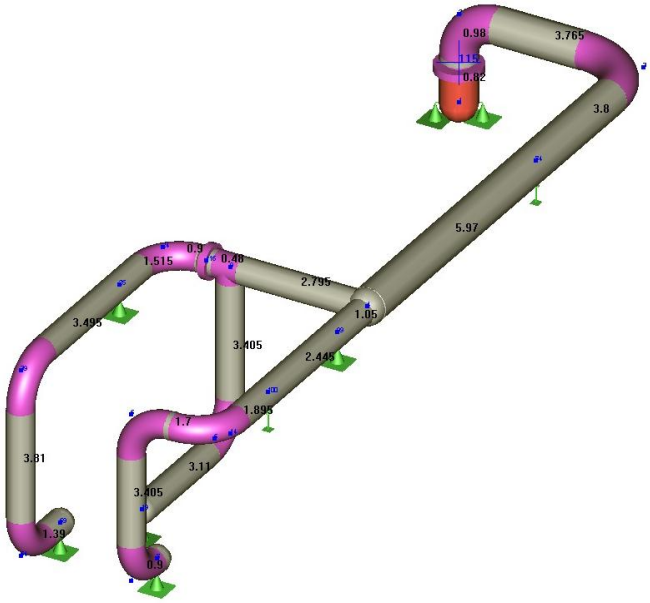

Рисунок 4 – Схема трубопровода сушильного агента
(от дымососа до эжекторов)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЖИГАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

Красуцкий Е.В. – аспирант, Жуков Е.Б. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки и сваливаются в отвалы. Перспективно использование этих отходов в качестве топлива.

Удержание частиц топлива в топке до их глубокого выгорания должно обеспечиваться за счет аэродинамики топки. Соответственно целью расчетов является как выявление общей картины аэродинамической обстановки так и её детализация и выявление определяющих факторов по организации вихревого течения. Все эти и другие важные вопросы наиболее эффективно решаются при численном моделировании.

Проведены эксперименты по сжиганию частиц топлива на установке Механотрон. В ходе экспериментов определена динамика термического разложения топлива, по которой определялись скорость выхода летучих из частицы, время сушки частицы, время выхода летучих и время горения углерода в растительном топливе (рисунок 1).

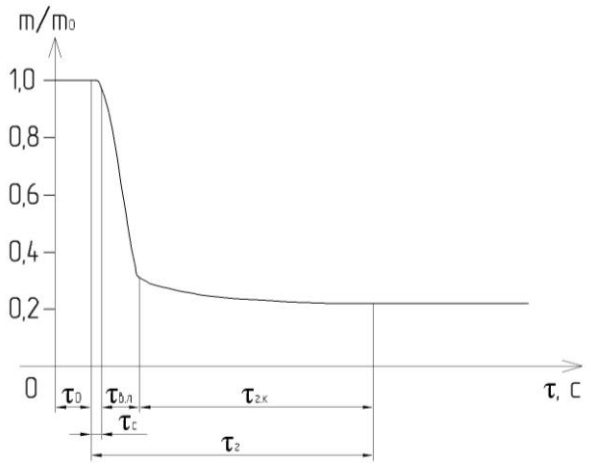

Рисунок 1 – Динамика термического разложения топлива

(τ_0 – Время до разогрева частицы, τ_c – время сушки частицы, $\tau_{в.л.}$ – время выхода летучих из частицы, $\tau_{г.к.}$ – время горения коксового остатка, $\tau_г$ – время выгорания частицы, $\tau_г=\tau_c+\tau_{в.л.}+\tau_{г.к.}$)

Совместно с СКБ «ПроЭнергоМаш» разработан ряд проектов реконструкции котлов ДКВр-6,5-13ПМ (Чунский лесопромышленный комбинат), ДЕ-10-14 ГМ (центральная котельная г.Браслав), КВ-ГМ 10-150 (г.Миоры, котельная «Северная»). Проведены выездные мероприятия для оценки возможности такой реконструкции, а также авторский надзор монтажа элементов реконструкции котла ДКВр-6,5-13ПМ и пусконаладочные работы на котлах ДЕ-10-14ГМ и КВ-ГМ 10-150.

Схема сжигания - в вихревой топке с удержанием мелких частиц до практически полного

выгорания над механизированным колосником. Используется факельно-слоевое сжигание с

дожиганием уноса в потоке острого дутья. За счет глубокого выжигания горючих предлагаемый топочный процесс обеспечивает повышенную экономичность и высокие экологические показатели котла. Объединение слоевого и факельного сжигания обеспечивает взаимное поддержание горения и однородное заполнение всей топки факелом.

По результатам пусконаладки котла ДЕ 10-14 ГМ дан ряд рекомендаций, которые были приняты к сведению и исполнены. Котел вышел на режим, удалось добиться устойчивого горения и работы котла в автоматическом режиме (таблица 1).

Таблица 1 - Режимная карта котла ДЕ 10-14

№ п.п.	Параметр	Показатели
1	2	3
1	Теплопроизводительность, Гкал/ч	4,4
2	Температура в топке, ^oC	940
3	Температура уходящих газов ,^oC	185
4	Температура воздуха после воздухоподогревателя, ^oC	219
5	Состав дымовых газов за котлом, %	
	- RO_2	11,7
	- O_2	8,0
	- CO, ppm	528
6	Влажность торфа,%	48

При пусконаладочных работах на котле КВ-ГМ 10-150 при работе на древесной щепе и смеси щепы и торфа температура в топке достигла проектных значений, котел вышел на режим, удалось добиться устойчивого горения и работы котла в автоматическом режиме (таблица 2). Слой топлива на колосниках четко можно разделить на участки сушки топлива, выхода летучих и горения коксового остатка (рисунок 2).

Таблица 2 - Режимная карта котла КВ-ГМ 10-150

№ п.п.	Параметр	Показатели
1	2	3
1	Теплопроизводительность, Гкал/ч	8,0
2	Коэффициент полезного действия, %	72
3	Коэффициент избытка воздуха за котлом	1,69
4	Температура газов за котлом, ^{o}C	300
5	Температура уходящих газов, ^{o}C	166
6	Выбросы NO_X, мг/м^3	49…191
7	Удельный расход условного топлива, кг у.т./Гкал	200

Теплопроизводительность котла составила 8 Гкал/ч. Достигнутая максимальная теплопроизводительность котла определялась, в-основном, влажностью щепы.

На основе полученных данных с котельных агрегатов ДКВр 6,5-13ПМ, ДЕ 10-14ГМ и КВ-ГМ 10-150 выполнен проект водогрейного котельного для сжигания кородревесных отходов мощностью 3,0 МВт. Использованы такие расчетные решения, как коэффициент тепловой эффективности экранов ψ=0,833, коэффициент, учитывающий положение максимума температуры пламени M_0=0,47.

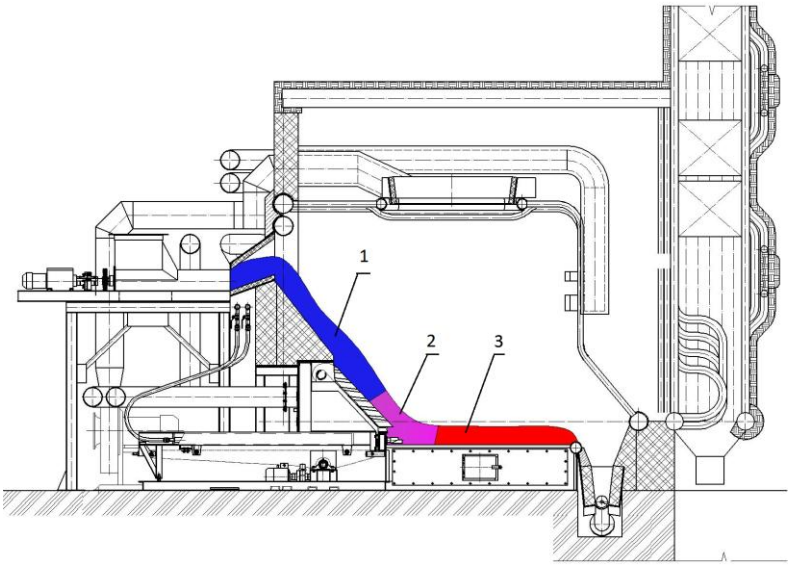

Рисунок 2 – Участки горения в котле КВ-ГМ 10-150
(1 – Участок сушки топлива, 2 – участок выхода и горения летучих, 3 – участок горения коксового остатка)

При этом активно использовалось математическое моделирование для определения такого положения сопел и распределения дутья, чтобы над слоем топлива сформировался широкий горячий фронт для эффективной сушки и воспламенения топлива (рисунок 3).

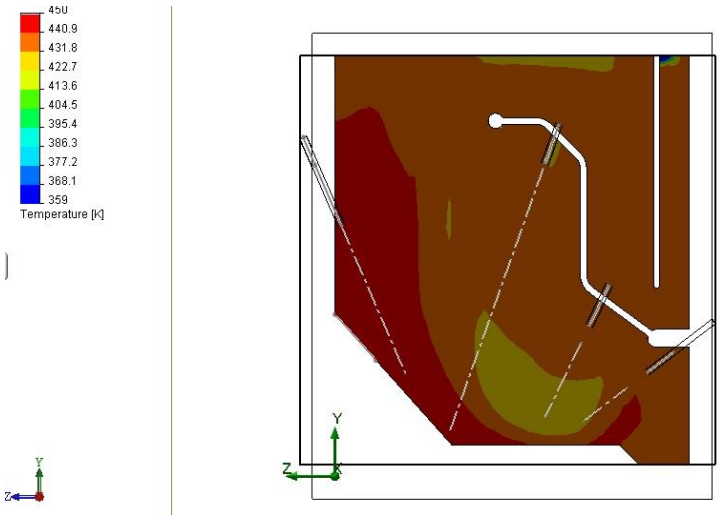

Рисунок 3 – Распределение температур в топке котла мощностью 3,0 МВт (продувка горячим воздухом)

Данные, полученные с пусконаладочных работ и эксплуатации котлов возможно использовать при расчетах подобных схем сжигания нетрадиционного топлива. Это такие коэффициенты, как:

- Коэффициент тепловой эффективности экранов $\psi = 0{,}742$ (топливо - торф).
- Коэффициент тепловой эффективности экранов $\psi = 0{,}833$ (топливо – древесная щепа).
- Коэффициент, учитывающий положение максимума температуры пламени $M_0 = 0{,}47$.
- Потери тепла от химической неполноты сгорания $q_3 = 0{,}5\%$.
- Потери тепла от механической неполноты сгорания $q_4 = 3\%$.

ТЕХНОЛОГИЯ ОГНЕВОЙ УТИЛИЗАЦИИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Якимова И.С. – студент гр. 8ЭМ(в)-01, Жуков Е.Б. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество неликвидных отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки. Все неиспользуемые для технологической переработки отходы лесозаготовок и деревообработки могут найти применение в энергетике предприятий.

Современные котлы зачастую не приспособлены к эффективному сжиганию древесных отходов. Топочные устройства, предлагаемые сегодня (шахтные топки, топки системы В.В. Померанцева), берут свое начало с середины прошлого века и серьезно устарели.

Вихревая технология является довольно универсальной, что позволяет легко встраиваться в существующие топочные объемы котлов. Для стабилизации горения влажных древесных отходов применяются подогрев дутья и утепление топки, позволяющие распространить выжигание уноса и топочный процесс в надслоевой объем.

