

4-ая всероссийская конференция студентов,
аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь»
Секция «Энергетика», подсекция «Котло и реакторостроение»
26-27 Апреля, 2007 г., 10 час., ауд 329 В
Научный руководитель – Фурсов И.Д. к.т.н., профессор
Секретарь – Гладких А.А. к.т.н., ст. преподаватель

1. Боронкина О.В.-студент гр.- ЭМ-21, Пронь Г.П.- доцент
ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ
УСТРОЙСТВ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ.
2. Елескина Е.Н.–студент гр ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
РАСЧЕТ ГАЗОПЛОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ «ХЛОПКОВ» В ТОПОЧНОЙ
КАМЕРЕ КОТЛА Е-430-13,8-555ГМ
3. Задорожная Е.Ю.- студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ
МОЩНОСТЬЮ 30КВТ
4. Задорожная Т.Ю.- студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
ПРОЕКТ КОТЛА – УТИЛИЗАТОРА В СОСТАВЕ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ
УСТАНОВКИ
5. Каширских М.В. студен гр. КиРС-42, Жуков Е. Б. - к.т.н, ст. преподаватель
ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
6. Красуцкий Е.В. студен гр. КиРС-41, Жуков Е. Б. - к.т.н, ст. преподаватель
ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОРФА
7. Лаптов А.В.-студент гр. ЭМ – 22 Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 3,15 МВт, ДАЛЕНИЕМ 0,6
МПа НА БАЗЕ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ТЛЗМ И ЗП-РПК
8. Лымаренко К.В.–студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
РАСЧЕТ НА САМОКОМПЕНСАЦИЮ ПЕРЕБРОСНОГО ПАРОПРОВОДА КОТЛА
Е – 490-13,8-550 ГМ
9. Мироненко М.А. студен гр. КиРС-21, Жуков Е. Б. - к.т.н, научный руководитель
ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 1,6 МВт С
ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕМ
10. Потоков К.А.-студент гр. ЭМ-22, Гладких А.А.-к.т.н., ст. преподаватель

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАРНО-АБРОАЗИВНОГО ИЗНОСА ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРУЖЕНИИ.

11. Пузырев М.Е. студент гр. КиРС-31 Жуков Е. Б. - к.т.н, ст. преподаватель
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ
12. Райфшнайдер С.А.- студент гр. ЭМ-22 Гладких А.А.- к.т.н., ст. преподаватель
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ДЛИНЫ ВОДЯНОЙ РУБАШКИ ПАРООХЛАДИТЕЛЯ

ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ.

Боронкина О.В.-студент гр.- ЭМ-21, Пронь Г.П.-доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из перспективных направлений развития энергомашиностроения является разработка новых технологий сжигания твердого топлива в топках с кипящим слоем, проектирование и оптимизация конструкций таких топок, а также оптимизация режимов их работы. Однако в настоящее время теоретическая база для решения этих проблем явно слаба. При проектировании и реконструкции парогенераторов с топками с кипящим слоем инженерам - конструкторам приходится принимать ответственные решения при отсутствии достаточно развитой теории кипящего слоя, при отсутствии апробированной методики расчета топок с кипящим слоем и практической невозможности физического моделирования процессов в топке из-за масштабных эффектов и трудностей, связанных с относительно высокими температурами горения топлива. Возможности проведения натуральных экспериментов также обычно весьма ограничены. По этим причинам топки с кипящим слоем относятся к тем объектам, для которых математическое и численное моделирование оказывается важнейшим и, зачастую, единственным средством для обоснованного выбора технического решения.

В результате выполненной работы, на основании нормативных методов теплового расчета была приведена методика расчёта топок со стационарным низкотемпературным КС и на основании этой методики разработана структурная схема теплового расчёта котла с КС, а также разработана модель физического процесса происходящего в кипящем слое.

РАСЧЕТ ГАЗОПЛОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ «ХЛОПКОВ» В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА Е-430-13,8-555ГМ

Елескина Е.Н. – студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При работе котлоагрегата образовывается избыточное давление, происходят, так называемые, хлопки. Вследствие чего топка начинает вибрировать, что отрицательно действует как на надежность работы отдельных элементов, так и на котел в целом. Возникает проблема в креплении котла. Она решается установлением поясов жесткости, которые должны находиться на расстоянии 2-2,5 метров друг от друга.

В данной работе производился расчет условно-упругих напряжений от действия избыточного давления (хлопка) в мембранных экранах топки (газохода) на примере котла с естественной циркуляцией, работающего на природном газе газопровода Уренгой-Ужгород.

Паропроизводительность котла $D_{ne} = 430 \text{ м/ч}$, давление перегретого пара $P_{ne} = 13,8 \text{ МПа}$, температурой перегретого пара $t_{ne} = 555 \text{ }^\circ\text{C}$, температурой питательной воды $t_{ne} = 225 \text{ }^\circ\text{C}$.

Основным расчетным режимом при оценке статической прочности (этап 1) является стационарный режим при номинальной производительности и параметрах пара котла.

Дополнительные режимы: работа при повышенной теплопроизводительности котла до 110%, с выключенными подогревателями высокого давления (ПВД), на скользящем давлении.

Расчетными режимами при оценке циклической прочности (этап 2) являются нестационарные режимы, вызванные циклическими изменениями расчетных параметров в период работы котла, в том числе пусками из холодного, горячего и промежуточных состояний и остановами, включая аварийные.

Под расчетными нагрузками, действующими на оребренную трубу, понимают внутренние усилия (силы и моменты) в мембранных экранах, возникающие в результате действия на мембранную конструкцию силовых и температурных нагружающих факторов.

К основным нагружающим факторам относятся:

- внутреннее давление в трубах;
- весовые нагрузки (с учетом присоединенного оборудования);
 - избыточное давление или разрежение в топке (газоходе);
 - температурные воздействия.

Кроме указанных могут иметь место дополнительные нагружающие факторы, возникающие при нарушении нормальных условий эксплуатации и учитываемые отдельно: хлопок, аварийное разрежение, вибрация, ветер, сейсмическое воздействие.

В зависимости от характера воздействия и конструктивных особенностей расчетные нагрузки подразделяются на общие, действующие по всему поперечному сечению и (или) по всей длине труб мембранной конструкции, и на локальные, действующие на ограниченном участке.

Неравномерное распределение температуры по площади мембранной конструкции приводит к возникновению общих нагрузок в плоскости экранов, а температурный градиент между лобовой и тыльной поверхностями экрана - к возникновению общих изгибных нагрузок. Неравномерное распределение температуры по сечению оребренной трубы приводит к возникновению локальных нагрузок в плоскости трубы и локальных изгибных нагрузок.

В зависимости от характера изменения нагружающих факторов расчетные нагрузки могут иметь статический или циклический характер.

