

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КОНСТРУКТОРСКОГО РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС

Сорокин Н.Д., ст. гр. КиРС-81, руководитель Лихачева Г.Н. – к.т.н, доцент  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Целью учебно-исследовательской работы было разработать программу конструкторского расчета горизонтального парогенератора. За основу была взята уже существующая программа, разработанная в Excel, под авторством Кейнер В.А., которая имела ряд недостатков.

В ходе тестирования этой программы были найдены погрешности в расчетах. Все погрешности были проанализированы, и на основании этого анализа была разработана новая программа.

Помимо исправления ошибок в расчетах, новая программа сильно отличается от предыдущей, такими достоинствами как:

- автоматическим расчетам температуры насыщения, энтальпий, теплоты парообразования, коэффициента теплопроводности, коэффициента динамической вязкости, коэффициента Прандтля, удельного объема теплоносителя, номинально допустимых напряжений металла.
- более простая, чем предыдущая программа, и понятная для пользователя.

Программа для конструкторского расчета горизонтального парогенератора АЭС, предназначенная для теплового расчета, гидравлического расчета, расчета оптимальных размеров, стоимости, затрат на эксплуатацию.

Вид программы представлен на рисунке 1.

обозначение	величина	ед изм	перевод	ед изм	РАСЧЕТ	Комментарии	
<b>Исходные данные</b>							
D =	640	т/ч	177,7777778	кг/с		паропроизводительность	
P <sub>1</sub> =	11	МПа	110	бар		давление теплоносителя	
t <sub>1</sub> ' =	300	°C	573	К		температура теплоносителя на входе	
t <sub>1</sub> * =	270	°C	543	К		температура теплоносителя на выходе	
P <sub>2</sub> =	3,5	МПа	35	бар		давление рабочего тела	
t <sub>2</sub> ' =	210	°C	483	К		температура рабочего тела на входе	
t <sub>2</sub> * =	242	°C	515	К		температура рабочего тела на выходе	
Положение	Горизонтальный						
<b>№1 Выбор тепловой схемы парогенератора</b>							
t <sub>g</sub> (P <sub>2</sub> ) =	242,54	°C				температура кипения	
Δt =	27,46	°C				выбор тепловой схемы	
Δt =	-0,54	°C				проверка необходимости наличия пароперегревателя	
Схема:	Совмещенная схема						
<b>№2 Выбор материала и диаметра труб теплопередающей поверхности и коллектора теплоносителя</b>							
Материал:	12X18Н10Т						
d <sub>н</sub> =	12	мм	0,012	м		наружный диаметр трубы	
δ <sub>ст</sub> =	0,9	мм				толщина стенки трубы	
P <sub>p</sub> =	12,375	МПа				расчетное давление	
φ =	1					коэффициент прочности	
t <sub>ст</sub> =	271,27	°C				температура стенки	
[σ <sub>н</sub> ] =	121,4476	МПа				номинальное допускаемое напряжение	
C <sub>1</sub> =	0,072	мм	Δ =	0,08		минусовый допуск на толщину стенки	
C <sub>2</sub> =	0	мм				прибавка на утончение стенки за счет коррозии	
C <sub>3</sub> =	0	мм				утолщение стенки по технологическим соображениям	

Рисунок 1 – Программа для конструкторского расчета горизонтального парогенератора АЭС

# АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ

Афанасьев А.С., ст. гр. КиРС-81, руководитель Хуторненко С.

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

Применение газа в газотурбинных энергетических установках (ГТУ) существенно упрощает задачу повышения средней температуры рабочего тела при подводе теплоты в цикле Брайтона. Вместе с тем значительно сложнее снизить температуру газа при отводе теплоты из цикла, которая имеет тенденцию к увеличению.

В истории теплоэнергетики можно заметить своеобразное «соревнование» между паровыми и газовыми установками и их термодинамическими циклами. Отсутствие соответствующих технологий в прошлом не позволяло использовать продукты сгорания в качестве рабочего тела, и водяной пар применялся как промежуточное рабочее тело. Параллельное развитие газовых и паровых циклов, однако, не привело к их антагонизму. Напротив, наметилась тенденция максимально использовать их положительные свойства, создав *комбинированную парогазовую установку*. В ней теплота выходных газов ГТУ используется почти полностью в нижней паровой части объединенного цикла Брайтона—Ренкина, что значительно повышает экономичность ПГУ.

В парогазовых установках теплота подводится к рабочему телу (газу) при высокой температуре продуктов сгорания органического топлива, а отвод теплоты происходит в области низких температур конденсации водяного пара. В идеальном обратимом цикле Карно парогазовой установки изобарный процесс отвода теплоты в газовой части максимально приближен к изобарному процессу подвода теплоты к паровой части ПГУ. Определенный подбор количества рабочих тел и применение сверхкритического давления пара позволяют получить идеальный цикл газового и парового рабочих тел.

Одной из первых ПГУ, применяемых в энергетике, была ПГУ с высоконапорным парогенератором. Ее особенность — наличие общей камеры сгорания газовой и паровой частей ПГУ, функции которой выполняет высоконапорный парогенератор (ВПГ). Технологический процесс ГТУ разделен. Сжатый воздух после компрессора поступает в ВПГ, куда подается для сжигания топлива. Дымовые газы генерируют в топке ВПГ пар, имеются также основной и промежуточный пароперегреватели, пар направляется в паровую турбину. После промежуточного перегревателя уходящие газы ВПГ с температурой 600—700 °С поступают в газовую турбину, где, расширяясь, совершают работу. Выходные газы ГТУ подаются в теплообменники нагрева части конденсата и питательной воды и нагревают всю питательную воду до состояния, близкого к насыщению (экономайзерная часть).

Парогазовая установка с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ) — наиболее перспективная и широко распространенная в энергетике парогазовая установка, отличающаяся простотой и высокой эффективностью производства электрической энергии. Эти ПГУ — единственные в мире энергетические установки, которые при работе в конденсационном режиме отпускают потребителям электроэнергию с КПД 55—60%.

Котлы-утилизаторы - важный элемент технологической схемы большинства ПГУ, выполняющий во всех случаях роль утилизатора теплоты выходных газов энергетической ГТУ. В зависимости от схем и ПГУ в КУ генерируется пар от одного до трех давлений, подогреваются вода и конденсат, вырабатывается технологический пар и др. Котлы-утилизаторы, спроектированные только для подогрева воды, называют еще газодводящими теплообменниками (ГВТО). Таким образом, КУ подразделяются на паровые, пар которых используется для работы в паровых турбинах или направляется технологическим потребителям, водяные, в которых нагреваются сетевая вода, конденсат или питательная вода ПТУ энергоблоков, и комбинированные.

### **Описание парогазовой установки с котлом-утилизатором**

#### **Основные характеристики ГТЭ-160**

Мощность на клеммах генератора, МВт	157
Температура газов на срезе выхлопного патрубка, °С	537
Расход газа на выходе из ГТУ, кг/с	509
КПД на клеммах генератора, %	34.4
Частота вращения вала, об/мин	3000
Содержание NOx в газе на выходе из ГТУ, мг/нм <sup>3</sup> (ppm)	50 (25)
Потребное давление газа перед ГТУ, МПа	2.3
Масса транспортируемого турбоблока, т	186.5
Габариты, м	18.4x12.5x7.5

#### **Паровая конденсационная турбина К-110-6,5**

Двухцилиндровая конденсационная паровая турбина с двухпоточным выхлопом в конденсатор предназначена для привода электрического генератора переменного тока при работе в составе бинарной парогазовой установки ПГУ-325, состоящей из двух газотурбинных агрегатов, двух котлов-утилизаторов и одной паровой турбины двух давлений. Турбина рассчитана на работу в режиме скользящих параметров пара обоих контуров. ЦВД имеет два корпуса внутренний и наружный. Пароподводящие штуцеры имеют сварные соединения с наружным корпусом и подвижные с горловинами внутреннего корпуса /3/.

#### **Основные характеристики К-110-6,5**

Мощность номинальная, МВт	110
Начальные параметры пара:	
давление, МПа	6,83
температура, °С	496,8
Номинальный расход свежего пара, т/ч	309,3
Длина рабочей части лопатки последней ступени, мм	960
Номинальная температура охлаждающей воды, °С	21
Расход охлаждающей воды через конденсатор, м <sup>3</sup> /ч	21000
Гидравлическое сопротивление водяного тракта конденсатора, МПа	0,04

### Котёл-утилизатор Ед-308/80-6,8/0,65-487/222

Котёл-утилизатор двух давлений имеет горизонтальную компоновку, два парогенерирующих контура - высокого (ВД) и низкого (НД) давления – с паровыми барабанами и естественной циркуляцией и две камеры дожигания.