Рассмотрена реконструкция котла БКЗ-75-39-440ФБ с переводом совместное низкотемпературное вихревое сжигание (НТВ) кородевесных отходов (КДО) и размолотого угля. На основе численного моделирования изучена аэродинамика потоков и возможность удержания частиц топлива в вихревой топке до их глубокого выгорания; проведен выбор и оптимизация распределения потоков, углов установки и геометрических характеристик горелочных устройств, сопел заднего дутья и колосников выгружателей шлака и других характеристик. На рисунках 1 и 2 представлены линии тока в вихревой топке и поле скоростей в сечении горелки.

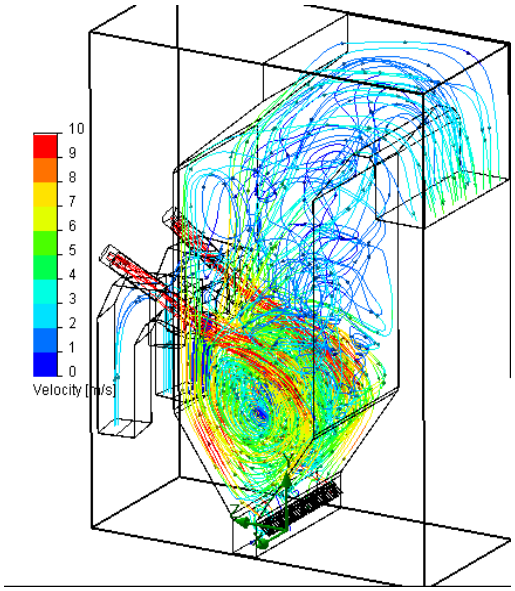

Рисунок 1 - Линии тока в вихревой топке

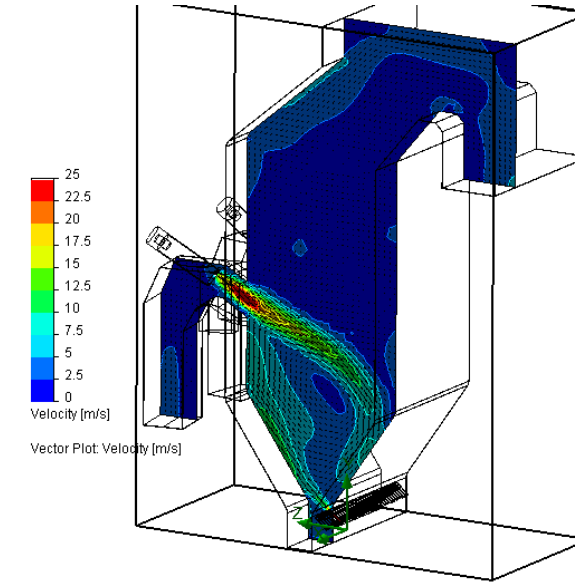

Рисунок 2 - Поле скоростей в сечении горелки

Основными элементами системы топливоподачи являются три системы пневматической загрузки КДО, использующие пылевые вентиляторы с трубопроводами и вспомогательным оборудованием пневмотранспорта. Прохождение по трубопроводам пневмотранспорта, и особенно через пылевые вентиляторы, обеспечивает интенсивное измельчение и одновременно сушку КДО в среде сушильного (транспортирующего) агента, а также доставку КДО по системе. В качестве сушильного агента используются горячий воздух из воздухоподогревателя второй ступени, а также дымовые газы, частично охлажденные в котле.

При транспортировке станционными трубопроводами горячей среды (пар, вода и др.) металл трубопроводов расширяется. В трубопроводах, имеющих большую протяженность, это удлинение может быть значительным. Удлинение трубопровода складывается из теплового и упругого удлинений.

Способность трубопровода к деформации под воздействием возникающих в нем удлинений без перенапряжений (в пределах допускаемых) называется его компенсирующей способностью. Если трубопровод способен обеспечить компенсацию гибкостью составляющих его плеч без применения специальных компенсирующих устройств, то такая его способность называется самокомпенсацией.

Проведен расчет трубопроводов на самокомпенсацию с помощью программы СТАРТ. На рисунках 3 и 4 представлены схемы трубопровода сушильного агента.

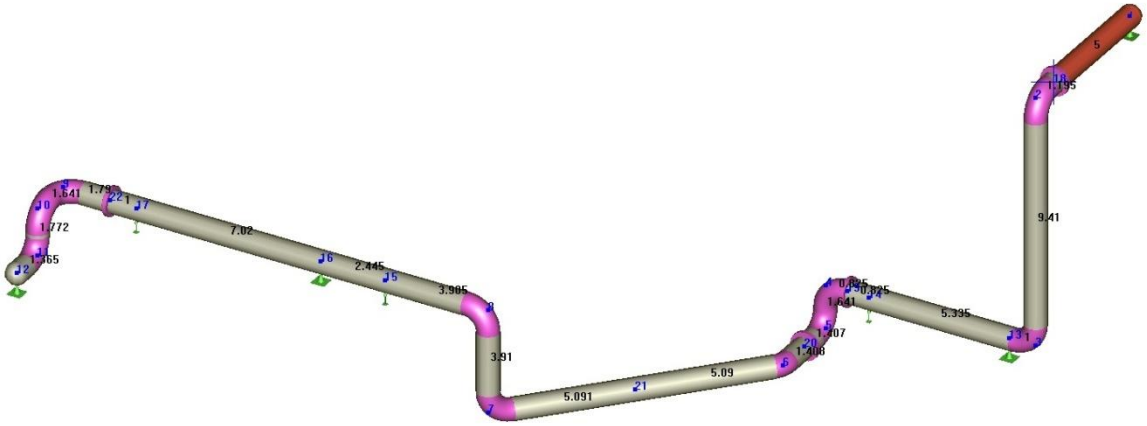

Рисунок 3 – Схема трубопровода сушильного агента (от котла до дымососа).

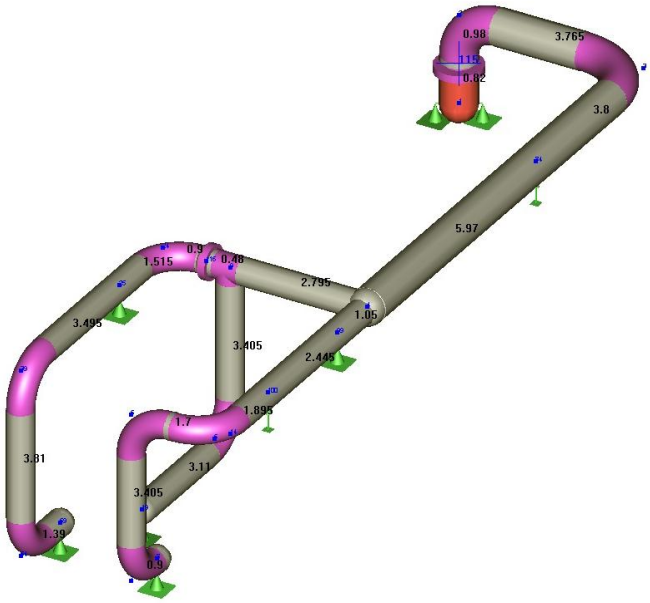

Рисунок 4 – Схема трубопровода сушильного агента
(от дымососа до эжекторов).

РАЗРАБОТКА СЛАЙДОВ ДЛЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО КУРСУ «СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Барышников А. С. – студент гр. КиРС-72, Лихачёва Г.Н. - к.т.н., доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Курс «Современные энергетические технологии» предназначен для изучения в магистратуре.

В объём курса входят лекции (17 часов) и практические занятия. На лекциях предлагается изучение современных методов получения тепла и электроэнергии.

В данной работе будут рассмотрены различные энергетические технологии как уже применяемые, так и только разрабатываемые, внедряющиеся. Среди большого, в наши дни, разнообразия технологий хочу выделить некоторые из них:

- Использование геотермальной энергии

Понятие, происхождение, основные типы ресурсов, какими странами используется, примеры;

- Геотермальные тепловые насосы

Принцип работы, виды насосов, использование;

- Использование солнечной энергии

Устройство и принцип действия солнечного коллектора, виды солнечных коллекторов, фотоэлектрические преобразователи, типы систем солнечного теплообеспечения, применение;

- Безнапорный накопитель солнечной энергии

Назначение, принцип действия, преимущества, схема отопления с использованием накопителя;

- Новейшие ветрогенераторы

Рассмотренте на трёх конкретных примерах, их особенности и преимущества;

- Инновационные ветрогенераторы с вертикальной осью

Рассмотрение на конкретном примере, особенности, преимущества;

- Биогазовые установки

Определение, выгоды от биогазовой установки, принцип работы оборудования, где применяются;

- Использование водорослей как биотоплива

Преимущества, процесс получения биотоплива, устройства для выращивания водорослей, перспективы;

- Производство биотоплива из водорослей на конкретных примерах

Использующиеся установки, компании занимающиеся производством;

- Водородная энергетика

Понятие, стационарные применения, транспортные приложения, мобильные топливные элементы;

- Реакторная установка для комбинированного производства водорода и электроэнергии

Подробное описание установки, протекающие процессы, принцип работы;

- Вихревые теплогенераторы

Назначение, принцип работы, альтернативное применение, типовая схема отопления с использованием ВТГ;

- Парогазовые установки

Описание, преимущества и недостатки ПГУ, принципиальные схемы;

- Газотурбинные установки

Рассмотрение на конкретных примерах, сферы применения, преимущества, особенности конструкции, технические данные;

-Термоядерные электростанции

Протекающие реакции, принципиальная схема;

- Термоядерный реактор ITER

Принцип работы, схема, главная задача проекта;

- Существующие установки

Принцип работы установок, сравнение;

- Радиоизотопный термоэлектрический генератор

Понятие, определение, схема, методы применения, устройство радиоизотопного термоэлектрического генератора MMRTG;

- Приливные электростанции

Устройство, принцип действия, виды гидротурбин, гидрогенераторов;

- Энергетический потенциал океанских течений

Причины возникновения

- Торсионные поля

Определение, использование, внешний вид и схема торсионных генераторов;

- Энергия силикатов

Как выделяется энергия, возможные перспективы;

- Энергия солнечного ветра

Разработка, преимущества энергии солнечного ветра, недостатки, возможные перспективы

Список литературы

1) http://alternativenergy.ru/energiya/320-geotermalnaya-energiya.html
2) http://alternativenergy.ru/energiya/20-geotermalnye-teplovye-nasosy-princip-raboty.html
3) http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/139-ispolzovanie-solnechnoy-energii.html,
4) http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/162-tipy-solnechnyh-kollektorov.html
5) http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/79-beznapornyj-nakopitel-solnechnoj-yenergii.html,
http://www.bioenergy.uz.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=87
6) http://aenergy.ru/701,

http://scienceblog.ru/2011/09/29/razrabotan-novyjj-plavuchijj-vetrogenerator/, http://scienceblog.ru/2011/07/04/razrabotan-vsestoronnijj-vetrogenerator/
7) http://alternativenergy.ru/vetroenergetika/111-vertikalnyy-vetrogenerator.html, http://sauerenergy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=60
8) http://1sis.by/ru/catalog/biogas/
9) http://www.mosvodokanal.ru/index.php?newsid=6547, http://itw66.ru/blog/alternative_energy/77.html
10) http://www.mosvodokanal.ru/index.php?newsid=6547, http://itw66.ru/blog/alternative_energy/77.html
11) http://www.auditenergy.ru/hydrogen.html
12) http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=616
13) http://www.akvatermstroy.ru/Pages/Vichr_Gen.php, http://www.trinitas.ru/rus/doc/0230/003a/02300019.htm
14) http://www.manbw.ru/analitycs/pgu.html, http://energoworld.ru/articles/gazoturbinnye-i-parogazovye-ustanovki/
15) http://www.manbw.ru/analitycs/siemens-SGT-800.html, http://www.manbw.ru/analitycs/alstom_turbine.html
16) http://ehorussia.com/new/node/33
17) http://ehorussia.com/new/node/33,
18) http://ehorussia.com/new/node/33, http://ehorussia.com/new/node/1193
19) http://rnd.cnews.ru/tech/news/line/index_science.shtml?2011/11/24/465706, http://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопные_источники_энергии, http://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопный_термоэлектрический_генератор
20) http://alternativenergy.ru/energiya/96-energiya-techeniy.html http://ukrelektrik.com/publ/oborudovanie/ehlektrostancii/prilivnye_ehlektrostancii/16-1-0-889,
21) http://ipdeposit.ru/?pageid=46, http://www.x-libri.ru/elib/zhglv000/00000017.htm
22) http://alternativenergy.ru/energiya/89-energiya-silikatov.html, http://alternativenergy.ru/tehnologii/100-energiya-solnechnogo-vetra.html

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ КОТЛА БКЗ 75-39БФ, СЖИГАЮЩЕГО КДО

Бердников А.В. – студент гр. КиРС-72, Жуков Е.Б. – доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Темой моей работы является создание плана пуско-наладочных работ котла БКЗ 75-39БФ сжигающего КДО, а точнее для системы подачи и подготовки кородревесных отходов.