К статическим, относятся нагрузки, изменения которых в процессе эксплуатации не превосходят 15% от средних значений; к циклическим относятся нагрузки, размах колебаний которых превышает 15%.

При поверочном расчете принимается такое сочетание одновременно действующих нагрузок, при котором возникают наибольшие суммарные напряжения.

В зависимости от работы котла - под избыточным давлением (наддувом) или под разрежением - следует проверить мембранную конструкцию на заданное избыточное давление или разрежение. Эти расчеты проводятся для основного расчетного режима при расчетных температурах, соответствующих номинальной теплопроизводительности котла.

Если величина в топке (газоходе) не более $5 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}$, то расчет мембранной конструкции на разрежение допускается не производить.

При работе котла под разрежением расчетное давление в топке (газоходе) принимается как для хлопка.

При работе котла под избыточным давлением расчетное давление в топке (газоходе) для хлопка принимается увеличенным по сравнению с максимальным рабочим давлением на величину, зависящую от поперечного сечения топки (газохода).

В обоих случаях проверка прочности мембранной конструкции при хлопке производится на базе расчетной температуры, равной температуре среды при номинальной

теплопроизводительности котла.

Величина аварийного разрежения, возникающего в топке (газоходе) при аварийном останове котла 300, 500, 800 и 1200 МВт в момент отключения горелок, принимается равной:

для газомазутных котлов $p_a = 6,5 \cdot 10^{-3}$ МПа,

для пылеугольных котлов $p_a = 5,0 \cdot 10^{-3}$ МПа.

Был произведен расчет напряжений от избыточного давления (хлопка) и разрежения в топке (газоходе). При действии в топке (газоходе) избыточного давления (хлопка) максимальные изгибающие моменты на опорах под поясом жесткости, а также в углу, будут иметь отрицательное значение. При действии разрежения знаки меняются на противоположные.

Было рассмотрено три случая разных расстояний между поясами жесткости. Построен график зависимости максимального прогиба между поясами жесткости в середине экрана, изгибающего момента в углу топки между поясами жесткости от расстояния между поясами жесткости.

При увеличении расстояния между поясами жесткости будет увеличиваться максимальный прогиб в середине экрана w_{\max} , увеличиться также и изгибающий момент M_{xy} в углу топки.

ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ МОЩНОСТЬЮ 30КВТ

Задорожная Е.Ю.- студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в России наблюдается рост использования водогрейных котлов малой и средней мощности, так как все больше предприятий и жилых помещений переходят на использование децентрализованной системы отопления. При этом в последнее время широкое распространение приобрели котлы, работающие на природном газе. Газ – высококачественное топливо, обладающее рядом преимуществ перед твердым топливом (отсутствие золы, высокая теплота сгорания, удобство транспортирования и сжигания, возможность автоматизации рабочих процессов). Экономические показатели при сжигании газа намного выше, чем при использовании жидкого топлива, а выбросы экологически вредных веществ значительно ниже ПДК европейских норм.

В виду того, что появилось много небольших газовых котельных, возникла необходимость эффективного сжигания природного газа в котельных агрегатах.

Водогрейные котлы бывают жаротрубного и водотрубного исполнения. В жаротрубных котлах вода получает тепло через стенки жаровой трубы, в которой сгорает топливо или движутся высокотемпературные продукты сгорания.

В водотрубных котлах подогреваемая вода протекает по трубам малого диаметра, они практически не имеют ограничений по давлению и производительности.

В ходе разработки конструкции поверхности нагрева было предложено два варианта – двухходовая и трехходовая конструкции. На основе проведенных тепловых расчетов этих конструкций была выбрана трехходовая, которая представлена на рисунке

1. При трехходовой схеме - первый ход газов образует экранированная трубами топка, далее газы через топочное окно проходят в первый конвективный пакет, потом идут во второй пакет.

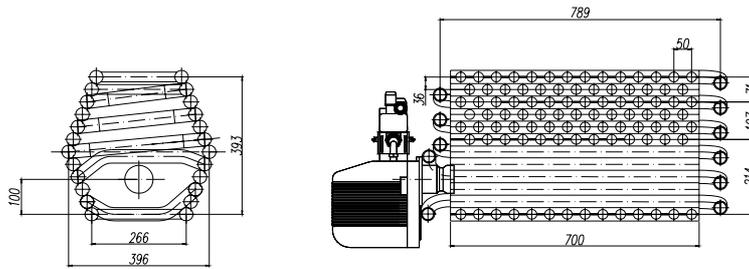


Рисунок 1 - Расположение поверхности нагрева в трехходовой конструкции

В результате расчета двухходовой конструкции найдена температура уходящих газов, равная 168°C, а трехходовой – 103,75°C.

Сравнив две конструкции, оказалось, что КПД котла при трехходовой конструкции выше на 2% против 90,8% двухходовой конструкции.

Для котла было подобрано горелочное устройство – вихревая газовая горелка Lamborghini – на соответствующую мощность. Данная горелка полностью автоматизирована, способствует хорошему перемешиванию воздуха и газа, уменьшает выбросы окислов азота из котла.

ПРОЕКТ КОТЛА – УТИЛИЗАТОРА В СОСТАВЕ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

Задорожная Т.Ю.- студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время все большее распространение в России получают когенерационные установки.

Когенерация представляет собой процесс комбинированного производства тепловой и электрической энергии посредством единой энергетической установки (рисунок 1).

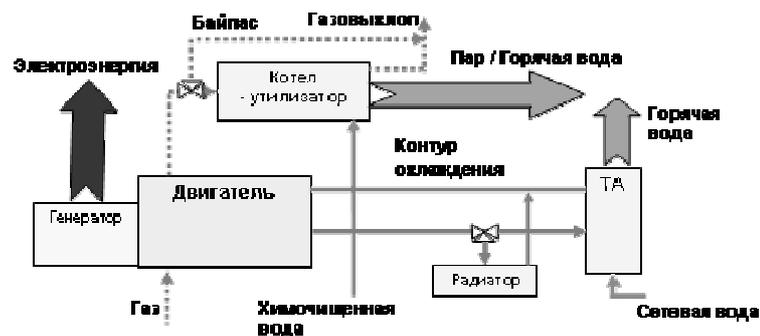


Рисунок 1 – Схема когенерации.

При традиционном способе генерации электроэнергии более 65% энергии топлива выбрасывается в окружающую среду. При этом для удовлетворения тепловых потребностей производства используются отдельные котельные, потребляющие существенное количество энергоносителей.

За счет утилизации тепла выхлопных газов двигатель-генератора когенерация обеспечивает значительный выигрыш в суммарном КПД установки.

Утилизируемое тепло может быть использовано в технологических процессах для производства пара с требуемыми параметрами, для отопления помещений, для подогрева воды и других производственных целей.