По ходу газов в котле располагаются пароперегреватель ВД, испаритель ВД, экономайзер ВД, пароперегреватель НД, испаритель НД и газовый подогреватель конденсата (ГПК).

После ГПК на входе в дымовую трубу в газоходе котла-утилизатора установлена дождевая заслонка, препятствующая расхолаживанию поверхностей нагрева котла после останова блока.

Пар после пароперегревателей высокого и низкого давления поступает в ЦВД. Регулирования давления и температуры пара ВД и НД в рабочем диапазоне нагрузок не предусмотрено. Котёл-утилизатор рассчитан для работы при скользящих параметрах пара, определяемых температурой и расходом газов, поступающих в КУ из ГТУ, а также режимов работы паровой турбины.

Мероприятий по снижению выбросов  $NO_x$  в КУ предусмотрено, их концентрация в уходящих газах определяется работой камер сгорания ГТУ и удовлетворяет предъявленным требованиям.

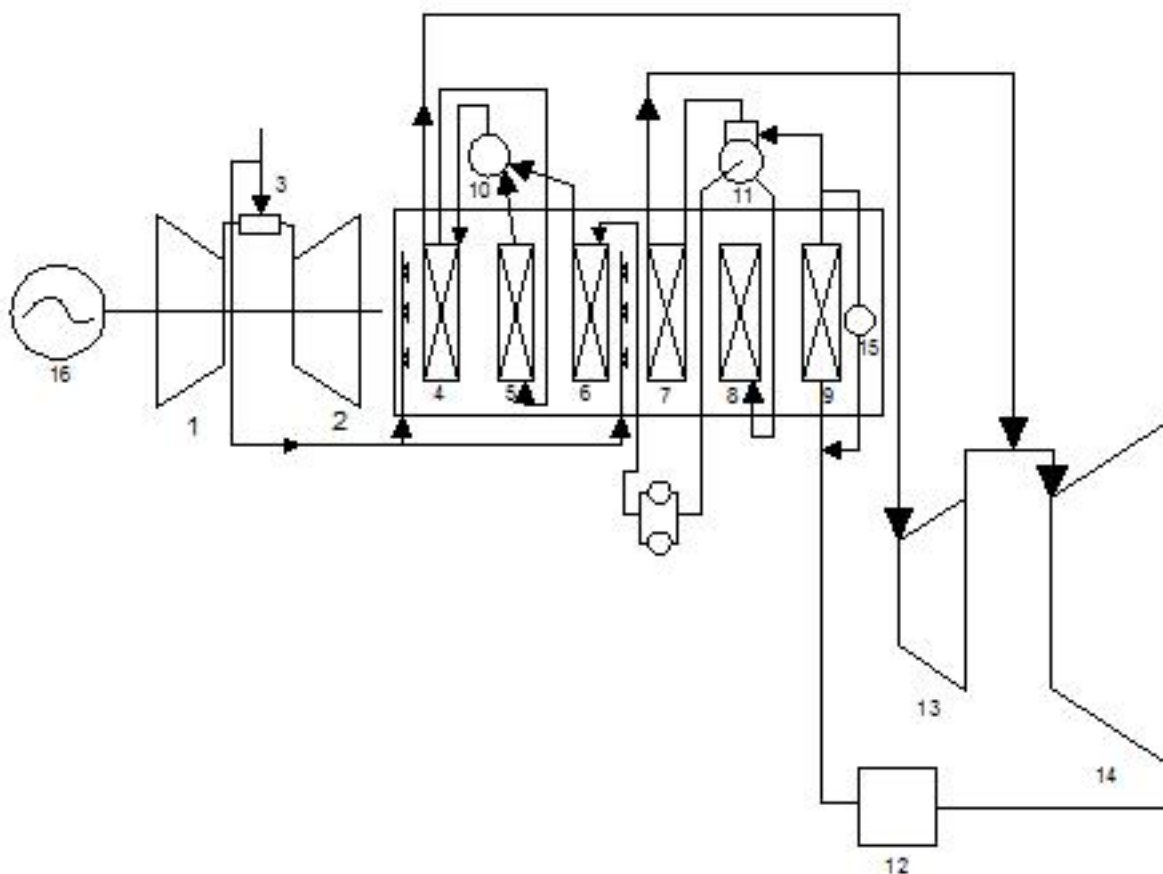


Рисунок 1 - Горизонтальная схема котла-утилизатора Ед-308/80-6,8/0,65-487/222

Тепловой расчёт был выполнен на четыре режимных точки 100%+Д, 100%, 75%, 50%. Разработаны рекомендации по повышению эффективной работы ПГУ с применением дожигания топлива в среде дымовых газов и рекомендовано использовать дожигания только для взятия пиковых нагрузок.

## ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛА КВГМ-10 ДЛЯ СЖИГАНИЯ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Хорин А.В., ст. гр. КиРС-81, руководитель Жуков Е.Б. – доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развитие энергетики, а также повышение энергетической безопасности России в значительной степени зависят от широкого и эффективного использования угля в качестве энергетического топлива. В настоящее время прогнозируется повышение роли угля в энергетике, что обусловлено его крупными запасами и истощением нефти и газа. В то же время экологические проблемы, возникающие при использовании угольного топлива, требуют разработки и внедрения новых, эффективных с экономической и экологической точек зрения, технологий.

Особо перспективна технология сжигания топлив в низкотемпературном вихре. Стремление к низкотемпературному сжиганию объясняется принципиальной возможностью снижения вредных выбросов в дымовых газах, по сравнению с широко применяемыми высокотемпературными процессами горения.

НТВ-топка отличается высокой устойчивостью воспламенения топлива. Несмотря на пониженный уровень температуры, благодаря организованной многократной циркуляции горящих частиц топлива и ступенчатому подводу воздуха в вихревой зоне топки создан устойчивый и надежный механизм, стабилизирующий воспламенение и обеспечивающий выгорание 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 низкосортное, поэтому для его сжигания необходимы специальные топочные устройства.

Современные котлы зачастую не приспособлены к эффективному сжиганию древесных отходов из-за их высокой влажности. Процесс горения сопровождается существенным механическим недожогом топлива, и как следствие котлы не в состоянии обеспечивать свою номинальную паропроизводительность.

Вихревая технология является довольно универсальной, что позволяет легко встраиваться в существующие топочные объемы котлов. Для стабилизации горения влажных древесных отходов применяются как традиционные меры, подогрев дутья и утепление топки, так и оригинальные схемы с двухсторонним воспламенением слоя, а так же позволяющие распространить выжигание уноса и топочный процесс в надслоевой объем.

Разработан эскизный проект водогрейного котла КВГМ-10, предназначенного для получения горячей воды номинальных параметров и сжигания кородревесного топлива. Особенностью котла КВГМ-10 является использование в нем вихревой топки, которая удерживает

частицы топлива до глубокого выгорания из них горючих. Вихревая топка выделяется в нижней части топочного объема котла пережимным экраном с газовыпускным окном. Нижняя часть испарительных экранов вихревой топки закрывается шамотным кирпичом, образуя зажигательный пояс. Выше пережима расположена камера дожигания, выделенная боковыми, фронтальными и задними экранами. Тонкораспыленное топливо, подаваемое совместно с первичным воздухом через специальную горелку, воспламеняется и горит по двухступенчатой схеме, смешиваясь в вихревой топке с потоком вторичного воздуха.

Общий вид котла КВГМ-10 представлен на рисунке 1.