Цели роботы:

- количество подаваемого топлива при определенной частоте вращения двигателя транспортёров КДО, шнековых питателей приемного бункера, шнековых питателей силосов;
- тарировка шнеков, минимальное и максимальное количество подаваемого через них топлива;
- определение нескольких режимов работы ТДМ для транспортировки и сушки КДО.
- последовательность включения оборудования в систему.

Реконструкция была произведена по причине того, что возле города Братска (где и находится этот котельный агрегат) скопилось большое количество КДО, что является довольно серьезной экологической проблемой.

КДО является побочным продуктом деревообработки, но, тем не менее, их можно использовать в качества основного или дополнительного топлива, так как свойства КДО как топлива близки к свойствам бурых углей.

РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ СХЕМЫ ПГУ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Бусыгина Т. В. – студент гр. КиРС-71, Лихачева Г. Н. - доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема повышения КПД процессов выработки электроэнергии всегда была важнейшей проблемой энергетики и энергомашиностроения. Она закономерно приобрела чрезвычайную актуальность в условиях выработки огромных количеств энергии и ускоренных темпов ее прироста. Основу современной энергетики составляют тепловые электростанции (ТЭС). На них вырабатывается около 80% всей производимой электроэнергии. Современные ТЭС достигли большого совершенства. Освоены высокие и сверхвысокие параметры, и КПД ТЭС приблизился к пределу. Перспективы в этом отношении открывают парогазовые установки. За последние 40 лет не появилось альтернативного предложения столь же эффективной энергоустановки для тепловых электростанций. Бинарная ПГУ - это эталон теплового совершенства установки на органическом топливе на базе уже освоенного основного оборудования. На начальном этапе развития парогазовых установок отечественная наука внесла существенный вклад в становление этого направления. Однако в настоящее время реальное положение дел в этой области сложилось не в пользу отечественной энергетики. Развитые промышленные страны значительно обогнали нас в производстве и широком практическом использовании парогазовых установок различных типов. Парогазовые установки особенно перспективны там, где имеется возможность использовать для производства тепловой и электрической энергии природный газ, и где высокие технико-экономические показатели энергоисточников имеют особенно большое значение.

В научно-исследовательской работе представлен сравнительный анализ наиболее характерных разновидности парогазовых установок: ПГУ с высоконапорным парогенератором, ПГУ с котлом-утилизатором ПГУ и ПГУ с турбинами на смеси продуктов сгорания и пара, а также анализ методов повышения КПД ПГУ.

В ходе УНИР разработана схема парогазовой установки мощностью 60 МВт, работающей на природном газе из газопровода Новосибирск-Барнаул. В состав оборудования установки входят: газотурбинная установка MS6001B мощностью 39,62 МВт, паровая турбина К–22-8,8-2 мощностью 20,5 МВт и котел-утилизатор Е-36-8,8-535 ГМ.

Схема ПГУ с котлом-утилизатором отличается простотой и высокой эффективностью производства. Её преимуществами являются высокий КПД электроэнергии при работе в конденсационном режиме (55-60%), сравнительно невысокие эксплуатационные издержки, низкие сроки строительства и использование в качестве топлива природного газа.

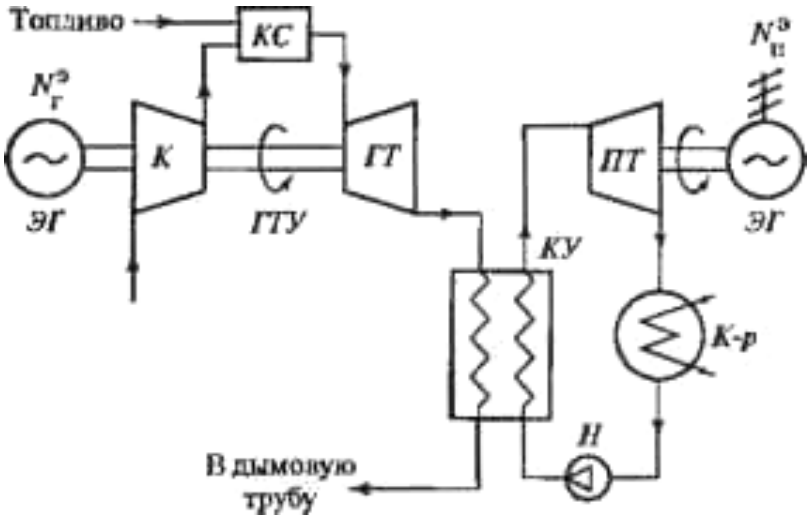

Рисунок 1 – Тепловая схема проектируемой ПГУ.

Список литературы

1. Фурсов И. Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: учеб. пособие для студентов вузов / И. Д. Фурсов, В. В. Коновалов; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.- 2-е издание, перераб. и доп.– Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 266 с.: ил.
2. Жуков Е.Б. Расчёт тепловой схемы газотурбинной установки: Методические указания к расчетному заданию по дисциплине «Камеры сгорания ГТУ и спецкотлы» для студентов специальности 101300 – “Котло- и реакторостроение” / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 10 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Вовк Ю.Е. - студент гр. КиРС-71, Лихачева Г.Н.- доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблемы снижения топливных затрат, а также вредных выбросов, прежде всего NO_x, актуальны при сжигании газа и мазута. Водоугольное топливо (ВУТ) может использоваться в качестве замены мазута, газа и угля. Сжигание ВУТ в кипящем слое позволяет достичь относительной простоты реализации на котлах небольших мощностей, достаточно большого диапазона регулирования мощностей работы котла, невысоких требований к качеству подаваемого топлива.

К настоящему времени разработаны и реализуются новые технологии получения и использования водоугольного топлива (ВУТ) нового поколения – искусственного композиционного дисперсного топлива, создаваемого на основе микронных фракциях угля, воды и химических присадок. По физико-механическим характеристикам ВУТ аналогично живому топливу, поэтому процессы его транспортировки и сжигания одинаковы. Водоугольное топливо (практически независимо от вида исходного угля) является высокореакционным топливом, горение которого возможно с малыми избытками воздуха, и характеризуется достаточно коротким факелом, высокой полнотой выгорания и высокой устойчивостью процесса горения при изменении нагрузок котла в установленном диапазоне. К тому же – это экологическое топливо, которое сгорает без образования монооксидов углерода, вторичных углеводородов, сажи и канцерогенных веществ.

Произведены расчеты топочной камеры для сжигания водоугольного топлива в кипящем слое, а также выбрана конструкция газораспределительной решетки.

ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МКУ-2,5МВТ

Карманов А.И. – студент гр. КиРС-72, Жуков Е.Б. – доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В нашей стране необычайную важность приобретает сооружение особых объектов, снабжающих теплом жильё – котельных. В настоящее время использование так называемой блочно модульной котельной является оптимальным вариантом, как с точки зрения скорости монтажа, так и с позиций безопасной и надёжной эксплуатации. Современные блочно модульные котельные собираются из блоков-модулей прямо на месте будущей эксплуатации.

Большое преимущество этого вида котельных – быстрота монтажа. Несмотря на то, что оборудование котельной разделено на блоки, все части взаимосвязаны и представляют собой единое целое. Целостность приводит к тому, что после монтажа котельной отсутствует необходимость в долгой и трудоёмкой настройке разных видов оборудования. Смонтированная блочно модульная котельная сразу готова к эксплуатации.

Трудозатраты на монтаж и подключение невелики, а поэтому и оцениваются не столь дорого, как возведение котельной старыми методами. Получается, что блочно модульные котельные являются оптимальным вариантом в качестве инструмента теплоснабжения.

Транспортабельные котельные установки (ТКУ) (рисунок 6) — это современные мобильные котельные полной заводской готовности и комплектации, которые устанавливаются на один из типов шасси для автотранспорта. В основном транспортабельные котельные установки эксплуатируются в качестве аварийных источников теплоснабжения в случае аварий на главных котельных в населённых пунктах, а также производственных и складских помещений. Кроме того, ТКУ часто используется в качестве источника теплоснабжения для строительных объектов, вахтовых поселков, бригад геологической разведки, которые довольно часто меняют свое местоположение.

Передвижная котельная представляет собой блок полной заводской готовности, в котором смонтирован котлоагрегат в составе: водогрейный котел и горелочное устройство; насосная группа, группа подачи топлива, источник автономного энергоснабжения, дымовая труба; блок устанавливается на один из видов автомобильного шасси.

Блочно-модульная котельная (рисунок 7)– это набор блоков различных габаритных размеров (от 1 до 10), оснащенных основным и вспомогательным оборудованием, установленным в заводских условиях. Отгруженные блоки блочно-модульной котельной устанавливаются на фундамент, после чего монтируются в единое здание. С целью уменьшения итоговой стоимости модульной котельной, а также облегчения массы, внедряется новая технология изготовления - модули из сэндвич-панелей.

Модульная котельная выступает как альтернатива стационарной котельной, и здесь мы сравним ее потребительские свойства со стандартной стационарной котельной. Сравнивая со стационарными котельными, модульная котельная:

- полностью готовая к быстрому монтажу и подключению к системам отопления, горячего водоснабжения и технологических систем, то есть привозится на объект в собранном виде и остается подключиться к подведенным сетям;
- отсутствуют затраты на капитальное строительство помещения котельной;
- упрощает и удешевляет проектные и согласовательные работы;
- можно объединять модули в каскад, что позволяет наращивать мощность;
- имеет малый вес, что позволяет размещать модульные котельные на крыше зданий;
- имеет более компактный размер, чем стационарная котельная;
- имеет возможность блочной сборки (сборка из нескольких блоков позволяет выпускать модульные котельные большей мощности)
- не нуждается в постоянном присутствии обслуживающего персонала;
- возможность многократного монтажа и демонтажа котельной установки и ее перемещения.

ИЗУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

Кармышев А.А. – студент гр. КиРС-72, руководитель Пронь Г.П. – доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В последние десятилетия возможность сжигания топлива в кипящем слое стала привлекать внимание энергетиков в различных странах.

Актуальность применения технологии КС состоит в том, что она решает ряд проблем.