Когенерационные установки создаются на базе газовых, дизельных поршневых двигателей внутреннего сгорания и турбин, традиционно вращающих ротор электрогенератора для производства электроэнергии и утилизаторов тепла от охлаждающей двигатель жидкости, масла, выхлопных газов и воздуха после турбонагнетателя. В результате тепловая энергия производится без дополнительного расхода газа. Применение газопоршневых модульных когенераторных установок позволяет создать на предприятии или отдельном объекте надежную автономную систему электро-теплоснабжения.

В рамках данной работы выбрана конструкция котла-утилизатора тепла дымовых газов в составе газогенерирующей установки (рисунок 2).

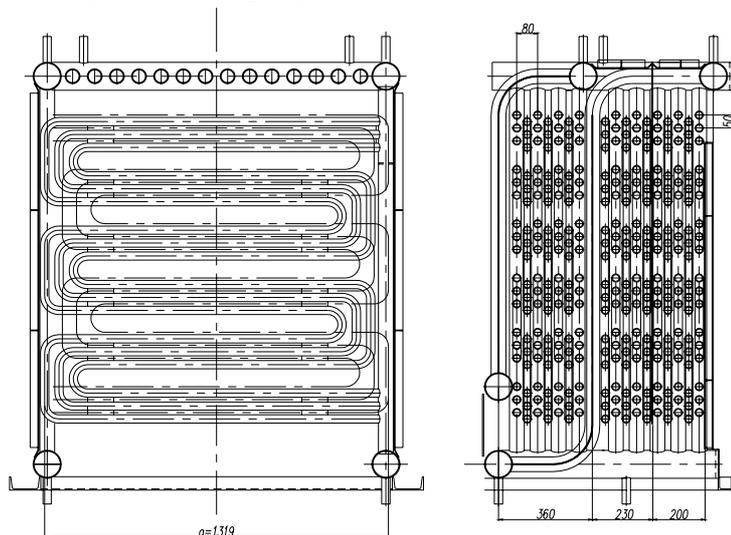


Рисунок 2 - конструкция котла-утилизатора

Приняты следующие основные конструктивные решения: поперечное омывание газами поверхности нагрева, шахматное расположение змеевиков, малый диаметр труб поверхности нагрева, трехкратный разворот газового потока.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Каширских М.В. студент гр. КиРС-42, Жуков Е. Б. - к.т.н, ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Благодаря значительному поголовью крупного рогатого скота, свиней и птицы Российская Федерация обладает огромным потенциалом для использования нетрадиционных (альтернативных) источников энергии на основе использования биологических отходов.

До сих пор этот потенциал остается не востребованным, так как в стране полностью отсутствует культура вторичного использования биологических отходов, и нет какого-либо исторического опыта их использования в целях производства энергии.

Одним из способов решения данной проблемы является использование биогазовых технологий, суть которых заключается в переработке биологических отходов в реакторе биогазовой установки без доступа воздуха.

В биогазовой установке происходит переработка навоза и растительных остатков с получением горючего биогаза и высококачественного удобрения - биошлама.

Биогаз – смесь газов. Его основные компоненты: метан (CH_4) - 55-70% и углекислый газ (CO_2) – 28-43%, а также в очень малых количествах другие газы, например – сероводород (H_2S).

В среднем 1 кг органического вещества, при 70% биологическом разложении, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Теплота сгорания одного кубического метра биогаза достигает 22 МДж (6,1 кВт·ч в топливе), что эквивалентно сгоранию:

- 0,6 л бензина;
- 0,85 л спирта;
- 1,75 кг дров;

Из 1 м³ биогаза может быть выработано до 2 кВт·ч электроэнергии. Ёмкость, в которой происходит процесс брожения, называется метантэнком или биореактором. Конечными продуктами ферментации являются биогаз и жидкие удобрения.

Выход биогаза из навоза (помёта), полученного от одной головы скота (птицы):

- корова - 1,5 м³ биогаза в сутки
- бычки на откорме - 1,1 м³ биогаза в сутки
- свинья - 0,2 м³ биогаза в сутки
- птица - 0,012 м³ биогаза в сутки

Таблица 1 - Количество биогаза, получаемое в метантэнке объемом 5000 куб. м

	Количество голов	Выход сухого вещества	Количество сброженного навоза	Выход биогаза	
		кг/сут		т/сут	ГДж/сут
Коровы	1640	9000	130	55	2400
Бычки	2530	9000	130	60	2700
Свиньи	15200	8000	150	70	3100
Птица	350000	13400	112	95	4300

Целью данной научной работы является создание установки для фермерского хозяйства «Антипино» Тогульского района по сбраживанию навоза в биореакторе, с целью получения жидкого удобрения и биогаза с последующим его сжиганием в водогрейном котле по схеме представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема установки

Барьеры при внедрении биогазовых установок в Российское Федерации:

- 1 Не осведомленность руководителей предприятий
- 2 Отсутствие исторического опыта в эксплуатации
- 3 Давление со стороны естественных монополий, таких как РАО ЕС, так и угледобывающих кампаний.
- 4 Необходимость крупных инвестиций в проект.
- 5 Отсутствие поддержки со стороны государства.

ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОРФА

Красуцкий Е.В. студент гр. КиРС-41, Жуков Е. Б. - к.т.н, научный руководитель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Торф представляет собой смесь продуктов неполного превращения остатков наземных и болотных растений, видимых невооруженным глазом, с продуктами более глубокого превращения исходных растений, имеющих вид однородной аморфной массы. Разрушение органического вещества растений характеризуется степенью разложения, т.е. отношением количества бесструктурной части к общему количеству торфа. Она является важнейшим показателем качественной характеристики торфа и колеблется в пределах 5–70%.

Исходные компоненты растений-торфообразователей претерпевают тем большие изменения, чем выше геологический и химический возраст торфа, хотя эти понятия и не идентичны. Группа соединений, извлекаемых органическими растворителями, получила термин «битумы торфа». Они состоят из восков, парафинов, смол и содержат парафиновые, терпеновые и ароматические углеводороды, а также такие кислородсодержащие соединения, как спирты, кислоты, эфиры. Их количество колеблется в пределах от 1.2 до 17.7%.

Таким образом, торф по химическому составу занимает промежуточное положение между растительным сырьем и твердыми горючими ископаемыми и чем меньше его степень разложения, тем он ближе по свойствам к растениям-торфообразователям

Студентами кафедры Котло и Реакторостроения был произведен детальный анализ физико-химических свойств торфа как энергетического топлива, разных месторождений Сибири (пример см. таблицу 1).