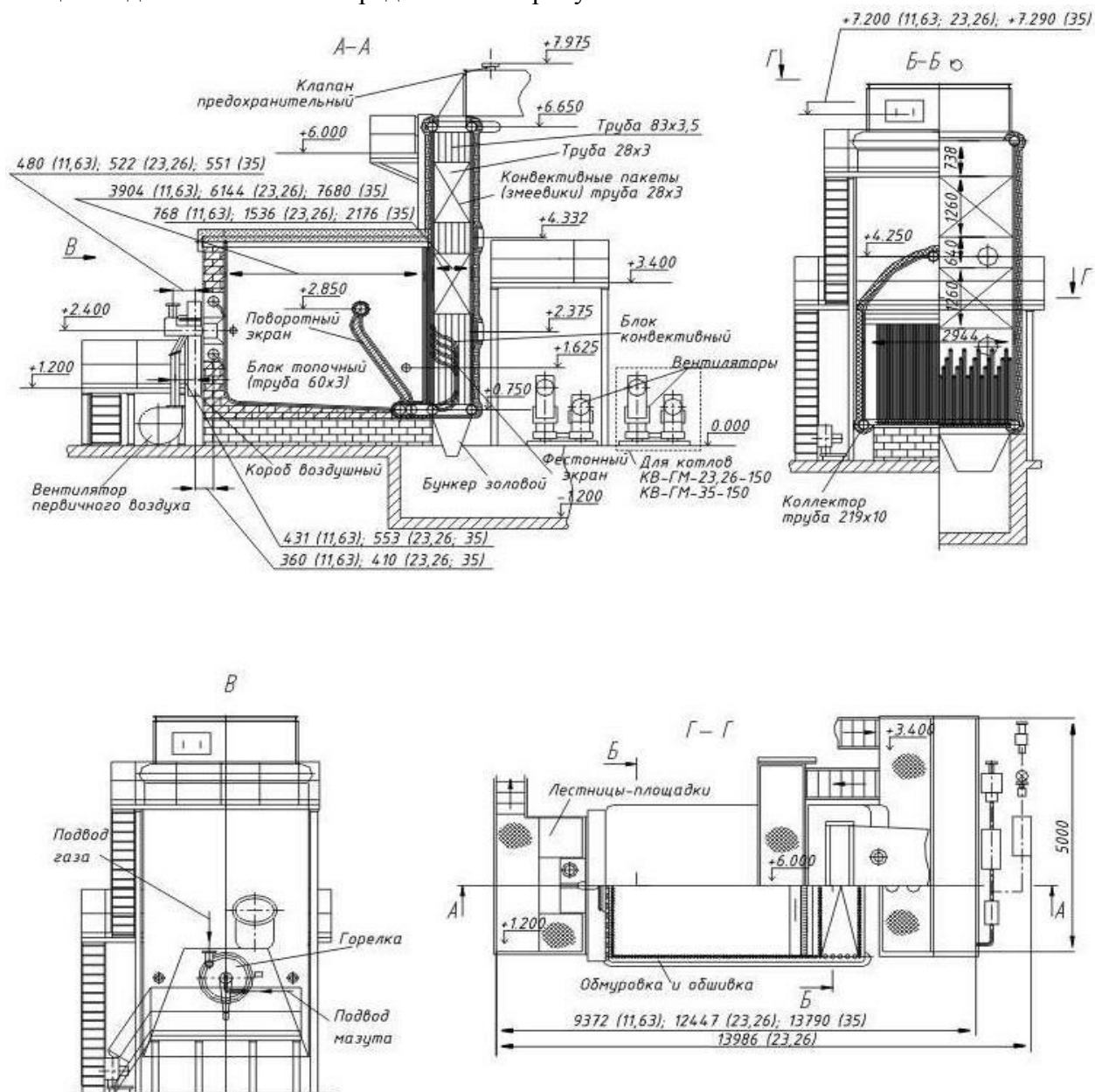


Рисунок 1 – Общий вид котла КВГМ-10

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ЕГО В ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ

Конник Р.А. – студент гр. КиРС-81, руководитель Лихачева Г.Н. – доцент КиРС, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В тепловой энергетике ожидается значительный рост потребления угля. Прежде всего это связано с растущими ценами на природный газ и его прогнозируемым дефицитом. Этому благоприятствуют существенные запасы твердого топлива, энергетическое использование которого может быть весьма эффективным.

Одним из эффективных способов использования твердого топлива может служить применение парогазовых установок, работающих на угле. Разрабатываются различные технологии:

- ПГУ с внутрицикловой газификацией топлива (ВЦГ);
- ПГУ с топками кипящего слоя под давлением (КСД);
- ПГУ на основе пиролиза.

В работе выбрана схема сжигания угля в ПГУ с внутрицикловой газификацией топлива, так как она имеет наибольший КПД по сравнению с другими способами, наиболее маневренная в теплоэнергетике, практически не имеет вредных выбросов, имеет возможность использования любого вида угля. Так же в работе рассмотрены различные схемы использования угля в ПГУ, имеющие свои плюсы и минусы.

Данное направление является прорывным в энергетике, поскольку обладает потенциалом создания энергетических установок на твердом топливе с КПД до 55% и низкими вредными выбросами, а также экологически чистых установок. За рубежом это направление развивается очень интенсивно, вкладываются большие средства. Россия неоправданно задерживается в промышленном освоении ПГУ на угле.

### Список литературы

1. Основы современной малой энергетики: учебное пособие. В 3 т. / Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, А.Н. Лямин, А.Б. Калистратов. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. Т. 2., 312 с.
2. Научно-технический журнал «Телоэнергетика №8», статья Саламов А.А., Фильков В.М. Парогазовые установки со сжиганием топлива в кипящем слое под давлением, 1998.
3. Научно-технический журнал «Телоэнергетика №2», статья Григорук Д.Г., Туркин А.В. Исследование тепловой схемы перспективной ПГУ с внутрицикловой газификацией топлива, ВТИ 2010.
4. Научно-технический журнал «Телоэнергетика №2», статья Гольдштейн А.Д., Позгалев Г.И. Состояние развития ПГУ на твердом топливе, НПО ЦКТИ-РАН 2003.
5. <http://www.promvest.info>
6. <http://lib.rosenergосervis.ru/sovremennaya-teploenergetika.html>

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ КОТЛА

Попов И.А. – студент гр. КиРС-81, руководитель Хрусталёв Г.Н. – заведующий отделом дивизиона котельного оборудования ОАО «Сибэнергомаш» (г. Барнаул)

Актуальность темы, касающейся испытаний энергоустановок, состоит в том, что в настоящее время в связи с ростом стоимости и потребления энергоресурсов, большое значение приобретают вопросы экономичного использования топлива на электростанциях, т.е. повышение их КПД. , значительная экономия топлива может быть достигнута за счёт повышения эффективности использования оборудования.

Режимы работы парогенераторов определяются часто значительной неравномерностью графиков нагрузок. И это требует тщательной настройки переменной работы установок.

Ситуация в отечественной энергетике такова, что созданный в советское время энергетический потенциал начинает изживать свой ресурс и всё чаще производятся реконструкции котлоагрегатов на станциях, это требует полной переработки схем работы агрегатов, нахождение оптимальных режимов и т.д.. Или вовсе заменяются на новое, современное оборудование, демонтаж старого котла и установка нового.

Испытания на котлоагрегатах проводятся при 2-х режимах: стационарном и нестационарном.

Испытания при стационарном режиме в свою очередь подразделяются на 3 категории сложности.

К 1-й категории сложности относятся приемосдаточные (гарантийно-сдаточные) испытания. Они проводятся, как правило, для проверки гарантий поставщика установки.

Определяются характеристики: паропроизводительность; к. п. д.; параметры пара, его качество; параметры работы вспомогательного оборудования котельного агрегата; определяются все составляющие потерь тепла; воздушный баланс топки; общее тепловосприятие поверхностей нагрева в рабочем диапазоне нагрузок.

Ко 2-й категории сложности относятся эксплуатационные (балансовые) испытания, проводимые для установления нормативных эксплуатационных характеристик.

Задачи испытаний, проводимых по 2-й категории сложности:

- выявление оптимальных условий работы топки при различных нагрузках котлоагрегата;
- определение максимальной и минимальной нагрузки оборудования без изменения и при различном составе работающего вспомогательного оборудования;
- определение фактической экономичности агрегата и отдельных составляющих потерь тепла;
- выявление причин превышения потерь тепла над расчетными значениями и разработка мероприятий по их уменьшению и достижению расчетного к.п.д.;
- проверка работы отдельных элементов котельной установки;
- определение аэродинамических характеристик газозащитного тракта и характеристик вспомогательных механизмов котлоагрегата;

К 3-й категории сложности относятся: режимно-наладочные и доводочные испытания.

Цели испытаний 3-й категории сложности:

- наладки режима работы котлоагрегата и определения его отдельных показателей;
- определение оптимальных значений коэффициента избытка воздуха и тонкости пыли, оптимального распределения воздуха по горелкам,
- определение максимальной нагрузки при различном составе вспомогательного оборудования и др.

Программа рассматриваемых испытаний и объем проводимых измерений зависят от типа котла (прямоточный, барабанный), его конструктивных особенностей (системы экранирования топки, конструкции и компоновки поверхностей нагрева) и поставленных задач. При испытаниях могут определяться:

- продолжительность растопок и остановов;
- подъема и сброса нагрузки;
- степень устойчивости поддержания при этих режимах параметров пара;
- уровня воды в барабане котла;
- соотношения топливо – воздух;
- пусковых потерь топлива и энергии и др.