1. Сжигание более дешёвых низкосортных топлив с высокой зольностью и (или) влажностью, а это означает, также, снижение себестоимости производства электроэнергии и тепла, что немаловажно в современной энергетике. Качество добываемого топлива становится хуже, так как запасы хороших топлив исчерпываются. Происходит так же его удорожание.

2. Снижение выбросов оксидов азота благодаря более низкой температуре зоны активного горения.

3. Снижение выбросов оксидов серы, связывая её непосредственно в процессе сжигания путём добавления присадок (таких как известняк).

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

КС имеет и недостатки.

1. Узкий диапазон регулирования температур и скоростей ожижающего агента

2. Ряд проблем, связанных с однородностью псевдоожижения, обеспечивающейся газораспределительными устройствами

3. Сложность регулирования

Данная технология нуждается в изучении статических и динамических характеристик в целях выявления режимов работы и влияния различных параметров на регулирование.

Использование одного из наиболее экономически выгодных источников энергии – угля – ограничено следующими причинами: уголь – твёрдое топливо, это порождает трудности с транспортом, подготовкой, хранением и сжиганием; при использовании угля следует учитывать проблемы охраны окружающей среды (задымление и вопросы утилизации золы). Эта проблема, как известно, 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.

Главное преимущество способа сжигания в кипящем слое – 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.

Получение угля необходимого фракционного состава не требует больших энергозатрат.

КПД топки примерно тот же, что и у пылеугольной.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ АСПИРАЦИОННЫХ ОТХОДОВ КРУПЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Киселев А.О..-студент гр. КиРС-72, руководитель Жуков Е.Б.- доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова(г. Барнаул)

Сжигание различных видов сельскохозяйственных отходов достаточно новая и актуальная отрасль в энергетике. Это топливо мало изучено и производство котельных установок для его сжигания не поставлено на поток. В России достаточно мало предприятий выпускают котлы, работающие на так называемом нетрадиционном топливе.

В связи с удорожанием традиционного топлива многие предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию, охотно устанавливают энергоблоки, работающие на отходах собственного производства. Если говорить конкретно об аспирационных отходах крупяного производства, то это достаточно калорийное топливо, но существует ряд недостатков при его сжигании. Для каждого предприятия нужен индивидуальный подход, в зависимости от того сколько и какая энергия им нужна и какое количество отходов они производят.

В данной работе проведен анализ сжигания аспирационных отходов, рассмотрено применение новых технологий сжигания сельхоз. отходов.

Для конкретного предприятия , с учетом его особенностей была выбрана схема водогрейного котла и технологический процесс сжигания и подачи топлива.

Имеющиеся типовые котлы не приспособлены для сжигания лузги и аспирационных отходов крупяного производства. Реконструированные котлы на сжигание лузги и аспирационных отходов выходят из строя, так как котельный пучок и экономайзер быстро забиваются прочными отложениями золы.

Из-за отложений золы теплообмен в этих реконструированных котлах резко снижается. Котлы, реконструированные на сжигание аспирационных отходов, могут удовлетворительно работать только с понижением паропроизводительности в 2-3 раза. Кроме того, из-за забивания золой, как правило, в этих котлах экономайзеры отключаются, что дополнительно снижает их экономичность.

В целом, по результатам обследования работы котлов направленных на сжигание аспирационных отходов, можно сделать следующие выводы:

• на сегодня промышленность серийно не изготавливает котлов и топок, предназначенных для сжигания аспирационных отходов;

• большой вынос легких парусных частиц при сжигании аспирационных отходов требует их надежного удержания в топке в процессе сжигания или улавливания за котлом;

• имеет место повышенная пожароопасность "самодельных" котельных установок при сжигании аспирационных отходов;

•при сжигании аспирационных отходов возможно образование мощных внутритопочных и натрубных отложений, препятствующих теплообмену и нормальной работе котла;

•так как процесс образование внутритопочных и натрубных отложений при сжигании аспирационных отходов зависит и от минерального состава золы, можно предположить существенное влияние места произрастания и состава почвы;

•чугунные экономайзеры не могут рекомендоваться к использованию в котельных установках для сжигания аспирационных отходов из-за быстрого забивания их золой и должны заменяться специальными;

В сложившихся условиях целью конструкторов являются разработки специализированного котельного оборудования, учитывая индивидуальные потребности заказчика. Опыт показывает, что маслоэкстракционные заводы и заводы переработки с/х продукции экономически заинтересованы в применении новых котлов с высокоэффективными вихревыми топочными устройствами и их модификациями для сжигания лузги и аспирационных отходов.

Был проведен:

-анализ сжигания аспирационных отходов;

-анализ способов сжигания в различных топочных устройствах.

Был разработан:

-котел с ретортной топкой и спроектирована его трехмерная модель.

СЖИГАНИЕ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Конецкий А.В.- студент гр. КиРС-72, руководитель Пронь Г.П.- КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время около 80% электроэнергии вырабатывается на ТЭС, при этом основным является твердое топливо (уголь). Однако известна тенденция роста зольности добываемых углей, что затрудняет их использование в ряде отраслей промышленности. Эта тенденция имеет объективный и закономерный характер и связана с общим уменьшением запасов угля и возрастающей потребностью в нем. В качественных, малозольных углях ощущается все возрастающий дефицит, а энергетические высокозольные угли марок Т, АРШ, АШ и шламы не находят сбыта. Угли низкого качества имеют относительно низкую стоимость и теплоту сгорания, приемлемую для их использования в коммунальном хозяйстве и промышленности.

Наиболее приемлемым способом утилизации шлама является сжигание его в кипящем слое с применение специальной подготовки топлива в виде гранулирование. Система подачи топлива у таких котлов проще, котлы с кипящем слоем менее требовательны к качеству топлива и лучше приспособлены к ступенчатому сжиганию, необходимому для снижения выбросов оксидов азота.

В данной учебной исследовательской работе были рассмотрены способы сжигания низкосортных топлив в кипящем слое с предварительным гранулированием. По результатам эксперимента и расчета был построен график, зависимости механического недожога q_4 от температуры кипящего слоя.

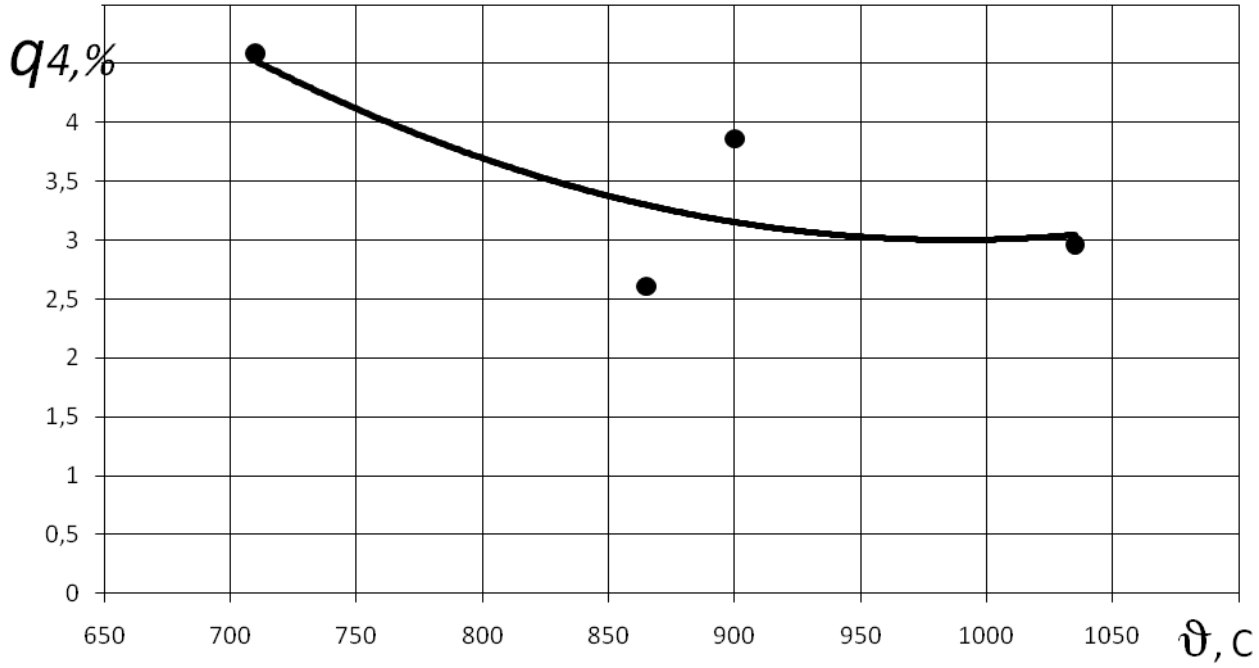

Рисунок 1 - Зависимость q_4 от температуры кипящего слоя

Из графика видно, что самые большие потери *q4* наблюдается при низких температурах кипящего слоя, а с ростом температуры механический недожог уменьшается. Поэтому для эффективного сжигания топлива в виде грану необходимо поддерживать высокую температуру кипящего слоя.

НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИСХОДНОГО ТОПЛИВА БЫЛА РАЗРАБОТАНА СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЖИГАНИЯ ШЛАМА.

.

Список литературы

1. Баскаков А.П., Мацнев В.В., Распопов И.В. Котлы и топки с кипящим слоем. – М.: Энергоатомиздат, 1996. 352 с.: ил.

2. Трембовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок. –М.: Энергоатомиздат, 1977

3. Каталымов А.В. переработка твёрдого топлива.- М.: МГУИ, 2003. 246с.: ил

4. Отходы производства и потребления г. Новокузнецка. Эко-бюллетень ИнЭкА Архив № 7-8 (42-43) ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНА 2004 год

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ПЫЛИ В КОТЛЕ КЕ-10-14ДВО ЖФК

Малюкова Я.С. – студент группы КиРС-71, Жуков Е.Б. - к.т.н., доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество неликвидных отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки. Например, лесопилки вырабатывают значительное количество отходов, которые годятся в качестве топлива. Опилки, полученные при обрезе, опилочная пыль, отходы мебельных производств также являются потенциальным источником топлива. Использование топлива из древесины имеет ряд преимуществ:

- возобновляемость данного ресурса,
- минимальная стоимость, зависящая от затрат на его доставку от поставщика,
- минимальное содержание золы при сжигании, что сокращает затраты на утилизацию,
- исчезновение необходимости утилизации древесных отходов в отвалах.

В настоящее время в малой энергетике для теплоснабжения производственных площадей и зданий, получения горячей воды, и технологического пара применяются паровые и водогрейные котлы, использующие дорогостоящие энергетические топлива: каменный уголь, мазут, природный газ. В тоже время на предприятиях деревообрабатывающей промышленности скапливаются отходы производства в виде щепы, опилок, обрезков, стружки, и т.п. Использование технологии сжигания низкосортного, бросового топлива, состоящего из отходов производства, сочетающей в себе высокую эффективность, стало бы ключом решения этой задачи.

Определены основные теплотехнические характеристики шлифовальной пыли (фракционный состав 0-100 мкм):

- аналитическая влажность W^a=4,584%,
- зольность сухой массы топлива A^d=0,3408%,
- выход летучих веществ горючей массы V^{daf}=44,65%.

При сжигании шлифовальной пыли используются модернизированные вихревые топки: Циклонная вихревая топка «Торнадо» с пережимом и вертикальной осью. Данные, вихревые схемы сжигания, позволяют организовать стабильный и эффективный топочный процесс при сжигании растительных, древесных и животноводческих отходов влажностью до 40-50%, влажность шлифовальной пыли на уровне 5%. Вихревая топка «Торнадо» не чувствительна к составу топлива и может сжигать: большинство сельскохозяйственных отходов, в том числе и низкосортную древесину.