Таблица 1 – Месторождение торфа Тогульского района Алтайского края

Месторождение торфа №1	Месторождение торфа №2
Рабочая влажность топлива $W^r = 45,8 \%$	Рабочая влажность топлива $W^r = 24,9 \%$
Аналитическая равновесная влажность топлива $W^a = 1,6 \%$	Аналитическая равновесная влажность топлива $W^a = 0,82 \%$
Зольность аналитической массы топлива $A^a = 70,69 \%$	Зольность аналитической массы топлива $A^a = 86,4 \%$
Зольность на сухую массу топлива $A^d = 71,8 \%$	Зольность на сухую массу топлива $A^d = 87,1 \%$
Выход летучих веществ горючей массы $V^{daf} = 83,17 \%$	Выход летучих веществ горючей массы $V^{daf} = 89,89 \%$
Теплота сгорания по бомбе (аналитической пробы) $Q_6^a = 4,84$ МДж/кг	
Низшая теплота сгорания рабочего топлива $Q_i^r = 3,01$ МДж/кг	

Малая теплота сгорания, высокая рабочая влажность и зольность (наличие минеральных примесей) делают его практически не пригодным для сжигания в традиционных топочных устройствах. Следует отметить, что некоторые месторождения торфа имеют намного лучшие показатели, чем те, что представлены в отчете, но общее утверждение о низкой энергетической ценности торфа применимо практически ко всем торфяным месторождениям.

Существующие на данный момент технологии сжигания этого топлива имеют ряд недостатков, не позволяющих полностью использовать заложенную в нем энергию.

При использовании торфа в качестве топлива большое значение имеет его состав, так как именно эта характеристика определяет необходимую степень его подготовки к сжиганию, сложность топочного оборудования и систем очистки дымовых газов. Несмотря на то, что торф является сравнительно легкодоступным источником энергии, использование его на практике, в качестве энергетического топлива связано с рядом существенных проблем. И одна из них – это высокая влажность.

Кафедрой «Котло и Реакторостроения» предложен котельный агрегат, имеющий такой профиль (рисунок 1) топочной камеры, в котором удержание частичек полифракционного топлива основывается на инерционном принципе сепарации. Обеспечение наиболее длительного улавливания частиц, и возврат их внутрь топочной камеры подтверждено работой тысяч инерционных сепараторов пыли.

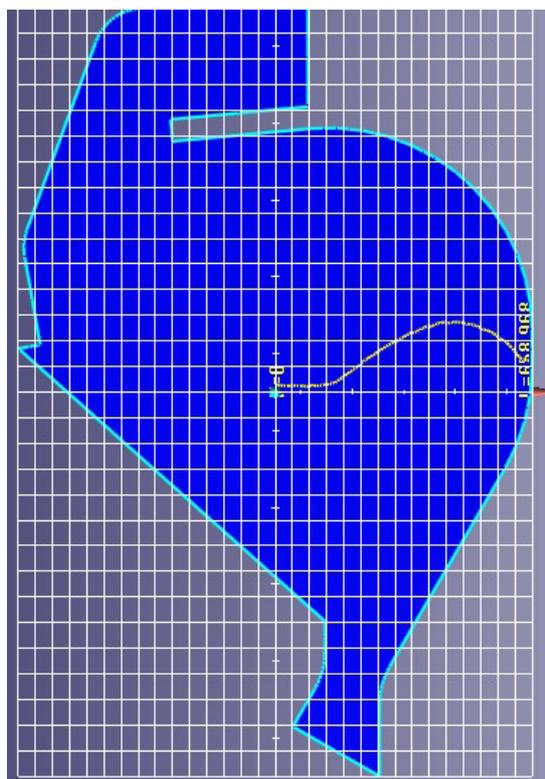


Рисунок 1 – профиль топочной камеры котла с расчетной сеткой

В работе выполнено численное математическое моделирование турбулентного движения газозвушной смеси в такой топочной камере для ряда вариантов конструкции системы подвода нижнего дутья, различной геометрии топки при разных расходах воздуха.

На рисунках 2 и 3 показано векторное поле, характеризующее движение газозвушной смеси в топке котла.

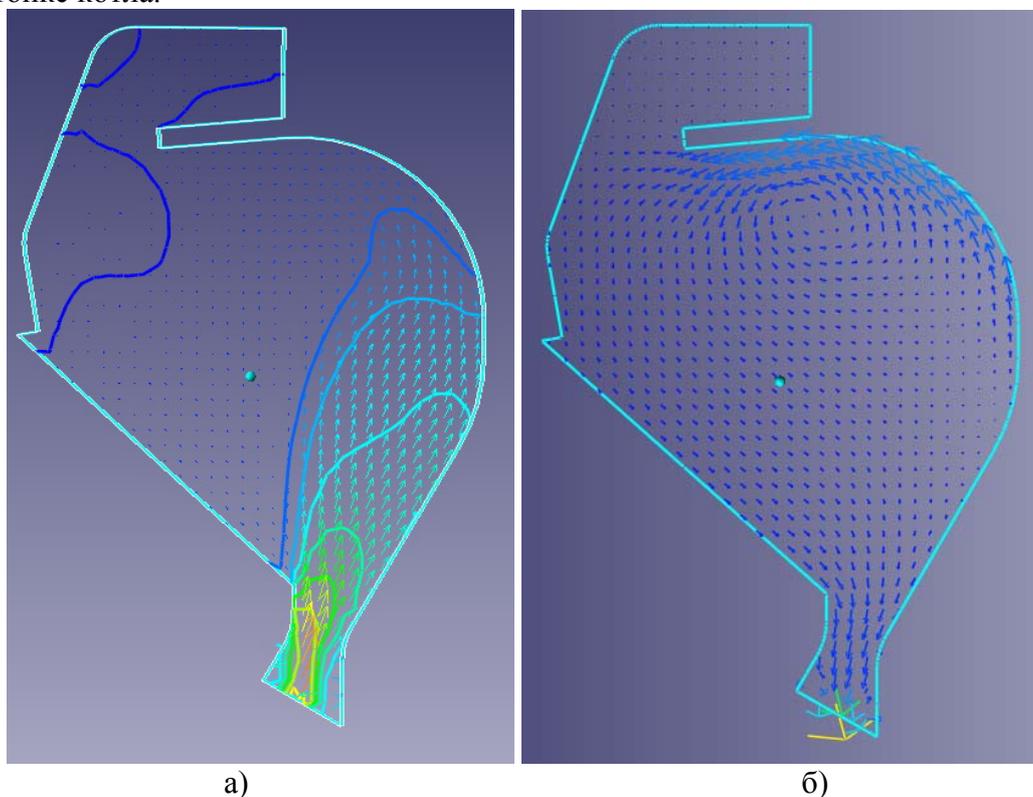


Рисунок 2 – Распределение вертикальных проекций векторов и полей скоростей в продольном сечении топочной камеры при скорости истечения из сопла а) – 25 м/с; б) – 35 м/с