В зависимости от целей и задач испытания их проводят по типовым или специально разрабатываемым программам. В программе устанавливаются следующие пункты: объект



испытаний; цели работы; виды, последовательность и объем проводимых экспериментов; порядок, условия, место и сроки работ.

Содержание технического отчета по испытаниям котла определяется характером и объемом проведенных работ. Примерный план составления отчета может выглядеть следующим образом.

1. Аннотация — краткое содержание работы и ее назначение.
2. Введение — описывают объект испытания (наладки), излагают мотивировку организации работы и цели, которые поставлены перед ее исполнителями.
3. Краткая характеристика оборудования. Приводят краткое описание котла, его вспомогательного оборудования и их основные параметры.
4. Методика измерений. Дают краткое описание примененных способов измерений с указанием точек отбора проб, методов определения состава газов, отбора проб топлива, шлака и уноса.
5. Характеристика выполненных работ. Подробно рассматривают выполненные на котле работы по устранению выявленных недостатков.
6. Результаты испытания и их анализ. Должны быть проанализированы фактически полученные в опытах данные под углом зрения задач испытаний. Должны проводиться сравнение фактических характеристик котла с расчетными (гарантийными) данными и анализ причин их несоответствия.
7. Выводы и предложения. Рассматривают основные итоги наладки и испытаний.

В процессе выполнения работы сделаны акценты на изучение общих сведений для повышения знаний о направлении – теплотехнические испытания.

Следует отметить, что в процессе работы над имеющимися печатными материалами и материалами, найденными в Интернете, можно отметить, что основными прорывами в данной отрасли являются новейшие приборы измерений, которые повышают эффективность самих испытаний и результатов с точки зрения мобильности (более удобные и компактные), точности получаемых замеров, сокращения времени получения окончательных результатов (программное обеспечение приборов включает в себя автоматический перерасчет в конечных показателях), однако всё это влечёт за собой высокие цены конкретных аппаратов. Что касается использования методик прошлых десятилетий, так это обуславливается тем, что большая энергетика на практике дошла до своего приближенного максимума в конструктивном исполнении котлоагрегатов и изменения вносимые до настоящего времени не могут кардинально изменить подход к принципам испытаний.

Список литературы

1. В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева Тепло-технические испытания котельных установок. Издание второе, переработанное и дополненное / Москва, Изд-во: Энергоатомиздат, 1991 – 414 с.: ил.
2. ОСТ 108.030.132-80 - Котлы паровые стационарные. Методы испытаний.
3. РД 153-34.1-26.303-98 – Методические указания по проведению эксплуатационных испытаний котельных установок для оценки качества ремонта.
4. РД 34.25.514-96 –Методические указания по составлению режимных карт котельных установок и оптимизации управления ими.

## ОБЗОР ОПЫТА СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ТОПКАХ КОТЛОВ

Гордиенко Н.С. - студент гр. КиРС-82, руководитель Красуцкий Е.В.

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

Горы отходов растут во всем мире в тревожном темпе. Сегодня они представляют одну из наиболее главных угроз нашего времени для окружающей среды, делая организацию сбора и удаления отходов неотложным вопросом, как для властей, так и для политиков.

Так как около 80% бытовых отходов состоят из бумаги, пластика и других горючих материалов. Их тепловая ценность соответствует примерно 2000 ккал/кг. Другими словами 2 тонны отходов содержат энергии почти столько же, сколько и 1 тонна угля. При сжигании отходов домашнего хозяйства во вторичные отходы переходит только 5% от общего количества, 95% превращается в энергию. При этом объем этих 5% вторичных отходов (экологически опасные летучая зола из фильтров и осевшая в котле пыль и, частично, шлаки) несравненно меньше, чем первичных, загруженных в бункер. Строго говоря, благодаря лучшей упаковке остается не 5%, а всего лишь 2%

Таблица 1-Среднеарифметические значения потенциала использования или реализации домашних отходов при различных способах их переработки в ФРГ

	Потенциал использование Исползованная масса = ----- X Первоначальное сырье x 100%	Величина отходов после переработки
1. Депонии (использование отходных газов гниения не учтено)	0%	100%
2. Вторичное использование веществ (рециркуляция)	25%	75
Стекло	9%	
Металл	3%	
Бумага	11%	
Пластмассы	2%	
3. Компостирование	43%	57%
Компост	40%	
Металл	3%	
4. Устранение термической переработкой	95%	5%
Энергия	75%	
Шлаки	17%	
Металл	3%	

Сегодня эти 5% вторичных отходов МСУ все еще подвергаются захоронению, потому что содержание в них тяжелых металлов и диоксинов довольно велико. Но можно избежать и этой операции. Уже сегодня существуют технологии почти полного очищения продуктов

сгорания как от диоксинов, так и от тяжелых металлов, которые при специальной обработке либо выделяются, либо стабилизируются. Летучая зола полностью минерализуется, превращаясь в безвредное, вполне применимое в строительной индустрии вещество. Извлеченные при этом тяжелые металлы могут использоваться дальше в металлургической промышленности. Остается только сделать эти технологии рентабельными.

Из вышесказанного можно сделать один вывод: полная переработка ТБО возможна только при их термической обработке, сжигание ТБО не имеет приемлемой альтернативы. Но разработка, изготовление и эксплуатация МСУ должны проводиться с выполнением жестких требований по экологии.

В представленной работе рассмотрены основные типы термической переработки ТБО и рассмотрена и проанализирована схема одной из МСУ с вихревой камерой дожигания.

Тракт ТБО в пределах котельной установки МСУ включает загрузчик ТБО 1, колосниковую решетку с двумя наклонно-переталкивающими секциями 2, предвключенной секцией (форкамерой) 3 и золовыми бункерами 4 и систему удаления шлака 5. К общей станционной схеме приема ТБО котельная установка подключена также и через воздухозаборник 6.

Топочное устройство выполнено по двухступенчатой схеме. Первая ступень содержит камеру сгорания 7 с перечисленными выше элементами тракта ТБО, а также установку подогрева воздуха 8 и стабилизирующую газовую (мазутную) горелку 9. Вторая ступень выполнена в виде вихревой камеры дожигания 10, объединена конструктивно экранами 11 с камерой сгорания 7 и имеет тангенциальные сопла 12 вторичного дутья. Камера дожигания 10 подключена через газовыпускное окно 13 к газоходу 14, к бункерам поглотителя 15 (например, измельченного до 100-200 мкм известняка), к системе возврата уноса 16 и к вынесенному теплообменнику 17.

Вторая ступень позволяет осуществлять глубокое дожигание и подавление вредных веществ, благодаря контролируемому топочному процессу в камере дожигания 10. Контроль осуществляется за счет того, что выгрузатели 18, регулируют потоки циркулирующих частиц:

- на заполнение в камеру дожигания 10 через сопла 12;
- на выгрузку по тракту 19 в систему шлакоудаления 5;
- на теплосъем из камеры дожигания к теплообменным поверхностям вынесенного теплообменника 17.

Эти потоки циркулирующих частиц улавливаются и формируются с помощью экранированной стенки 21 с наклонными проставками. Кроме того, для контроля температуры при пуске и останове МСУ камера дожигания 10 имеет две стартовые горелки 22.

Тракт подачи дутья включает воздухозаборник 6, дутьевой вентилятор калорифер 24, воздухоподогреватели первой 25 и второй 26 ступени, раздающие воздухопроводы 27 с шиберами и перечисленные выше конечные воздухораспределительные устройства 2, 3, 4, 9, 12, 22.

Тракт дымовых газов совмещен с поверхностями нагрева котла. В горячей зоне он включает камеру сгорания 7, ВКД 10 и газоход 14, образованные экранами 11, которые закрыты специальными шамотными кирпичами. Далее расположены газоходы с конвективным пароперегревателем 28 и испарительным пучком 29, в вальцованном барабаны 30, которые объединены в транспортабельный блок котла. Совместно с экранами 11, поверхностями 20 и экономайзером 31 блок котла служит для охлаждения дымовых газов и превращения теплоты сгорания ТБО в энергию перегретого пара. Кроме того котел служит для регулируемого с помощью шиберов 32 подогрева воздуха в секциях воздухоподогревателя 25, 26.

Система санитарной очистки и отвода дымовых газов, содержит предвключенный золоуловитель 33, рукавный фильтр 34, емкости сорбентов 35, газоанализаторы 36, дымосос 37 и дымовую трубу 38, служащую для рассеивания дымовых газов в атмосфере.