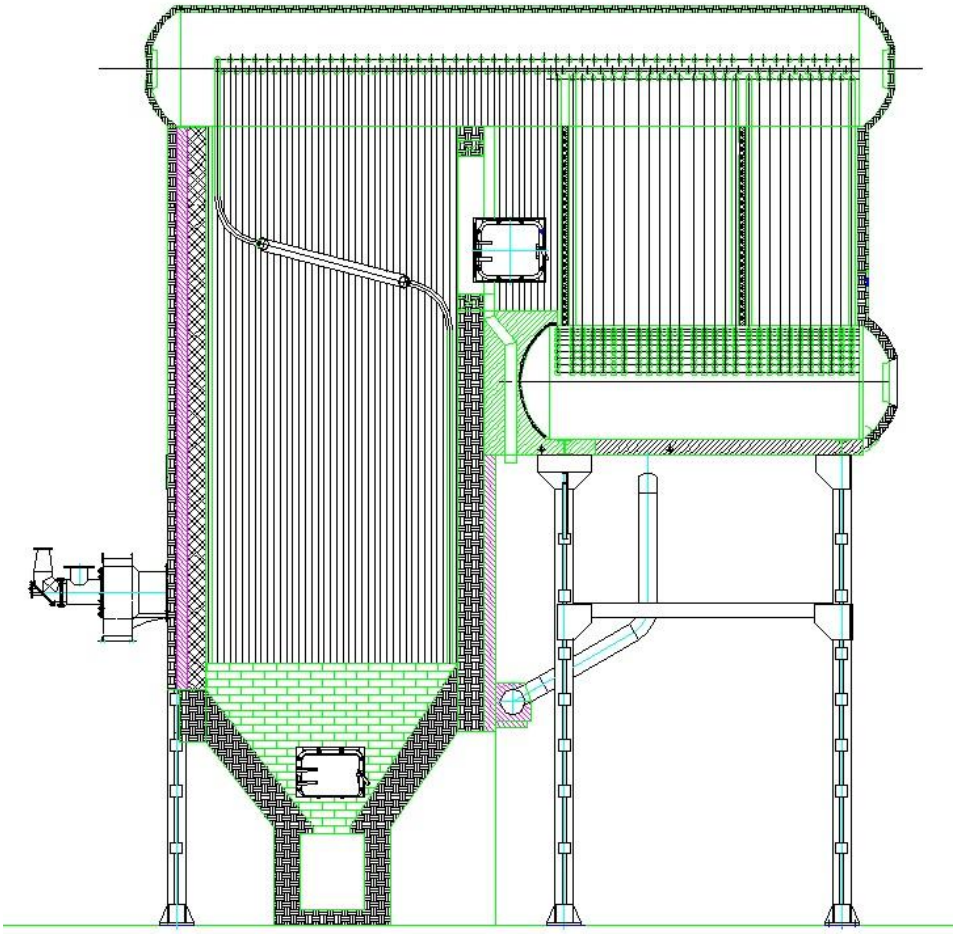

Рисунок 1 – Продольный разрез котла КЕ-10-14ДВО ЖФК

Список используемой литературы

1. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. пром-ть, 1987. – 224 с.
2. Вихревые топки для сжигания древесных отходов. – URL: http://www.ekovortex.ru.
3. Жуков Е.Б., Симанов В.И. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы физико-химических процессов производства тепловой энергии». – Барнаул,2004. – 47стр.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА КОЛЛЕКТОРА С ОТВЕРСТИЯМИ

Марков А.И. – студент гр. КиРС-72, Попов А.А. – студент гр. КиРС-71,
Грин В. М. - доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Разработки системы автоматизированного проектирования прочностного расчета коллектора с отверстиями (САПР) на кафедре «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ начиная с 2006 года. САПР прочностного расчета коллектора с отверстиями представляет собой в настоящее время комплекс видов обеспечения: методического, программного и информационного.

Методическое обеспечение представляет собой подборку основных положений РД 10-249-98 Норм расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды.

В данной работе изучен нормативный метод расчета на прочность элементов паровых и водогрейных котлов и трубопроводов, в части прочностного расчета коллекторов. На

основании проработки теоретического материала, разработан алгоритм прямого и обратного прочностного расчета коллектора с отверстиями. По разработанному алгоритму выполнены тестовые расчеты коллекторов 2-х конструкций(прямой и обратный порядок расчета). Результаты работы могут быть использованы для составления программы прочностного расчета коллектора.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРА

Мелехов А. А. – студент гр. КиРС-72, руководитель Пронь Г. П., доцент КиРС,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной научно-исследовательской работе я попытаюсь исследовать горение твердого топлива в топке кипящего слоя. Так же будет произведено использование катализатора в процессе горения и его влияние на процесс горения (положительные и отрицательные стороны). Следующим важнейшим этапом моей научно-исследовательской работы я считаю конструирование, тепловой расчет и последующее изготовление водогрейных котлов малой мощности с применением на них данного катализатора ЩКЗ-3. По моим предположениям у моей работы есть огромный экономический потенциал, так как сжигание в кипящем слое более целесообразно, благодаря лучшему выгоранию топлива, чем другими способами сжигания.

Внедрение топок с кипящим слоем в промышленность многих стран мира вызвано прежде всего нарастающими экологическими трудностями: во-первых, в топках с кипящим слоем удается превратить большую часть серы в безвредный гипс, во-вторых, в лучших конструкциях топок снижаются выбросы оксидов азота.

Топки со стационарным кипящим слоем характеризуются теплонапряжениями площади решетки 1-2,5МВт/м2, их применение для котлов производительностью до 25-30 т/ч вместо слоевых позволяет обеспечить эффективное сжигание низкокачественных твердых топлив, которые не удается сжигать в слоевых топках, существенно уменьшить выбросы оксидов серы и азота, полностью механизировать и автоматизировать отопительные и паровые котельные на твердом топливе, получить золу и шлак, почти не содержащие горючих, которые можно использовать в качестве строительного материала, использовать в качестве топлива разнообразные твердые горючие отходы, не только получая теплоту, но и предотвращая захламление окружающей среды.

В топках с кипящим слоем успешно сгорают содержимое угольных терриконов и шлак от слоевых топок. Это определило широкое распространение таких топок для создания отопительных, технологических и энергетических котлов.

Топки с циркуляционным кипящим слоем позволяют повысить теплонапряжение решетки до 5-6 МВт/м2, снизить выход оксидов азота до 250 мг/м3 и оказываются вполне конкурентоспособными с энергетическими камерными топками, особенно если учесть их способность связывать более 90% серы.

Создание топок с различными модификациями кипящего слоя относится к 20-м годам этого столетия. Топки разрабатывались для сжигания отходов угледобычи (штыбов мельче 6 мм), не пригодных для слоевого сжигания. Внедрение пылеугольного сжигания сняло проблему утилизации мелкозернистого топлива в энергетике, но исследования сжигания топлив в кипящем слое продолжались.

В середине 50-х годов в связи с резким увеличением добычи природного газа работы по сжиганию твердого топлива в топках кипящего слоя в нашей стране были прекращены и не возобновлялись до 1974 года, но в Англии, Китае и США начали создаваться опытно-промышленные установки с использованием этого способа сжигания.

Исследования обнаружили две особенности кипящего слоя, чрезвычайно важные для использования его в топочной технике. Во-первых, интенсивное перемешивание частиц

газовыми пузырями позволяет избежать появления в слое существенных температурных перекосов даже при неравномерном по объему тепловыделении и теплосъеме. Это облегчает решение проблемы шлакования. Во-вторых, резко интенсифицируется теплоотдача от кипящего слоя к омывающим его стенам или к погруженным трубам. Частица твердого материала, охлаждаясь у поверхности трубы (омываемой изнутри рабочим телом), из-за различия плотностей отдает на три порядка больше теплоты, чем такая же по объему частица газа, охлаждающаяся до той же температуры. Коэффициент теплоотдачи к погруженным в кипящий слой трубам составляет в современных топках около 250 Вт/(м2*К).

Революционным шагом было размещение поверхностей нагрева в объеме кипящего слоя или на ограничивающих его стенах, что позволило организовать низкотемпературное (800-900С) сжигание. Дело в том, что при tк.с=800-900С образующийся при сгорании сернистых топлив SO2 реагирует в слое с оксидами кальция и магния, содержащимися в золе топлива или специально добавляемыми в слой для того, чтобы резко уменьшить выбросы SO2 в атмосферу. В свете экологических требований к топливосжигающим устройствам такая возможность вызвала огромный интерес к топкам с кипящим слоем, поскольку очистка продуктов сгорания от SO2 традиционными методами на ТЭС повышает стоимость электроэнергии примерно на 25%.

Сжигание в кипящем слое позволяет решить проблему ликвидации выбросов SO2. Одновременно существенно снижаются и выбросы оксидов азота, поскольку при этих температурах азот воздуха не окисляется.

Топливо устойчиво горит при его концентрации в кипящем слое, составляющей проценты, а на высокореакционных топливах – доли процентов (остальное – зола). Это позволяет выводить золу из любой точки слоя с минимальными потерями от механического недожога.

Кипящий (псевдожиженный) слой – специфическое состояние слоя мелкозернистого материала, продуваемого снизу потоком газа со скоростями, обеспечивающими интенсивное движение частиц, но недостаточными для их выноса из аппарата. В лабораторных аппаратах газ подводится через пористое дно или решетку с отверстиями, в промышленности обычно используются колпачковые газораспределители, препятствующие просыпанию через них частиц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЕЁ В КОТЛЕ ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 2,5 Т/Ч

Овчинникова Е.В. – студент гр. КиРС-72, Жуков Е.Б. – доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях маслозаготовки , а так же при других переработках подсолнечника, образуется большое количество неликвидных отходов подсолнечной лузги, которые с в свою очередь уже непригодны для вторичной переработки. Подсолнечную лузгу можно использовать для котельных и ТЭЦ, в печах и в каминах, для производства тепловой и электрической энергии, а так для обогрева производственных, бытовых и жилых помещений.

К тому же, использование данного вида топлива имеет ряд преимуществ:

- Теплотворная способность 1 т сухого вещества подсолнечной лузги эквивалентна 17,2 МДж. По этому показателю лузга превосходит дрова - 14,6- 15,9 МДж/кг и бурый уголь - 12,5 МДж/кг.
- При сжигании лузги количество выделяемого углекислого газа не превышает того, что образуется при естественном разложении древесины, а количество других вредных выбросов ничтожно мало.
- Зола, образующаяся при сжигании лузги, может использоваться как удобрение ,
- Возобновляемость данного ресурса,

- Минимальная стоимость, зависящая от затрат на его доставку от поставщика,
- Исчезновение необходимости утилизации подсолнечных отходов в отвалах.

В настоящем сообщении речь пойдет об исследовании использования в качестве альтернативного топлива отходов подсолнечной лузги Азовского пищекомбината.

Согласно обследованиям, имеющиеся типовые котлы не приспособлены для сжигания лузги, измельченных растительных и других горючих отходов. Например, реконструированные на сжигание лузги подсолнечника котлы выходят из строя, т.к. котельный пучок и экономайзер быстро забиваются прочными отложениями золы.

Таким образом, для сжигания измельченных растительных отходов, в том числе, лузги подсолнечника требуется разработка специального топочного устройства.