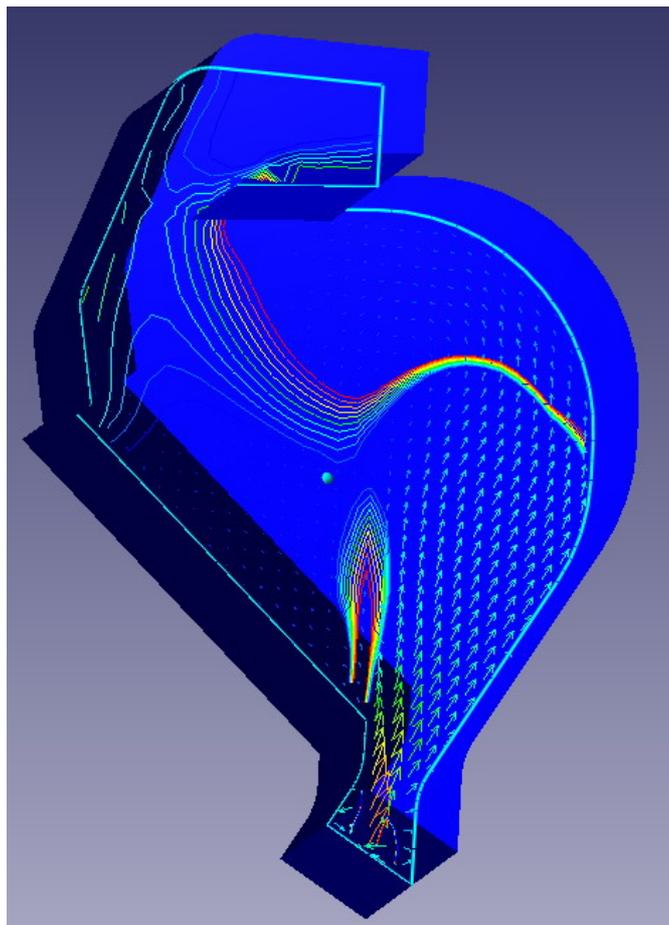


Рисунок 3 – Распределение проекций векторов и полей скоростей (по z-координате) в продольном сечении топочной камеры

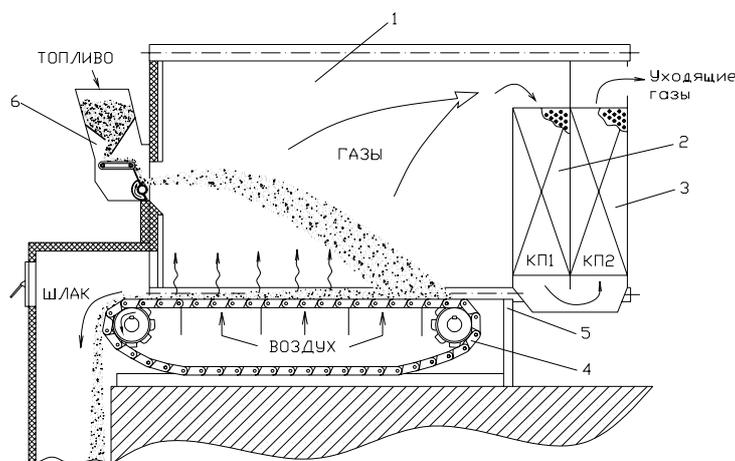
ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 3,15 МВт, ДАВЛЕНИЕМ 0,6 МПа НА БАЗЕ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ТЛЗМ И ЗП-РПК

Лаптов А.В.-студент гр. ЭМ – 22, Жуков Е.Б.-к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В России в советский период значительную долю производства тепла занимала большая энергетика. В настоящее время она развивается слабо. Резко возросли объемы производства котлов малой мощности. Номенклатура выпускаемого оборудования за последние годы не претерпела кардинальных изменений, в связи с тем, что и производители, и заказчики не готовы выделять значительные средства на новые разработки. Большинство существующих конструкций котлов с механической подачей твердого топлива уже устарели и требуют реконструкции, или же они очень металлоемки, что приводит к большим затратам на их изготовление и монтаж. Для отопления и ГВС в котельных также используются барабанные котлы, работающие в водогрейном режиме. Однако, такое использование котлов менее эффективно по сравнению с безбарабанными водогрейными котлами. В данной работе предлагается конструкция водогрейного котла мощностью 3,15 МВт и давлением 0,6 МПа на базе двух топочных устройств: ТЛЗМ и ЗП-РПК.

Трубная система не имеет барабана, что уменьшает металлоемкость и габариты котла, облегчает монтаж. Котел удобно размещается в котельных и транспортируется. В котлах подобного типа выше скорости сред, что улучшает теплообмен и, как следствие, позволяет снизить площадь поверхности нагрева, т.е. уменьшить затраты. Проектируемый водогрейный котел будет иметь газоплотное исполнение, что уменьшает потери тепловой энергии и тем самым увеличивает КПД котла, а также, газоплотное исполнение позволяет использовать более легкую обмуровку. Легкая обмуровка уменьшает трудоемкость

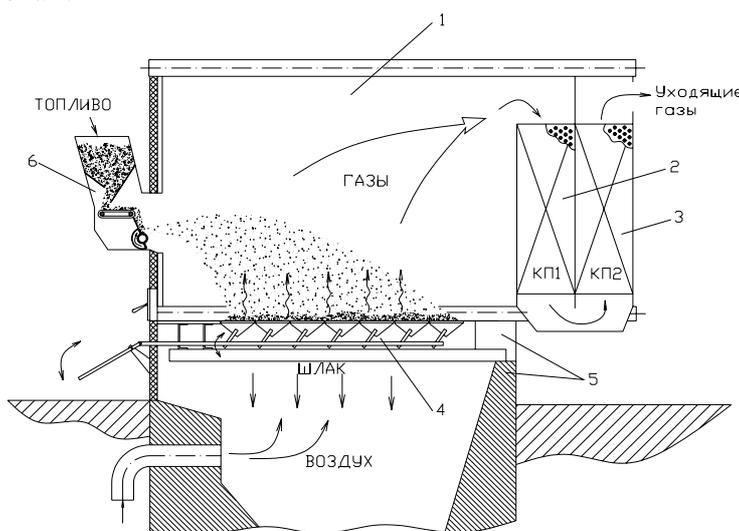
изготовления защитного слоя, позволяет поставку котла в обмуровке с завода изготовителя, тем самым, увеличивает надежность покрытия. При использовании легкой обмуровки уменьшаются капитальные затраты на изготовление фундамента и монтаж котла. На рисунке 1 и 2 представлены принципиальные схемы котла на топочных устройствах ТЛЗМ и ЗП-РПК.