По тракту дымовых газов для устранения отложений золы, в которых могут скапливаться тяжелые металлы и другие вредные вещества, установлена система очистки газоходов. Она содержит систему возврата уноса 16 с эжекторами, расположенными под бункерами

уноса 39 в котле и золоуловителе 33, аппараты ударно-волновой очистки 40 котла и вентилятор 41, обеспечивающий непрерывный пневмотранспорт оседающих частиц в топочное устройство а, в конечном счете в систему шлакоудаления 5.

Принципиальная схема котельной установки МСУ

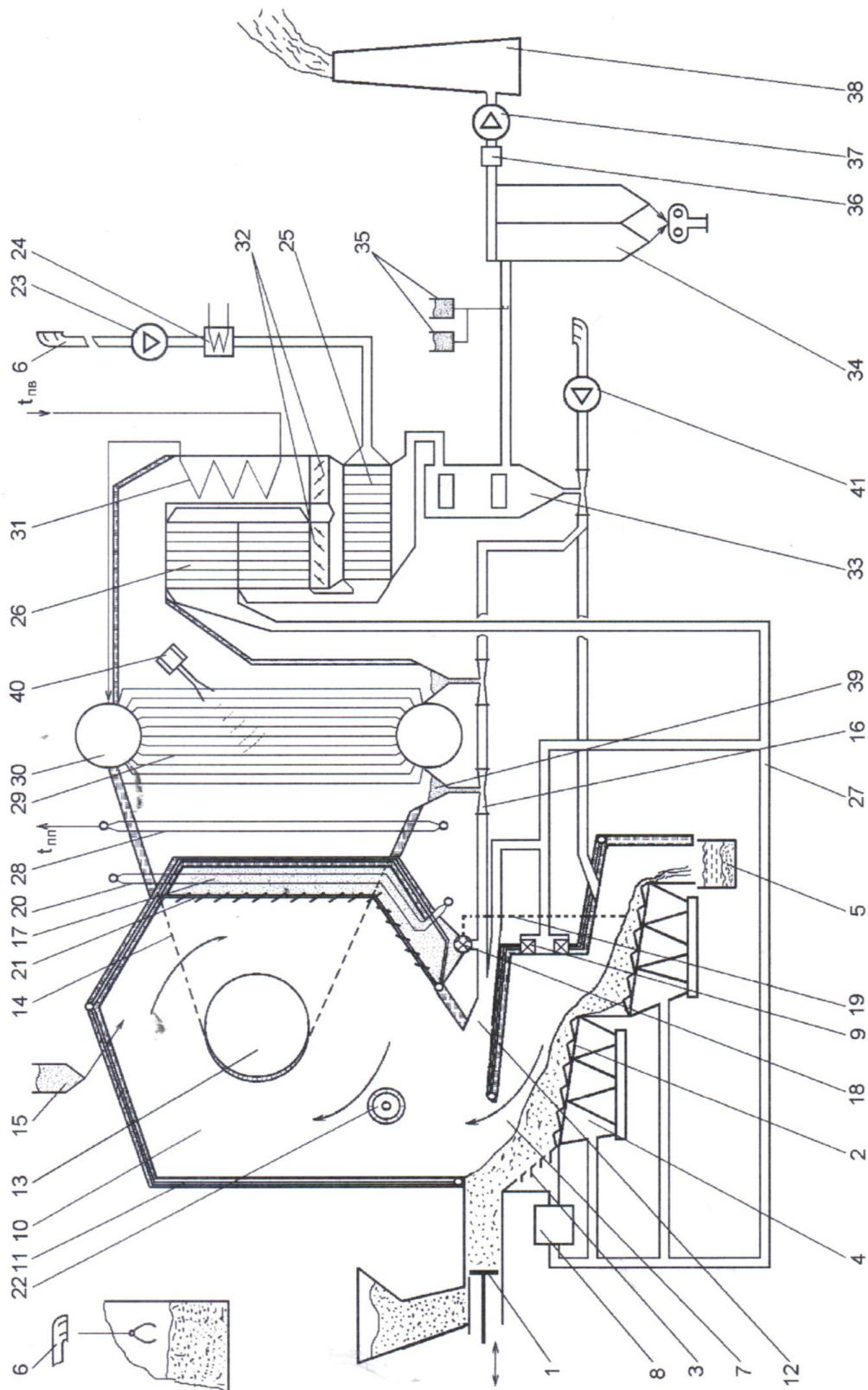


Рис. 3.1

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Тупицын А.А. - студент гр. КиРС-82, 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, что позволит максимально выгодно и рационально использовать имеющиеся 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). Несгоревший уголь может быть использован для строительства. Схема сжигания ВУТ представлена на рисунке.

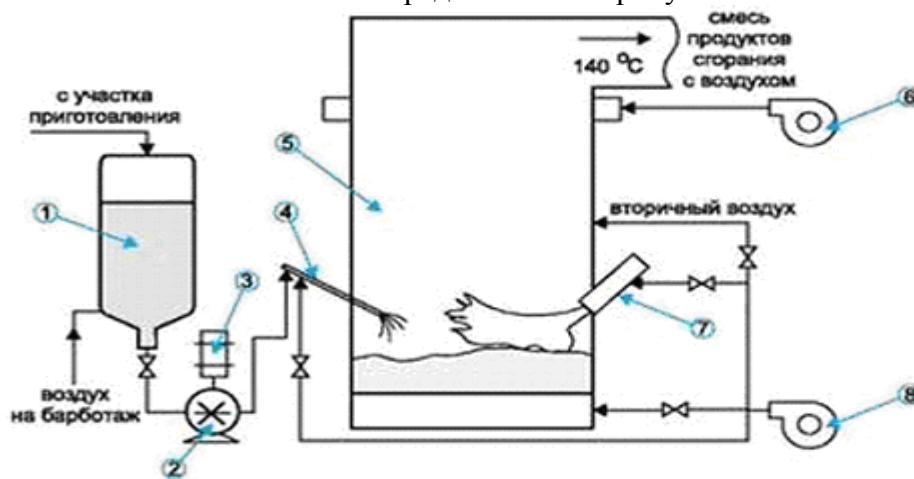


Рисунок 1 - Схема участка сжигания ВУТ:

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

## РАЗРАБОТКА ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

Чернявский С.Е. - студент гр. КиРС-81, руководитель - к.т.н. Жуков Е.Б.,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

**Генераторный газ** образуется в результате газификации твердого топлива в специальных установках — газогенераторах. **Газогенераторы** представляют собой шахтную печь, в которую сверху загружается твердое топливо, а снизу подается воздух в количестве, недостаточном для полного сгорания топлива.

Из 1 килограмма биомассы можно получить около 2,5 м<sup>3</sup> генераторного газа, основными горючими компонентами которого являются монооксид углерода (СО) и водород (Н<sub>2</sub>). В зависимости от способа проведения процесса газификации и исходного сырья можно получить низкокалорийный (сильно забалластированный) или среднекалорийный генераторный газ.

Из всего многообразия твердых топлив и их смесей вырабатывается газ примерно одинакового состава. Горючими элементами которого являются: водород (Н<sub>2</sub> - 14—20 %), оксид углерода (СО - 14—20 %), метан (СН<sub>4</sub> - 1—6 %); негорючими элементами являются: азот (N<sub>2</sub> - 40—54 %), диоксид углерода (СО<sub>2</sub> - 8—12 %).

Рост тарифов на электрическую и тепловую энергию вынуждают предприятия задуматься о собственном источнике энергии. Предприятия, испытывающие потребность в энергии и имеющие древесные или сельскохозяйственные отходы, получить эту энергию, а заодно и избавиться от отходов, могут с помощью современных технологий получения энергии из древесных и сельскохозяйственных отходов – газогенераторов на твердых видах топлива.

Газогенераторы на твердых видах топлива – это идеальное решение для автономного энергоснабжения деревообрабатывающих и сельскохозяйственных предприятий. Себестоимость 1 кВт электричества с учетом утилизации тепла и обслуживания составляет порядка 50-70 копеек при своем бесплатном сырье (щепа, древесные отходы).

Горелки типа ВНК-16ВА и ВНК-90ВА предназначены для сжигания низкокалорийных газов с теплотворной способностью не ниже 6 МДж/кг. Применяются для сжигания пиролизных газов в составе установок по переработке отходов (резина, пластмасса и др.).

Горелки двухтопливные работают на жидком топливе и пиролизном газе. Розжиг и разогрев реактора осуществляется на жидком топливе (дизельное топливо, печное топливо, отработанное масло); после запуска процесса пиролиза жидкое топливо заменяется на пиролизный газ.