Для утилизации лузги и измельченных горючих отходов предлагаются котлы с вихревыми топками. В вихревых топках благодаря аэродинамической схеме обеспечивается глубокое низкотемпературное выжигание горючих частиц с одновременным устранением образования внутритопочных и натрубных отложений, характерных для высокотемпературных топочных процессов.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ ПРИ СЖИГАНИИ ВУТ

Орлова О. Д. - студент гр. КиРС-71, руководитель Лихачева Г.Н.- доцент КиРС,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В связи с серьезным увеличением цен на энергоносители многие предприятия и отопительные котельные всё больше отдают предпочтение более дешёвым видам топлива, использование которых, не потребует больших капитальных затрат на их разработку и транспортировку. А напротив, позволит максимально выгодно и рационально использовать имеющиеся у них в распоряжении топливные ресурсы.

Сегодня много говорят о расширении использования альтернативных, возобновляемых, нетрадиционных источников энергии – но все это перспективные источники, а в практическом плане необходимо сосредоточиться на традиционных источниках и, в первую очередь, на полномасштабном возвращении в энергетику угля.

Принципиально важным решением для угольной энергетики может стать переход от прямого сжигания угля в различных топочных устройствах на приготовление из углей различных качеств, в том числе и из отходов углеобогащения, водоугольного топлива.

Одним из путей решения этих проблем является сжигание ВУТ в кипящем слое.

При слоевом сжигании недожжённым остаётся до 30..50% угля, вся оставшаяся часть уходит в угольный отвал. Благодаря полному выгоранию угля (не менее 98%) ВУТ позволяет снизить объём потребляемого угля. Прямая экономия (т.е. снижение себестоимости 1Гкал), с учётом затрат на приготовление ВУТ в этом случае составляет не менее 20..40%,

Кроме того, ВУТ обладает всеми технологическими свойствами жидкого топлива; транспортируется в авто- и железнодорожных цистернах, по трубопроводам, в танкерах и наливных судах; хранится в закрытых резервуарах; сохраняет свои свойства при длительном хранении и транспортировании; при переводе теплогенерирующих установок на ВУТ не требуется существенных изменений конструкций агрегатов.

Дополнительно, при сжигании ВУТ не остаётся угольного шлама, который необходимо утилизировать (т.е., экологический эффект), то выгода ВУТ тем более налицо. Утилизация несгоревшего угля в этом случае также вносит дополнительные затраты, так же оставшаяся от сжигания ВУТ зола может быть использована для строительства.

Также приведена методика расчета теплообмена в кипящем слое при сжигании ВУТ. Схема сжигания ВУТ представлена на рисунке.

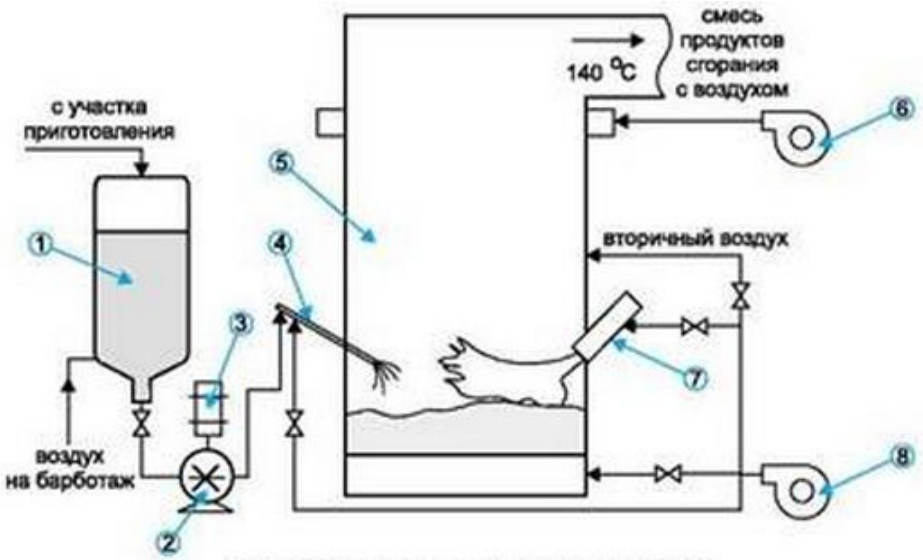

Рис. 2. Схема участка сжигания ВУТ:
1 – расходный бак, 2 – винтовой насос, 3 – вариатор, 4 – форсунка ВУТ, 5 – печь с топкой кипящего слоя, 6 – вентилятор смесительный, 7 – горелка розжига, 8 – вентилятор подачи воздуха на горение.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ ТВЁРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЕГО В ПГУ

Остриков А. М. – студент гр. КиРС-71, Лихачёва Г. Н. - доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из наиболее перспективных направлений развития энергетики является созданию парогазовых установок (ПГУ) с внутрицикловой газификацией твердого топлива (ВЦГ). За рубежом в это направление вкладываются большие средства, создан ряд демонстрационных и действующих ПГУ с ВЦГ мощностью от 40 до 350 МВт в США, Европе (ФРГ, Голландия, Испания, Чехия, Италия), в Японии и Китае. Насчитывается 17 работающих установок с газификацией угля, нефтяного кокса, биомассы, а также бытовых отходов совместно с углем. Данное направление считается прорывным в энергетике, поскольку оно обладает потенциалом создания энергетических установок на твердом топливе с КПД 52-54 % и низкими вредными выбросами, а также экологически чистых установок . Не преодоленный пока недостаток продвинутых ПГУ с газификацией угольной пыли на парокислородном дутье - их сложность и большая удельная стоимость.

Россия неоправданно задерживается в промышленном освоении ПГУ на угле. Большой объем исследовательских и проектно-конструкторских наработок в стране проделан к началу 90-х годов прошлого столетия. В последующие годы ВТИ не прекращал исследования по данной тематике и к настоящему времени разработал и апробировал на опытной комплексной установке технологию горновой паровоздушной газификацией кускового топлива и пыли с высокотемпературной очисткой синтез-газа.

Рассматриваемая технология ориентирована на создание в составе ПГУ простой и надежной системы газификации и газоочистки с сокращенным набором оборудования, которая при сохранении свойственных ПГУ высоких экономических и экологических показателей должна обеспечить умеренную, коммерчески приемлемую стоимость оборудования, в том числе за счет отказа от применения воздухоразделительных установок.

Разработка угольных ПГУ производится по четырем основным направлениям:

• ПГУ с внутрицикловой газификацией топлива (ПГУ-IGCC);
• с топкой КСД (ПГУ-КСД);
• с пиролизером-карбонизатором (ПГУ-КСД-К);

• с высокотемпературным воздухонагревателем.

Из них первые два направления освоены промышленностью, а вторые не вышли за рамки НИОКР.

Список литературы

1. Инновационные технологии в энергетике / под общ. ред. Н.В. Клочковой. - Иваново: Научная мысль, 2011. - 228 с: ил. ISBN 978-5-91873-005-8 УДК 330.341 ББК 65.304.13

2. Опыт применения и новые проекты ПГУ с газификацией углей в электроэнергетике // Ольховский Г.Г., Гончаров В.В. // Энергохозяйство за рубежом, 2007. №6. С.11-33.

3. Вольчин И.А., Корневой Ю.П. Майстренко АЛО. Топал А.И., Яцкевич СВ. Сжигание твердого топлива в кипящем слое под давлением. Киев: Препринт НТЦ угольных энерготехнологий НАН Украины и Минэнерго Украины, 1997. 85 с.

4. Корчевой Ю.П., Майстренко АЛО., Топал А.И. Экологически чистые угольные энерготехнологии. Киев: Научная мысль, 2004. 187 с.

5. Исследования и разработки в области чистых угольных технологий. Возможности Великобритании. СВОП. // Harwell International Business Centre Didcot, Oxfordshire, OX11 0QJ, UK. Март, 2001.

6. Фаворский О.Н., Леонтьев А.И., Федоров В.А., Мильман О.О. Расчетно-экспериментальное обоснование создания угольно-водородной электростанции с высокотемпературными (850-1500°С) паровыми турбинами // Труды РНКТ 5. М.: Изд-во МЭИ, 2010. Т. 1.С. 63-68.

7. Шульман BJL, Зайцев А.В., Богатова Т.Ф. Развитие угольных парогазовых технологий // Технологии эффективного и экологически чистого использования угля: Сб. докладов международной научно-практической конференции. М.: ОАО «ВТИ», 2009. С. 246-251.

8. Материалы Четвертой Международной конференции по технологиям внутрицикловой газификации и получению жидких топлив. 3-6 мая 2010 г., Дрезден. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gasification-freiberg.org.

9. Экологически чистые и энергоэффективные технологии переработки и сжигания угля // В книге «Исследования и разработки сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий». Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2009. Вып. 20. 75 с.

10. Шульман В Л. Предварительная термическая подготовка топлива как реальный способ технологического и экологического совершенствования пылеугольных котлов // Электрические станции. 2000. №6. С.16-19

11. И. Д. Фурсов, В.В. Коновалов /Конструирование и тепловой расчёт паровых котлов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ПЫЛИ В КОТЛЕ КЕ-10-14ДВО ЖФК

Петров И.Е. – студент группы КиРС-71, Жуков Е.Б., - доцент КиРС, к.т.н.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество неликвидных отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки. Например, лесопилки вырабатывают значительное количество отходов, которые годятся в качестве топлива. Опилки, полученные при обрезе, опилочная пыль, отходы мебельных производств также являются потенциальным источником топлива. Использование топлива из древесины имеет ряд преимуществ:

Древесина – самый древний вид топлива. Однако по мере развития производительных сил общества значимость ее как топлива уменьшилась. В настоящее время истощение запасов угля, газа и нефтепродуктов заставляет задуматься об использовании

альтернативных топлив, а именно изменить точку зрения на перспективы энергетического использования древесного топлива.

Сегодня на предприятиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество неликвидных отходов древесины, которые уже непригодны для вторичной переработки. Например, лесопилки вырабатывают значительное количество отходов, которые годятся в качестве топлива – опилки, полученные при обрезе, опилочная пыль; отходы мебельных производств также являются потенциальным источником топлива. Использование топлива из древесины имеет ряд преимуществ: возобновляемость данного ресурса; минимальная стоимость, зависящая от затрат на его доставку от поставщика; минимальное содержание золы при сжигании, что сокращает затраты на утилизацию; исчезновение необходимости утилизации древесных отходов в отвалах. Немаловажное значение имеет и экологический аспект проблемы – древесное топливо практически не содержит серы и имеет высокую реакционную способность, поэтому в дымовых газах при сжигании древесины не содержится сернистого и серного газа, а содержание окиси углерода при рационально сконструированных топочных устройств минимальны.

Но, как известно, в древесных отходах находится значительное количество коры, минеральных примесей (песок, глина и т.д.), что характеризует данный вид топлива как низкокачественное, поэтому для его сжигания необходимы специальные топочные устройства.

Современные котлы зачастую не приспособлены к эффективному сжиганию древесных отходов.

Вихревая технология является довольно универсальной, что позволяет легко встраиваться в существующие топочные объемы котлов. Обеспечивает максимальное выгорание и минимальный унос из топки недогоревшего топлива.

В данной учебно-исследовательской работе изучено горение шлифовальной пыли в котельной установке КЕ 10-14ДВО ЖФК. Проведен тепловой расчет топочной камеры и получены данные на выходе из топки.