1-котел; 2-первый конвективный пакет; 3-второй конвективный пакет; 4-механическая топка ТЛЗМ; 5- опорная рама; 6-пневмомеханический забрасыватель.

Рисунок 1 - Принципиальная схема котла на базе топочного устройства ТЛЗМ.

Котел состоит из топки и двух конвективных пакетов, выполненных с шахматным расположением змеевиков. Котел устанавливается на механизированную топку ТЛЗМ 1,87/3. Нижние коллектора котла опираются на раму топочного устройства. Данная топка обратного хода, поэтому для механизированной подачи топлива на ней устанавливается забрасыватель пневмомеханического типа. Топливо попадает на решетку и движется к фронтальной стенке котла. Скорость решетки выбирается такой, что к концу решетки топливо полностью сгорает до образования шлака, который падает в шлаковый бункер. Образовавшиеся в результате горения газы поднимаются к верху топочной камеры, проходят через конвективные пакеты и выходят из котла. При использовании топочного устройства ТЛЗМ топочный процесс полностью механизирован.



1-котел; 2-первый конвективный пакет; 3-второй конвективный пакет; 4-механическая топка ЗП-РПК; 5- фундамент; 6-пневмомеханический забрасыватель.

Рисунок 2 - Принципиальная схема котла на базе топочного устройства ЗП-РПК.

Котел устанавливается на топочное устройство ЗП-РПК 1,8/2,136. Котел и топочное устройство устанавливается на фундамент. В топках ЗП-РПК механизирована только одна операция - подача топлива в топку. Удаление шлака производится вручную. Движение газов осуществляется также как и в схеме с топкой ТЛЗМ.

РАСЧЕТ НА САМОКОМПЕНСАЦИЮ ПЕРЕБРОСНОГО ПАРОПРОВОДА КОТЛА

Е – 490-13,8-550 ГМ

Лымаренко К.В. – студент гр. ЭМ-22, Жуков Е.Б. – к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При транспортировке стационарными трубопроводами горячей среды (пар, вода и др.) металл трубопроводов расширяется. В трубопроводах, имеющих большую протяженность, это удлинение может быть значительным.

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

Как правило, трубопроводы, транспортирующие теплоносители, работают в условиях переменных температур, и, следовательно, должны восприниматься за счет своей гибкости – компенсировать – без выхода из строя собственные температурные удлинения и перемещения опор.

Поэтому возникает необходимость в расчете таких трубопроводов на самокомпенсацию, в процессе которого определяется появление в трубопроводе напряжения и оценивается его прочность.

Если в трубопроводе не будет предусмотрена возможность компенсации его тепловых удлинений, в нем могут возникнуть усилия, способные прогнуть трубопровод, порвать места присоединения к нему других трубопроводов (за счет больших перемещений точки присоединения), вызвать недопустимые силы и моменты у оборудования и строительной конструкции, к которым присоединяется или крепится трубопровод и т.п. Поэтому к вопросу компенсации стационарных трубопроводов подходят очень серьезно, в особенности это относится к трубопроводам высокого давления, работающим в области высоких температур.

В трубопроводах тепловых электрических станций с давлением свыше 16 кг/см^2 единственно возможным способом компенсации тепловых удлинений является компенсация за счет упругой деформации изгиба и кручения самих трубопроводов, т.е. их самокомпенсации. В этом случае необходимо, чтобы трубопровод включал в себя несколько плеч, но не менее двух, расположенных под углом друг к другу и имеющих определенные размеры, причем гнутые отводы делают трубопровод более гибким, чем сварные или крутоизогнутые.

Самокомпенсация трубопровода зависит от его конфигурации и правильной расстановки опор на нем, в особенности неподвижных.

Расчеты, выполненные вручную по имеющимся методикам, трудоемки и связаны с большим объемом вычислений. Кроме того, в них не учитывается ряд факторов, возникающих в трубопроводе при его работе. В особенности это относится к трубопроводам высокого давления.

В настоящее время расчет компенсации трубопроводов выполняется с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ), которые открыли широкую возможность расчета на прочность трубопроводов любой конфигурации с учетом всех возможных нагрузок и режимов работы.

Для оценки компенсирующей способности трубопроводов низкого давления (не ответственных), а также предварительно намечаемых трасс трубопроводов высокого

давления возможно применение приближенного метода расчета, основанного на критериальном методе расчета трубопровода с помощью графика. Этот метод основан на вычислении критериальных параметров, определяемых условиями прочности металла и геометрическими размерами трубопровода.

В данной работе выполняется расчет на самокомпенсацию трубопровода парового котла Е-490-13,8-550ГМ.

ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 1,6 МВт С ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕМ

Мироненко М.А. студент гр. КиРС-21, Жуков Е. Б. - к.т.н, научный руководитель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сегодня в России существуют серьезные проблемы в малой энергетике. Эта отрасль развита плохо. Существует потребность в качественных и современных водогрейных котлах, зачастую в котельных установлено устаревшее оборудование, нуждающееся в замене. Давно назрела потребность в новых конструктивных решениях, которые могли бы позволить увеличить коэффициент полезного действия и срок службы котлов. Однако, т.к. основными потребителями малых водогрейных котлов являются бюджетные организации и администрация районов, как правило, средства, которые они могут потратить на оборудование котельных, очень ограничены. Таким образом, конструктивные усовершенствования котлов не должны приводить к серьезному увеличению стоимости. Одним из таких решений может быть применение воздухоподогревателя, это позволит снизить температуру уходящих газов, повысив, таким образом, коэффициент полезного действия, а также снизить недожог в топке, вследствие чего снизится интенсивность загрязнения поверхностей нагрева.

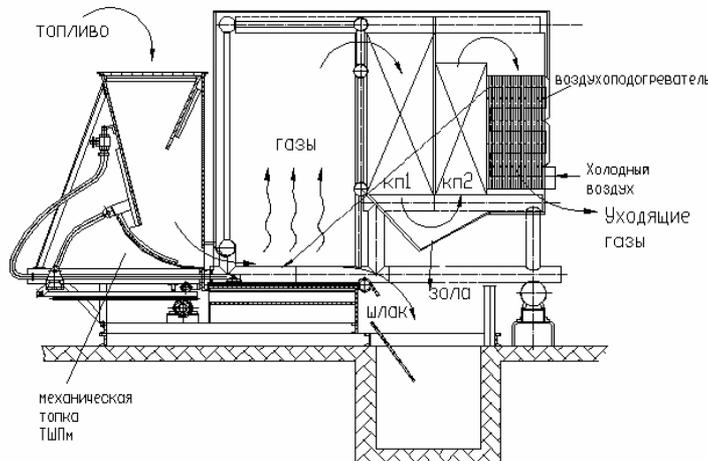


Рисунок 1 - Принципиальная схема котла КВМ-1,6КБ
с воздухоподогревателем на топке ТШПм.