Для сжигания низкокалорийного генераторного газа, полученного при пиролизе овсяных отрубей, предлагается горелочное устройство, представленное на рисунке 1.

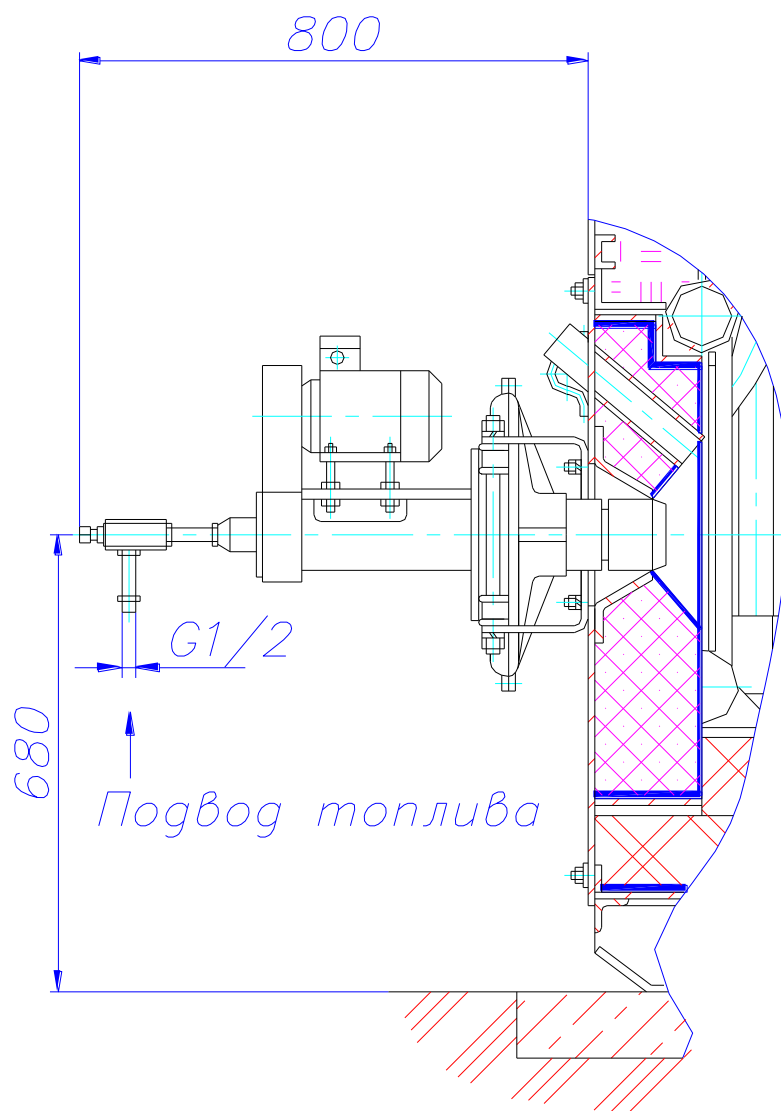


Рисунок 1 – Горелочное устройство

Список литературы

1. <http://zapalnik.ru/vnk16va/.html>
2. <http://stroynabsbit.sumy.ua/services/indexZX04.html>
3. [http://termotexplus.ru/gazgen\\_modul.htm](http://termotexplus.ru/gazgen_modul.htm)

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ В КОТЛАХ МОЩНОСТЬЮ 3,0 МВт

Трашкова Я.К.-студентка гр. КиРС-81, руководитель - к.т.н. Жуков Е.Б.,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из источников энергии является биомасса. Овсяная лузга и другие сухие отходы - идеальное естественное биотопливо с калорийностью 19,15 МДж/кг. Организованное сжигание таких отходов не сопровождается эмиссией метана, не создает в атмосфере парникового эффекта. Выход летучих большой,  $V_{daf} \sim 70-95\%$ , поэтому сухие растительные отходы легко сгорают. Нагрев позволяет на 75-85% перевести их в горючие газы, а при минимальной подаче дутья можно достичь полной газификации. Растительные отходы имеют сравнительно стабильные характеристики по сухой и горючей массе.

Сжигание в топках паровых котлов малой и средней мощности измельченных растительных отходов представляет существенную проблему ввиду следующих причин.

1. Измельченные растительные отходы имеют высокую парусность, в процессе выжигания трудно удержать легкие парусные частицы.
2. Шлакование, типичная проблема отложений возникает из-за большого содержания щелочных металлов, а именно зола овсяной лузги содержит большое количество щелочных металлов (Са, Mg) и поэтому имеет низкие температуры плавления.
3. Частым и опасным явлением в котлах, сжигающих лузгу, являются пожары.

Для сжигания измельченных растительных отходов, и особенно овсяной лузги, требуется специальное топочное устройство. Для утилизации лузги и измельченных горючих отходов нами предлагаются котлы с вихревыми топками. В вихревых топках благодаря аэродинамической схеме обеспечивается глубокое низкотемпературное выжигание горючих из частиц с одновременным устранением образования внутритопочных и натрубных отложений, характерных для высокотемпературных топочных процессов.

Применение сжигания в низкотемпературном вихре позволяет практически полностью исключить шлакование поверхностей нагрева котла и повысить надежность его работы. За счет эффективного удержания легких частиц топлива в топке происходит глубокое выжигание горючих веществ с одновременным устранением образования внутритопочных и натрубных отложений, характерных для высокотемпературных топочных процессов. Эффективность удержания частиц в топке возрастает с увеличением их массы. Соответственно при этом создаются условия для глубокого выгорания и таких массивных частиц, как вылетевшие в топку с лузгой зерна и устраняется опасность пожаров в дымоходах и золоуловителях котельной установки.

Для сжигания овсяной лузги предлагается проект водогрейного котла КВм-3,0ДВО с механизированной топкой форсированного горения. Условное обозначение котла КВм-3,0ДВО: Котел водогрейный тепловой мощностью 3,0 МВт, с топкой форсированного горения (ТФГ) для сжигания измельченных растительных топлив (Рисунок 1).