Результаты теплового расчета:

- температура уходящих газов $\upsilon_{ух} = 150$ºС;
- КПД котла $\eta_к = 88{,}01\%$;
- расход топлива $B_р = 0{,}4\frac{кг}{с}$;
- потери тепла с уходящими газами $q_2 = 7{,}72\%$;
- потери с механическим недожогом топочной камеры $q_{4вт} = 1{,}5\%$
- температура газов на выходе из топочной камеры $\upsilon_т^{''} = 1172\,°С$;

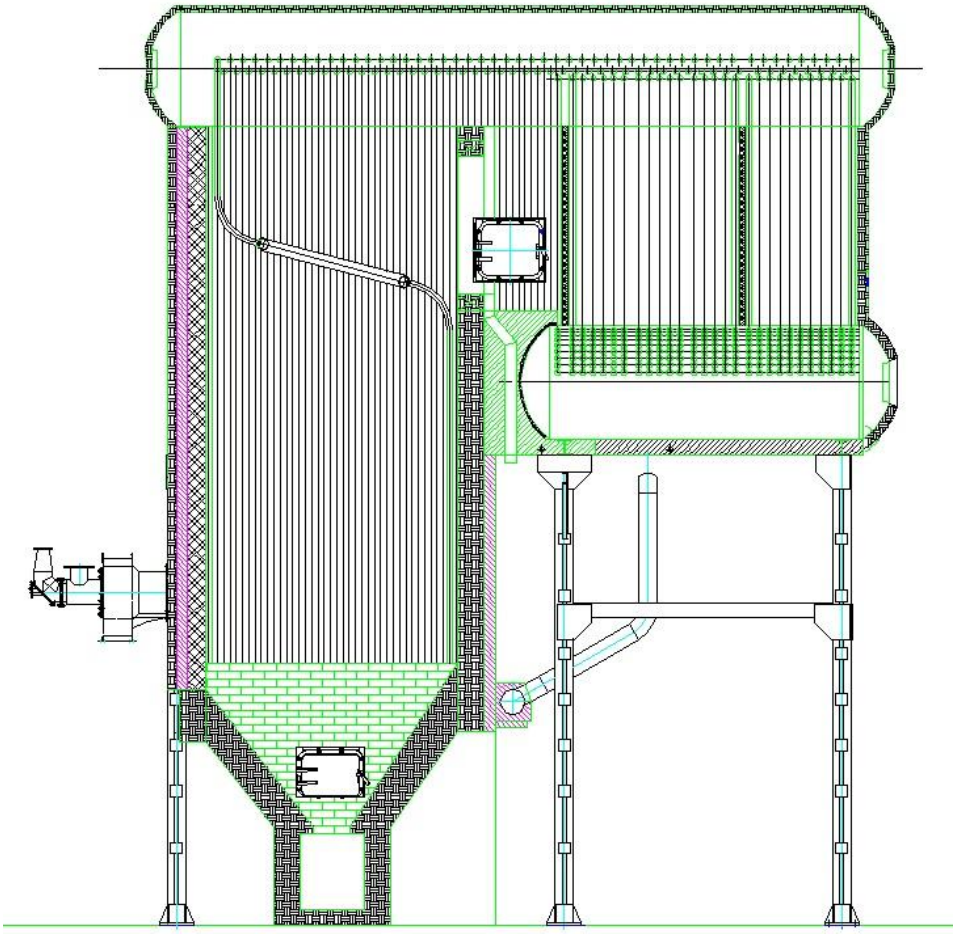

Рисунок 1 – Продольный разрез котла КЕ-10-14ДВО ЖФК.

Список используемой литературы

1. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. пром-ть, 1987. – 224 с.
2. Вихревые топки для сжигания древесных отходов. – URL: http://www.ekovortex.ru.
3. Жуков Е.Б., Симанов В.И. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы физико-химических процессов производства тепловой энергии». – Барнаул,2004. – 47стр.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK INVENTOR 2012 ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ НА ПРИМЕРЕ БЛОКА ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА

Рогатин М.С. – студент гр. КиРС-71, Гладких А.А. –к.т.н., инженер-конструктор II кат.
(Инженеринговый центр «ЭМАльянс – БСКБ КУ», г. Барнаул)

В настоящее время энергетика в стране получила новое дыхание – производится строительство и ввод новых мощностей, причем значительную долю занимают парогазовые установки. Парогазовые установки имеют высокий КПД - это обусловлено тем, что тепло уходящих газов из газовой турбины используется в котлах утилизаторах.

Значительным преимуществом ПГУ является то, что они более компактны, имеют меньшую удельную металлоемкость, проектирование и монтаж оборудования занимает короткие сроки в сравнении с котлами, работающими на пылеугольном сжигании. В связи с этим, к проектным организациям предъявляются высокие требования по срокам выполнения

проектных работ при минимальных затратах и высоком качестве изделия. Все это является залогом успеха для выигрыша тендера на выполнение проектных работ.

Для выполнения этих условий требуется разработка новых подходов. Одним из таких методов является использование систем трехмерного проектирования.

Наиболее часто встречающиеся 3D CAD системами в энергомашиностроении России являются Solidworks, Unigraphix, Autodesk Inventor, Компас-3D, а также другие менее популярные системы.

В ходе выполнения данной работы произведен анализ среди энергомашиностроительных предприятий России. Данные взяты с официальных сайтов проанализированных предприятий.

Анализ проведен по следующим энергомашиностроительным предприятиям:

- Холдинговая компания «Сибпромэнерго» г. Бийск - Autodesk Inventor;
- Холдинговая компания «Энергомаш-строй» г. Белгород - Компас-3D;
- «Энергомаш — Атоммаш» («Атоммаш») г. Волгодонск - Autodesk Inventor;
- «Бийский котельный завод» г.Бийск - Autodesk Inventor;
- «Барнаульский завод котельного оборудования»г.Барнаул - Unigraphix;
- «Сибэнергомаш» г.Барнаул - Autodesk Inventor;
- «Проэнергомаш» г.Барнаул - Solidworks;
- Холдинговая компания «ЭМАльянс» г.Москва - Autodesk Inventor;
- «Подольский машиностроительный завод» («ЗиО») г. Подольск– Компас-3D;
- «Калужский турбинный завод» г.Калуга- Компас 3D;
- «Уральский турбинный завод» г. Екатеренбург - Autodesk Inventor.

Наибольшее распространение получили Компас-3D и Autodesk Inventor.

Популярность Компас-3D объясняется тем, что эта программа изначально разрабатывалась под ЕСКД, в то время как остальные системы лишь адаптированы под ЕСКД. Но т.к. это отечественная разработка с менее известным брендом, а также не полная поддержка файла в формате DWG Autodesk AutoCAD, который является практически стандартом подготовки конструкторской документации, то всё это не позволяет данной программе стать монополистом в области 3D CAD систем в российском энергомашиностроении.

Что касается Autodesk Inventor, то лидирующие позиции обеспечены тем, что эта CAD система имеет:

– полную поддержку файла в формате DWG Autodesk AutoCAD

–поддержку Autodesk Mechanical,

–многоуровневую систему справок

–дружественный интерфейс, позволяющий в кратчайшие сроки обучить персонал работе в данной программе,

– библиотеки параметризованных элементов,

А также благодаря тому, что в комплект поставки Autodesk Inventor входит ряд программ, таких как Autodesk AutoCAD, Autodesk Mechanical, 3Ds MAX, Autodesk Vault.

Все это позволяет в значительной мере ускорить срок разработки изделия. Однако, использование данной системы в промышленных масштабах возможно только с применением систем, позволяющих организовать совместную работу коллектива над одним проектом.

В качестве такой системы, в комплект поставки Autodesk Inventor входит PDM система Autodesk Vault. Данная система является системой электронного документооборота, обеспечивает безопасный доступ к хранилищу данных, выполняет администрирование пользователей и пользовательских групп для работы над одним проектом, обеспечивает версионность разработок.

Autodesk Inventor не целесообразно использовать для формирования модели всего котла при 100%-ой детальной проработке, т.к. для этих целей существуют специализированные программные продукты, а также из-за того, что при увеличении элементов в модели,

требуется непропорциональное увеличение вычислительных мощностей аппаратной части. Поэтому Autodesk Inventor целесообразно для детальной проработки отдельных элементов котла с дальнейшим формированием конструкторской документации.

В рамках данной работы на примере котла $Е_п$-270-12,5-560 выполнена трехмерная модель модуля поверхности нагрева. Модуль состоит из трех ступеней нагрева: пароперегревателя высокого давления, испарителя высокого давления и экономайзера высокого давления.

Рисунок 1 – Трехмерная модель модуля поверхности нагрева

Коллектора созданы путем вращения, трубы сдвигом, донышки коллекторов путем выдавливания, элементы каркаса и подвесок взяты из библиотеки.

Сама модель сформирована из нескольких сборок.

Получены массовые характеристики, центры масс.

Сформированы общие виды модуля. С полученной модели сняты проекции отдельных элементов.