В итоге учебно-исследовательской работы была выбрана конструкция водогрейного котла мощностью 1,6 МВт. Предпочтение отдалось механизированному топочному устройству с шурующей планкой (ТШПм). Был спроектирован рекуперативный воздухоподогреватель для этого котла, проведен его расчет, определены основные типоразмеры и параметры рабочих тел после его прохождения. КПД данной установки составил - 85%, что для котлов такой мощности вполне приемлемо.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРУЖЕНИИ.

Потоков К.А.-студент гр. ЭМ-22, Гладких А.А.-к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проблема абразивного износа на сегодняшний момент является одной из основных при сжигании угольного топлива в больших энергетических котлах. Наиболее подвержены абразивному износу низкотемпературные поверхности нагрева, в частности экономайзерные поверхности, расположенные в конвективной шахте котла. Существующие меры по защите котельного оборудования от абразивного износа, в основном, сводятся к уменьшению скоростей дымовых газов в экономайзерных участках на этапе проектирования. Однако это приводит к необходимости увеличения поверхностей нагрева, что в свою очередь приводит к увеличению металлоемкости котла, либо к снижению технико-экономических показателей работы котла.

В реальных условиях эксплуатации котельного оборудования поверхности нагрева помимо ударно- абразивного воздействия также подвергаются действию температур, что усугубляет процесс износа вследствие интенсивного окисления изнашиваемой поверхности.

Тем не менее, широко известны различные методы упрочнения поверхностей, к числу которых относятся газо-термические методы напыления. Одним из этих методов является технология детонационно-газового нанесения защитных покрытий. Сущность метода заключается в разгоне и нагреве напыляемого дисперсного материала ударной волной возникающей в результате детонации газовой смеси и продуктами газовой детонации. Однако применение технологии детонационно-газового напыления защитных покрытий на данный момент так и не рассматривалось. Во многом это обуславливается отсутствием данных о поведении защитных покрытий, а так же рекомендаций по выбору материала для напыления.

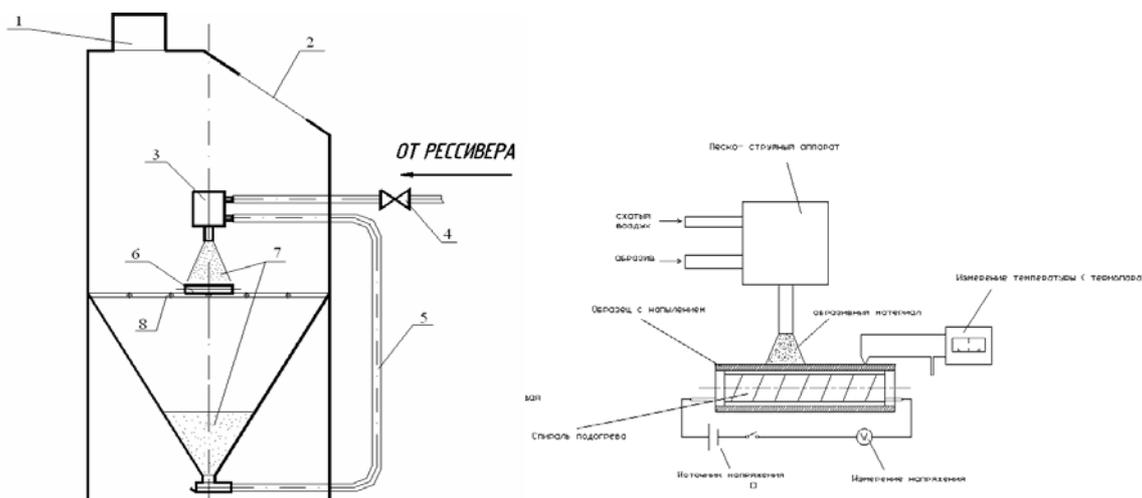
Данная работа направлена на разработку экспериментального стенда для моделирования работы поверхностей нагрева котельного оборудования в условиях ударно-абразивного износа при температурном нагружении.

Экспериментальный образец представляет собой трубку внешним диаметром 32 мм (рисунок 1) .



Рисунок 1- Поверхность образца после пескоструйной обработки

Напыление производится с помощью экспериментального комплекса « Катунь М». Непосредственно моделирование работы поверхности нагрева выполняется на экспериментальном стенде представленном на рисунке 2.



1- Вытяжка; 2- смотровое окно; 3- пескоструйный пистолет; 4-регулятор подачи сжатого воздуха; 5- подача абразива; 6- образец; 7- абразивный материал; 8 – решетка.

Рисунок 2- Схема стенда по исследованию стойкости покрытий к абразивному износу.

Для нагрева применяется электрический нагреватель выполненный в виде стержня с намоткой из нихромовой спирали, помещаемого в полость образца. Контроль температуры нагрева осуществляется хромель-алюмелевой термопарой, установленной на поверхности.

На предварительно обработанную, поверхность напыляют слой исследуемого покрытия. Далее производится взвешивание образца на электронных весах, замеряется диаметр образца с помощью микрометра. Затем в исследуемый образец помещается нагревательный элемент. Исследуемый образец помещается на решетку, при достижении требуемой температуры ($350-400^{\circ}\text{C}$) включается пескоструйный пистолет и производится изнашивание образца абразивным материалом. Время ударно-абразивного воздействия составляют, для разных материалов защитных покрытий, от 0.5 минуты до 3 минут. После завершения изнашивания образец извлекается и повторно взвешивается, а, так же и измеряется изменение диаметра. Таким образом определяется потери массы и утонение поверхности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Пузырев М.Е. студент гр. КиРС-31, Жуков Е. Б. - к.т.н, научный руководитель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Объектом численного моделирования турбулентного движения газовой смеси в данной работе являлась топочная камера котла БКЗ-75. Математическое моделирование топки выполнено для ряда вариантов конструкции системы подвода нижнего дутья, различной геометрии горелочных устройств, конструкций острого дутья и при разных расходах дутья.

Наиболее популярной в настоящее время является двухпараметрическая модель, включающая дополнительные дифференциальные уравнения переноса локальных характеристик турбулентности k (уравнение переноса кинетической энергии) и ε (уравнение переноса диссипации турбулентной энергии). Ее часто называют $(k-\varepsilon)$ -моделью, предложена она была в начале 70-х годов Лоундером Б.Э. и Джонсоном.

В этой модели τ - уравнения для рейнольдсовых напряжений, путем аппроксимации, сводятся к шести алгебраическим уравнениям, которые добавляются к уравнениям переноса с двумя дифференциальными уравнениями $(k-\varepsilon)$ и их решение определяют характеристики и поле течения.