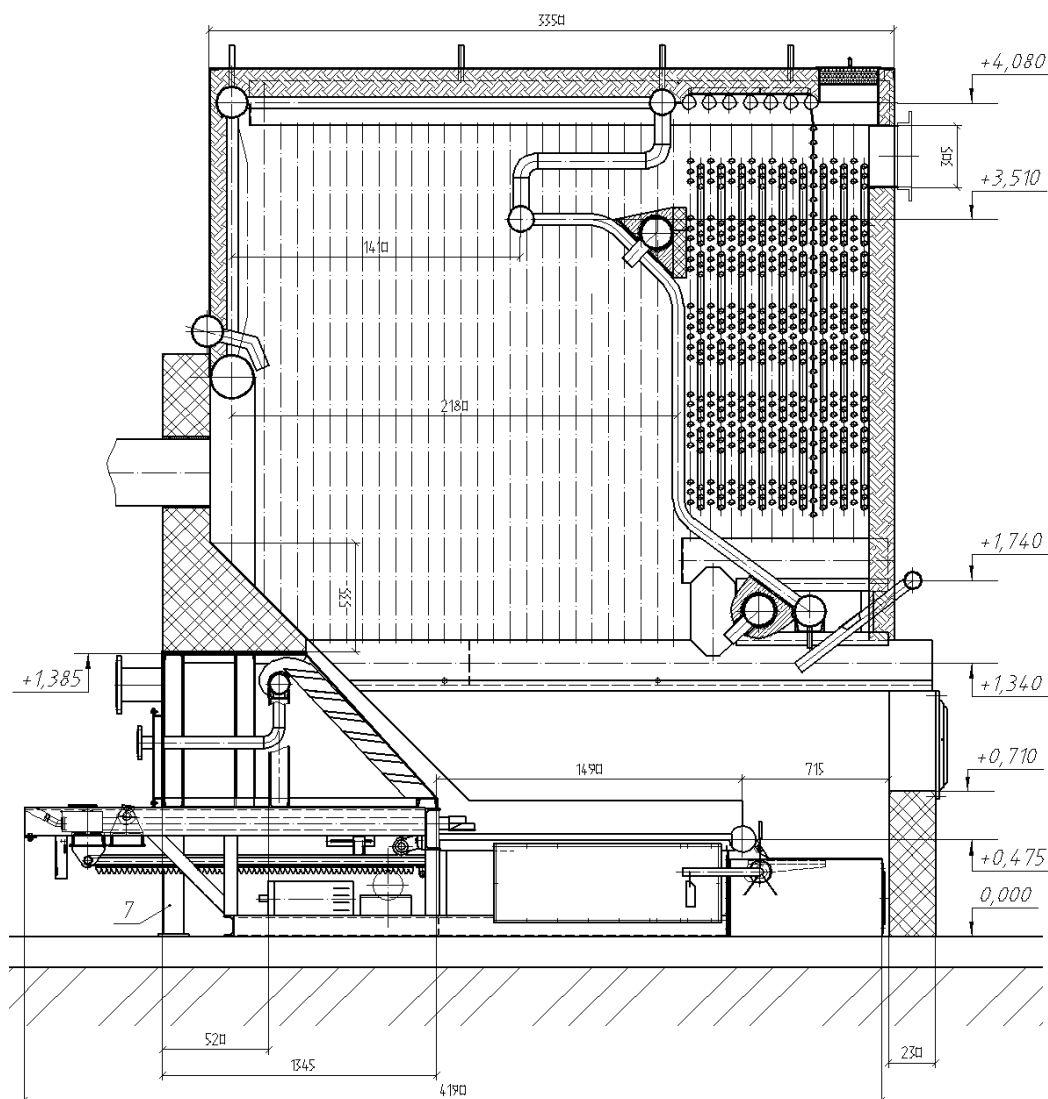


Рисунок 1 – Котел водогрейный КВМ-3,0ДВО

#### Список литературы

1. <http://sferatepla.com/page/otoplenie-kotel/ist/ist-7--idz-ax228.html>
2. <http://bem-kotel.ru/products.php>
3. [http://www.kotel.ru/articles/text\\_85\\_7.htm](http://www.kotel.ru/articles/text_85_7.htm)

### ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Апарин М.И. - студент гр. КиРС-81, руководитель - Лихачева Г.Н., доцент КиРС, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время проблема совершенствования топливно-энергетического баланса приобретает особую актуальность. Истощение эксплуатируемых газовых месторождений вопрос даже не десятков, а нескольких лет. В России при снижении добычи газа и увеличении производства электроэнергии доля угольного топлива в выработке электроэнергии поднялась с 29% до 33% в течение одного года.

В ближайшее время угольное топливо станет основным энергоносителем. Тем более актуальным становится вопрос более эффективного использования этого топлива, снижения

отрицательного воздействия продуктов сгорания на окружающую среду, удешевления его стоимости.

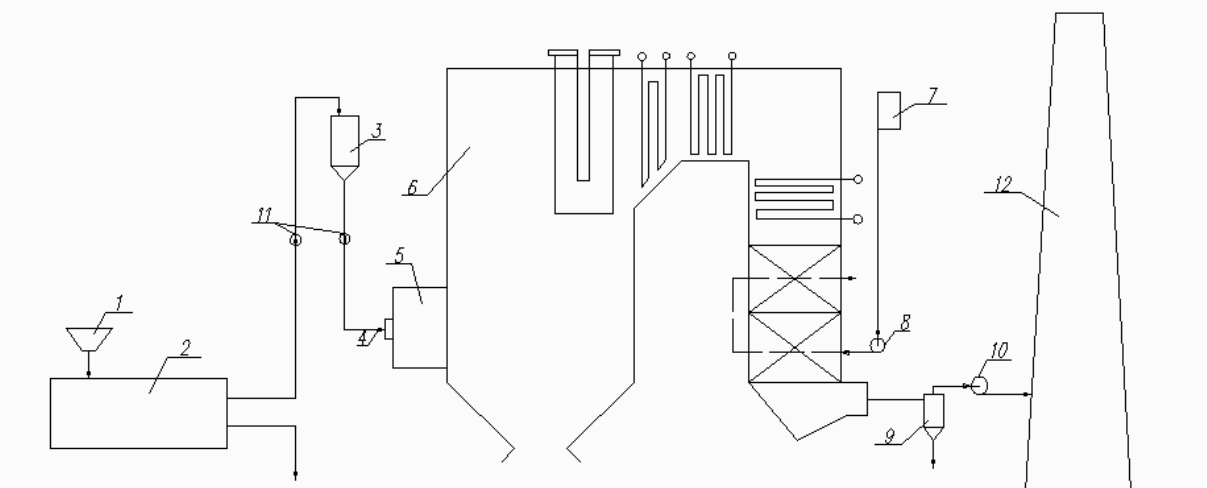
Широкое внедрение разработанного в России нового вида жидкого топлива из угля – водоугольного топлива (ВУТ) может служить основой эффективной замены дорогостоящих дефицитных экологически чистых природных энергоносителей (природного газа и нефти) на многих ТЭЦ и ГРЭС с минимальными капитальными затратами и с сохранением на требуемом уровне вредных выбросов в атмосферу.

В рамках данной работы был проведен анализ опыта приготовления и сжигания водоугольного топлива в России и за рубежом. На основе изученного материала была выбрана схема котельной установки для сжигания ВУТ на основе Кузнецкого газового угля, паропроизводительностью 210 т/ч, которая включает в себя:

- установку по приготовлению обогащенного ВУТ с применением селективного измельчения в гидродинамической мельнице;
- циклонный горизонтальный предтопок;
- котел П-образной компоновки с камерной топкой;
- систему подачи воздуха;
- систему очистки дымовых газов;
- систему отвода дымовых газов.

Также проведен конструктивный и тепловой расчет циклонного предтопка и камеры охлаждения, получены следующие результаты:

- объем циклонного предтопка  $V_{np} = 133 м^3$ ;
- количество предтопок на котел  $z_{np} = 2$ ;
- диаметр предтопка  $D_{np} = 3,8 м$ , длина  $H_{np} = 5,7 м$ ;
- объем камеры охлаждения  $V_{к.о.} = 489 м^3$ ;
- высота камеры охлаждения 15 м, ширина 9,52 м, ширина 4,48 м;
- полный расход топлива  $B = 18,7 кг/с$ ;
- коэффициент полезного действия  $\eta_k = 84,2\%$ ;
- адиабатическая температура горения  $\vartheta_a = 1554^{\circ}C$ ;
- температура газов на выходе из камеры охлаждения  $\vartheta_m'' = 1061^{\circ}C$ .



1 – бункер сырого угля; 2- установка по приготовлению ВУТ; 3-раздаточная емкость; 4- подвод ВУТ к форсункам вихревых горелок; 5-циклонный предтопок; 6- котел; 7-забор холодного воздуха; 8-дутьевой вентилятор; 9-золоуловитель; 10-дымосос; 11- насосы для перекачки ВУТ; 12-дымовая труба

## Рисунок 1 – Схема котельной установки для сжигания ВУТ

### Список литературы

1. Делягин Г.Н., Корнилов В.В., Кузнецов Ю.Д., Чернегов Ю.А. Совершенствование водоугольного топлива и перспектива его применения // Приложение к научно-техническому журналу «Экономика топливно – энергетического комплекса России». М.: ВНИИОНГ, 1993. 31с.
2. Овчинников Ю.В., Цепенюк А.И., Шихотинов А.В., Татарникова Е.В.. Исследование воспламеняемости твердых топлив и ИКЖТ. // Доклады АН ВШ РФ № 1(16). Новосибирск, 2011.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др., М., «Энергия», 1973. 296 с. с ил.

### ОПЫТНОЕ СЖИГАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ НА УСТАНОВКЕ МЕХАНОТРОН

Арюшкин А.Ю. – студент группы КиРС-82, руководитель - Е.В. Красуцкий,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На специально созданном стенде выполнено исследование поведения топлив в процессе горения. Данная установка позволяет фиксировать массу частицы, температуру печи, динамику сушки, выхода летучих, выгорания растительных отходов. В результате экспериментов получены графические зависимости изменения массы горящей частицы от времени пребывания её в зоне высоких температур, и скорости выгорания.

Достаточно широкое распространение в ряде стран получило использование древесной биомассы в системах централизованного теплоснабжения. Станции централизованного теплоснабжения, сжигающие древесную щепу, создаются с целью замещения мазутных или угольных станций, соединенных с существующими теплосетями, или как новые станции и теплосети (так называемые «урбанизационные» проекты). Котлы для сжигания древесной щепы на станциях централизованного теплоснабжения проектируются для производства тепла в диапазоне мощности от 1 до 10 МВт, со средним значением 3,5 МВт.