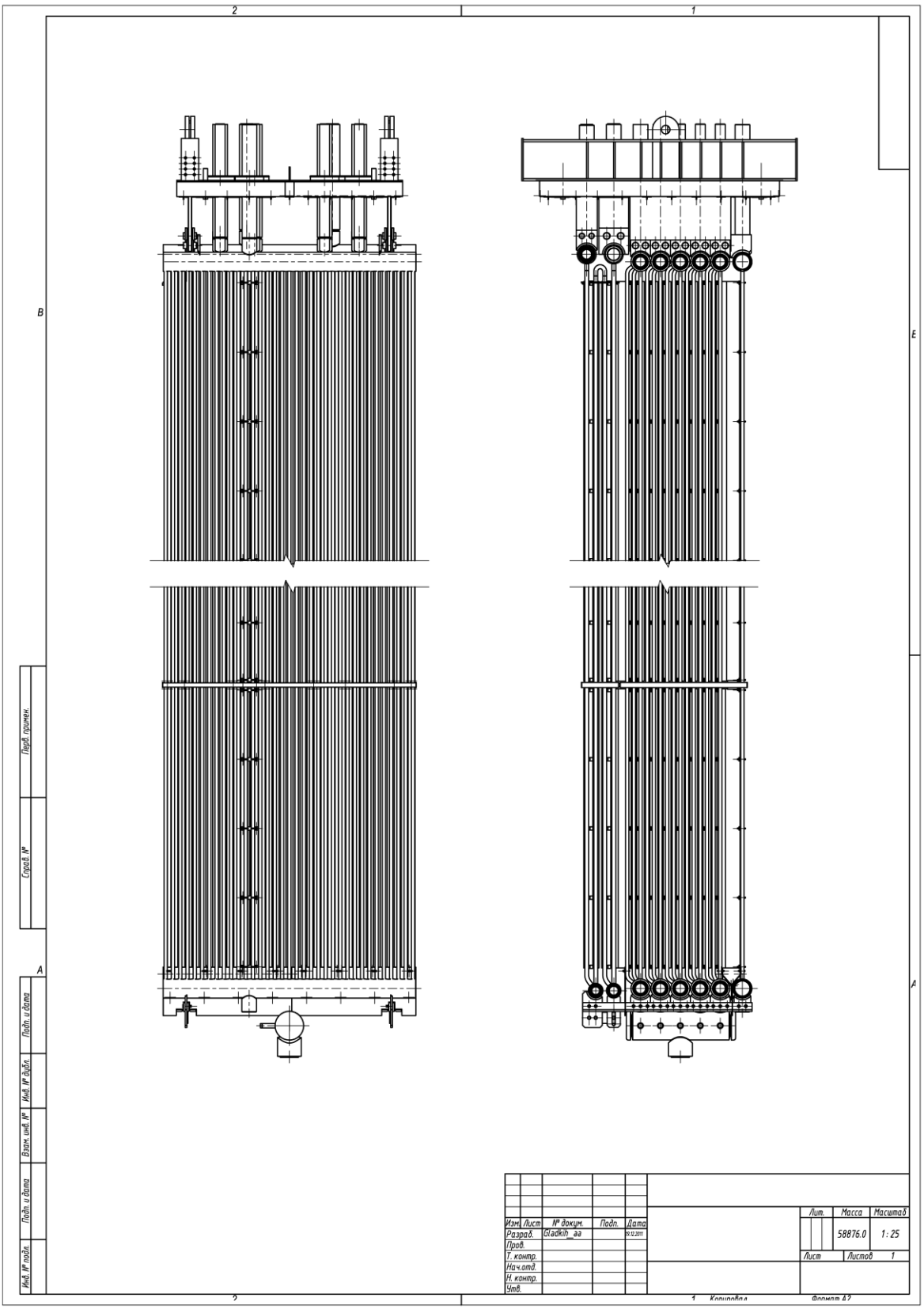

Рисунок 2 – Проекции модуля поверхности нагрева

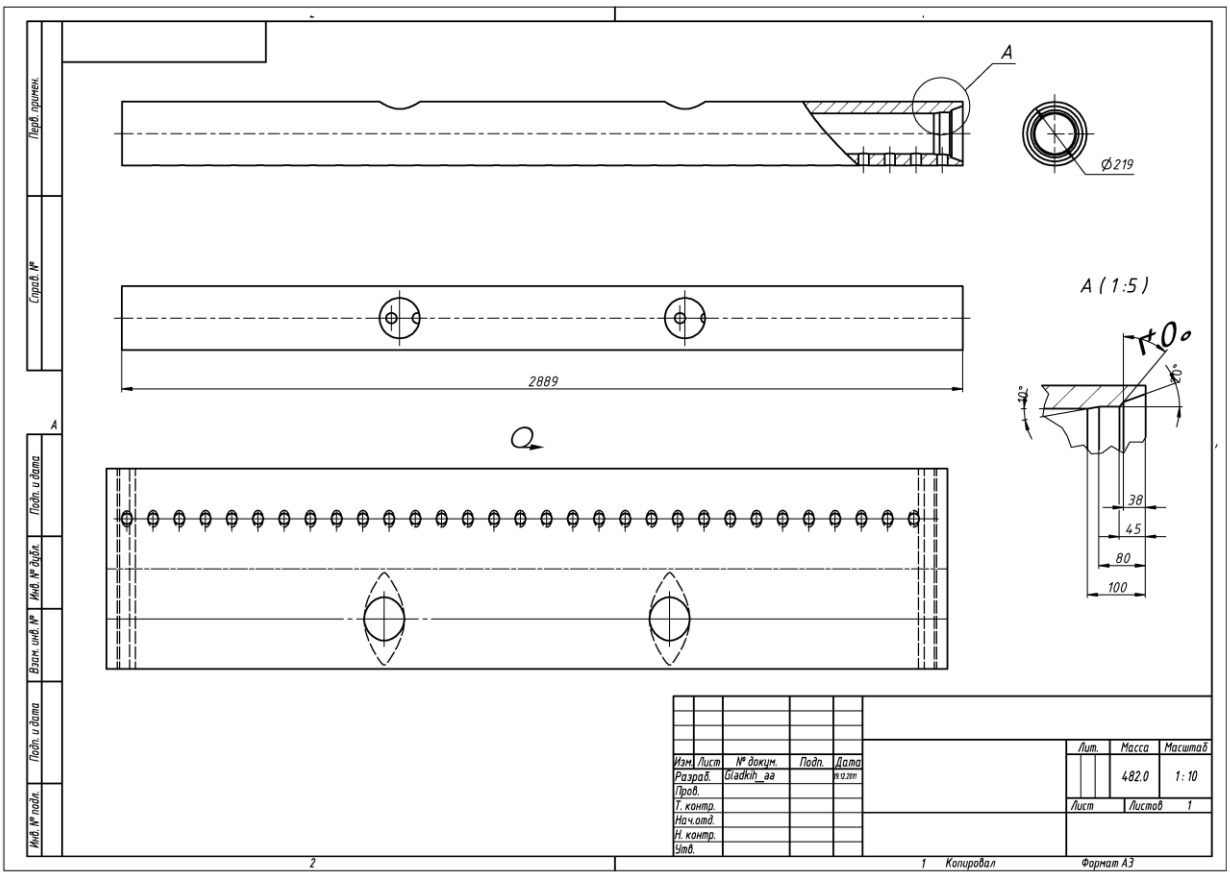

Рисунок 3 – Проекции и развертка коллектора

РАЗРАБОТК А ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПНР КОТЛА БКЗ-75-3,9-440ФБ, СЖИГАЮЩЕГО КДО

Суслин А.В. – студент гр. КиРС-72, руководитель Жуков Е.Б. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе произведено ознакомление с возможностью использования кородревесных отходов в качестве энергетического топлива. Эта задача в настоящее время становится крайне актуальной. В условиях постоянного удорожания энергетического топлива выгода от сжигания отходов становится существенной. Кроме того, решается задача исключения складирования, транспортировки или захоронения отходов.

Проведено ознакомление с проектом реконструкции парового котла БКЗ – 75 – 3,9 – 440ФБ ст.№9. ТЭЦ-6 города Братска, который был переведен с традиционного факельного пылеугольного сжигания на совместное сжигание бурого угля и кородревесных отходов с использованием современной схемы организации топочного процесса с вихревой стабилизацией горения (НТВ-сжигание) и сушкой измельченных КДО.

Изучены преимущества и недостатки применения НТВ-схемы.

Разработан план мероприятий пуско-наладочных работ традиционных схем котлов, частично описанный в «Теплотехнических испытаниях котельных установок» /3/. Однако, в данном котле используются нетрадиционная НТВ-схема, новые горелочные устройства, сопла заднего и нижнего дутья, выгружатели шлака, для которых не существует готовой программы ПНР. Именно поэтому, вышеперечисленным устройствам уделялось особое внимание.

Перед запуском котла необходимо провести предварительное опробование каждого нового элемента по отдельности (горелочные устройства, сопла заднего и нижнего дутья, выгружатели шлака).

Конечная цель ПНР:

- наладка режимов работы котла БКЗ-75 в диапазоне возможных эксплуатационных тепловых мощностей (нагрузок);
- определение тепловых потерь, КПД (брутто) котла (погрешность +1,5-2%);
- определение удельных расходов топлива;
- эколого-теплотехнических испытаний с определением вредных выбросов в атмосферу;
- составление режимной карты работы котла;
- составление графиков работы котла.

До настоящего времени был произведен пуск котла БКЗ – 75 – 3,9 – 440ФБ только на буром угле. Пуск на совместном сжигании бурого угля и КДО намечен на 22 декабря 2011 года. Следовательно, пока невозможно говорить о каких-либо результатах наладки.

СЖИГАНИЕ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ В МОДУЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Миллер К. Е.- студент гр. КиРС-71, Жуков Е.Б.- доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Хотя газообразное и жидкое топливо получило широкое распространение, традиционным видом топлива остается угольное, которое относится к видам трудносжигаемого топлива. Времена дешевого топлива закончились, появилась потребность в создании новых топочных процессов лишенных недостатков, способных работать на низкосортных рядовых углях.

Угольная промышленность ежегодно вырабатывает миллионы тонн углей низкого качества (штыбов, отсевов), а также угольных шламов, которые имеют относительно низкую стоимость, менее востребованы, чем качественные угли и имеют теплоту сгорания, приемлемую для их использования в коммунальном хозяйстве и промышленности.

В слоевых угольных котлах с поворотными, подвижными и другими типами колосниковых решеток, часто механический недожог топлива достигает 20%, из-за чего кучи шлака по внешнему виду иногда трудно отличить от складированного угля. Решение этой проблемы заключается в использовании более эффективных угольных топок и котлов, обеспечивающих глубокое выжигание горючих и высокие экологические показатели.

В данной учебной исследовательской работе были рассмотрены способы сжигания низкосортных топлив в модульных котельных. Проведен анализ конструкций модульных котельных. Представлены образцы основных водогрейных котлов малой мощности (Котлы типа КВр, КВм-…КД, КВм- Д-Рн/Шп, ДЕ), в которых возможно сжигание низкосортных топлив, и которые по конструктивным параметрам возможны для монтажа в модульных котельных. Так же приведены эскизы данных котлов и их характеристики.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЛА Е300-13.6-545ГМ (С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБОВ РАДИУСОМ 1D)

Передереева Т.Н. – студент гр. КиРС-71, Лихачева Г.Н. - доцент КиРС,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Поверхности нагрева являются основной частью любого котла как по их массе, так и по трудоемкости изготовления на заводе. Под поверхностями нагрева здесь понимаются трубные элементы, работающие под давлением и образующие поверхности нагрева пароперегревателя, экономайзера и топочных экранов. В котлостроении известно несколько различных способов изготовления элементов поверхностей нагрева.

По первому способу предусматривалась резка заготовок труб, гибка всех деталей, зачистка их под сварку, сварка деталей в змеевик или трубу, плазировка, гидравлическое

испытание и отделочные операции. Гибка деталей была одной из первых операций, и все последующие операции производились на гнутых деталях.

Повышение параметров пара и применение в связи с этим высоколегированных труб для изготовления пароперегревателей вызвали необходимость разработки другого способа изготовления змеевиков, который первоначально использовался только при изготовлении змеевиков из нержавеющих сталей. При изготовлении змеевиков из этих сталей предыдущим способом, т. е. посредством контактной сварки заранее согнутых элементов, не удавалось удалить полностью внутренний грат после сварки. Поэтому начали сваривать между собой прямые заготовки в одну длинную плеть и уже потом изгибать из нее змеевик, что позволяло применить пневматический дорн с возвратно-поступательным движением для удаления внутреннего грата. При такой «плетьевой» технологии операции резки, зачистки и сварки выполняются на прямых трубах, что позволяет их механизировать и даже автоматизировать, но усложняется операция гибки, так как приходится манипулировать с целым змеевиком и невозможна гибка с дорном. Ввиду явных преимуществ «плетьевой» технологии ее стали применять при изготовлении не только змеевиков из высоколегированных сталей, но любых змеевиков и труб. На основе этой технологии разработаны механизированные линии изготовления змеевиков.

В попытке использовать преимущества обоих рассмотренных способов был разработан третий способ изготовления змеевиков, при котором внутренний грат после сварки удаляется пневмодорном, а на гибке применяются обычные трубогибочные станки с использованием дорна и без кантовок змеевика. По окончании гибки и проверки качества гибов узел вновь поступает на контактно-сварочную машину, где к нему приваривают следующую прямую заготовку. Теперь на гибку подается узел из трех сваренных деталей и производится гибка приваренной прямой заготовки. Таким образом, изготавливается весь змеевик. Недостатком этого способа являются частые перевозки змеевика в процессе изготовления и нерациональное использование гибочного и сварочного оборудования. В связи с этим производительность труда при изготовлении змеевиков данным способом ниже, чем первых двух.

В результате анализа методов сварки для сварки труб змеевиков конвективных поверхностей нагрева с d = 32 мм и толщиной стенки 4 мм из стали Ст20 выбрана автоматическая аргонодуговая сварка стыков труб. Этот способ должен обеспечить высокую надёжность эксплуатации змеевиков конвективного пароперегревателя.

Список литературы

1. СТО ЦКТИ 10,002-2007.
2. ПБ 10-574-03.