В рассматриваемой задаче течение газа считается установившимся, и все уравнения записываются в стационарной постановке. Искомыми зависимыми переменными являются три компоненты вектора скорости u, v, w , являющиеся проекциями вектора скорости на оси

координат x , y , z соответственно, давление p , энтальпия смеси h , массовые доли газовых компонент c_i , а также скорость, температура, состав частиц дисперсного материала.

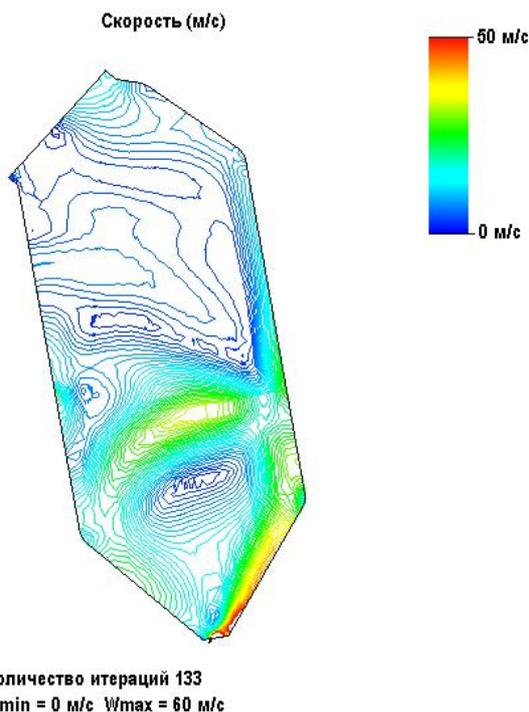


Рисунок 1 – Пример расчета. Изолинии скоростей в топке котла (шаг изолиний 2 м/с)

На основе данной модели было просчитано значительное количество вариантов при различных интересующих условиях: геометрия размер, положение и ориентация горелок, сопл и др. Выборочно некоторые данные расчетов иллюстрируются приведенными ниже рисунками.

Расчетная модель позволяет определить картину изолиний поля скоростей в различных сечениях топки, рисунок 2.

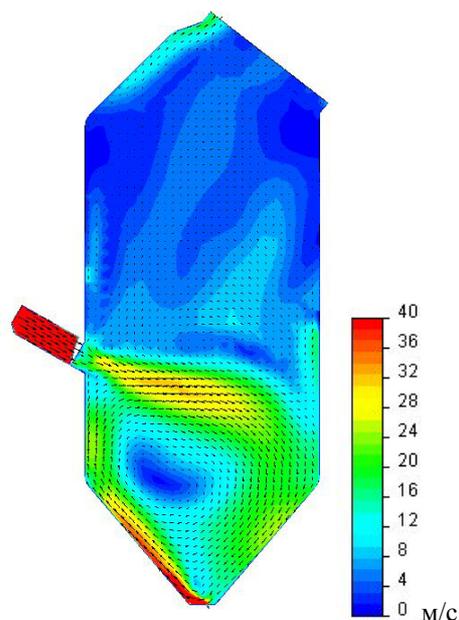


Рисунок 2 – Распределение вертикальных проекций векторов и полей скоростей в продольном сечении топки котла БКЗ-75

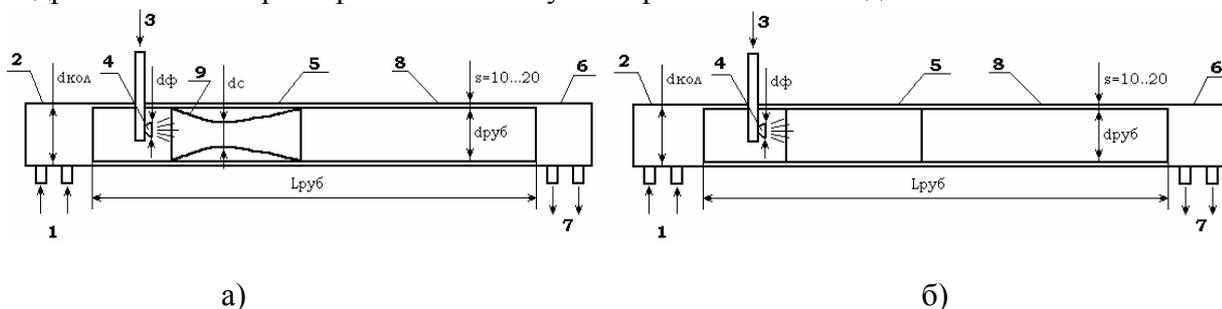
Компьютерное моделирование аэродинамической обстановки топочных устройств приобретает все большую актуальность в 21 веке. В энергетике используются в основном, хотя и турбулентные, но дозвуковые течения. Поэтому в этих областях целесообразно

применение стандартных полуэмпирических моделей турбулентности описывающих с достаточной степенью точности, для первого приближения крупномасштабные вязкие турбулентные течения. Поля скоростей в линии тока данным методом хотя и отличаются от действительных на 10-15% но дают общую картину формирования аэродинамической картины в топочной камере исключая различные стадии натурального моделирования, тем самым уменьшая затраты времени и средств на оптимизацию конструкции.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ДЛИНЫ ВОДЯНОЙ РУБАШКИ ПАРООХЛАДИТЕЛЯ

Райфшнайдер С.А.- студент гр. ЭМ-22, Гладких А.А.- к.т.н., ст. преподаватель.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из важнейших элементов системы регулирования перегрева пара в котлоагрегате является пароохладитель (Рисунок 1). Наиболее часто используются впрыскивающие пароохладители. На этапе проектирования, для расчета конструктивных и гидравлических характеристик используют нормативные методы.



а) - устройство пароохладителя первого впрыска; б) - устройство пароохладителя второго впрыска; 1- подвод охлаждаемого пара; 2-входной коллектор; 3-подвод воды на впрыск; 4-впрыскивающая форсунка; 5-корпус пароохладителя; 6-выходной коллектор; 7-выход охлажденного пара; 8-защитная рубашка; 9-сжатое сечение трубы «ВЕНТУРИ».

Рисунок 1 – Устройство пароохладителя

Реализация приведенных методов расчета в виде программных продуктов позволит значительно сократить время расчета, а так же свести к минимуму количество ошибок.

Данная работа направлена на разработку программ расчета длины водяной рубашки, а также гидравлического расчета впрыскивающего пароохладителя.

В результате выполненной работы, на основании нормативных методов теплового и гидравлического расчета, было создано две программы для расчета длины водяной рубашки впрыскивающего пароохладителя и гидравлического расчета пароохладителя.

Программы выполнены средствами Microsoft Excel, в виде расчетных таблиц. Для удобства ввода начальных данных, были использованы формы заполнения, реализованные при помощи Visual Basic макросов.