На тепловых станциях, сжигающих древесную щепу, влажность ее составляет обычно 40-50%. На тепловых станциях конденсационного типа зачастую не требуется дополнительного оборудования для очистки продуктов сгорания. Затраты на установку системы конденсации соответствуют стоимости системы очистки (например, тканевого фильтра). В качестве примера может служить датская тепловая станция Allingabro, обслуживающая 350 потребителей, подсоединенных к тепловой сети. Сырьем для прямого сжигания служит древесная щепа, расход которой составляет 4 тыс. т/год (влажность 40%). Комбинация использования высоковлажного сырья и системы конденсации продуктов сгорания обеспечивает высокий КПД работы установки, который достигает 104%. Очистка дымовых газов происходит частично в мульти-циклоне, частично—в конденсационной системе. Общая мощность станции составляет 3,3 МВт, из них 0,8 МВт дает система конденсации ПС. Конденсат после нейтрализации сливается в городскую канализацию.

Котельные установки, сжигающие древесную биомассу, могут использоваться для отопления отдельных зданий или группы зданий, а также функционировать на промышленных предприятиях для выработки тепла и технологического пара. Типичная котельная для сжигания древесной щепы строится вокруг твердотопливного котла. Системы котельной являются высокоавтоматизированными. Например, загрузка топлива из хранилища на решетку осуществляется посредством управляемого компьютером крана.

Почему вообще выгодно использовать биомассу в качестве топлива? Общеизвестны два варианта ответа: есть причины экономические и экологические. Экология особенно важна для западных потребителей, однако в России лишь немногие «продвинутые» производители

энергии – будь то частное лицо, обогревающее свое жилище, предприятие, отапливающее свои производственные и административные помещения, или крупная муниципальная котельная – задумываются об экологии.

Для всех потребителей очень важным является вопрос экономики. Последние расчеты и анализ цен на основные виды топлива показывают, что биомасса во многих случаях превосходит традиционные виды топлива (не только дрова и уголь, но и жидкое топливо – дизель и мазут) по экономике использования.

Конечно, при этом необходимо смотреть не на цену 1 тонны топлива, а на стоимость 1 кВт энергии, произведенного при использовании этого топлива.

Топливо	Теплотворность, кВт•час/кг	КПД, %	Цена топлива, евро/тонна	Стоимость тепла, евро/кВт•час
Мазут	10,81	65	133	0,019
Дизельное топливо	11,63	80	250	0,027
Уголь	4,65	50	45	0,019
Электричество		95		0,033
Дрова	1,45	40	12	0,021
Щепа	2,0	60	19	0,016
Опилки	0,81	50	6,5	0,016
Гранулы	4,8	85	90	0,022

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ТОПОЧНОГО ОБЪЕМА КОТЛА КВМ-5,0 МОЩНОСТЬЮ 5,8 МВТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FLOW SIMULATION

Астахов П.И. – студент группы КиРС-82, руководитель - Е.В. Красуцкий, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Моделирование представляет собой один из основных методов познания, является формой отражения действительности и заключается в выяснении или воспроизведении тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений, либо с помощью абстрактного описания в виде совокупности уравнений, алгоритмов и программ.

В работе рассмотрены:

- классификация видов моделирования;
- методика построения твердотельных объектов в программе SolidWorks;
- построена программная модель топочного объема котла;
- выбрано оптимальное расположение сопел вторичного дутья;
- изучена методика моделирования течения газов с помощью пакета Flow Simulation;
- смоделирована аэродинамика топочного объема;
- смоделированы аварийные ситуации при работе котла;
- произведен анализ полученных результатов.

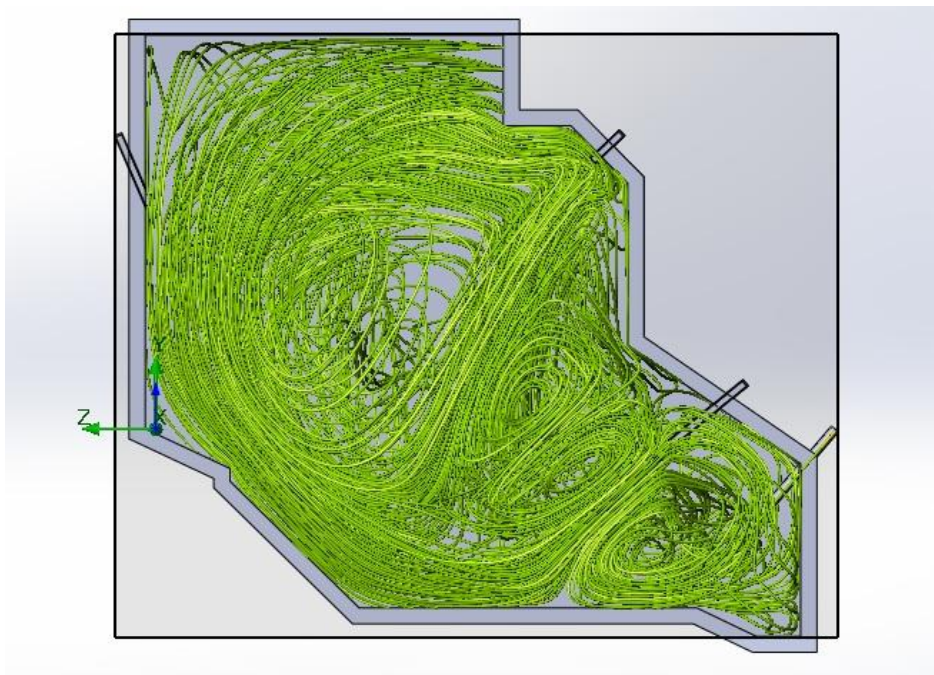


Рисунок 1 – моделирование траекторий частиц в Flow Simulation

### **Сравнение и анализ путей повышения КПД газотурбинных установок**

Казанцева Г.С. - студент гр. КиРС-81, руководитель Лихачева Г.Н.- доцент КиРС, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время наиболее привлекательным направлением создания новых энергетических установок являются газотурбинные технологии. Внедрение высокоманевренных газотурбинных установок с высоким коэффициентом полезного действия позволит решить проблемы экономии энергетических ресурсов, регулирования мощности и создания системы экологической безопасности.

В мире с использованием газотурбинных установок (ГТУ) вырабатывается более 20% электроэнергии, и эта доля постоянно увеличивается. Электрический КПД современных ГТУ составляет 35-40%. В мощных установках имеется возможность комбинированного, комплексного использования газовых и паровых турбин. Это позволяет существенно повысить эффективность электростанций, увеличить электрический КПД до 60%.

Газотурбинные установки отличаются высокой надежностью. Поставщики современных газовых турбин осуществляют последующий капитальный ремонт узлов без транспортировки на завод-изготовитель, что существенно снижает затраты на обслуживание агрегатов. Преимуществом ГТУ является длительный ресурс: полный – до 150 000 часов, до капитального ремонта – 30 000-60 000 часов.

В настоящее время газотурбинная установка может достигать КПД на уровне 28-42%. Основными показателями ГТУ являются:

- мощность базовой ГТУ ;
- состав оборудования (от моноблоков до полиблоков);
- схема утилизационного контура (от схемы с одним значением давления до трех значений с промперегревом);
- удельные капиталовложения;
- Выбросы  $\text{NO}_x$ .

Перспективные технологии ТЭС на природном газе, ориентированные на применение в большой энергетике, наиболее интенсивно развиваются по трем основным направлениям:

- высокотемпературные газотурбинные установки (ГТУ);

- комбинированные или парогазовые установки (ПГУ), сочетающие газотурбинный и паротурбинный циклы;
- высокотемпературные топливные элементы;
- гибридные установки на основе сочетания.

Исходные данные для расчета:

Температура воздуха  $T_a = 1405K$ ,

Давление воздуха  $P_a = 0,216МПа$ ,

Температура газов перед турбиной  $T_c = 1219K$ ,

Мощность ГТУ на муфте  $N_e = 3.5МВт$ ,

Внутренний КПД турбины  $\eta_m = 0,87$ ,

Адиабатический КПД компрессора  $\eta_k = 0,87$ ,

КПД камеры сгорания  $\eta_{kc} = 0,99$ ,

Температура воздуха перед компрессором  $T_1 = 283K$ ,

Топливо: природный газ, газопровод Уренгой-Сургут-Челябинск.

### ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 7,5 МВТ ДЛЯ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА С ТРЕМЯ КОТЛАМИ КВМ-2,5КБ

Маношкин Д.В. – студент гр.КиРС-81, руководитель Жуков Е.Б.- КиРС,

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

Блочная модульная котельная в настоящее время является одним из самых покупаемых средств теплового обеспечения жилья. Несмотря на то, что блочно-модульная котельная не относится к дешевым товарам, она с лихвой восполняет этот недостаток качеством и бесперебойностью работы. Кроме этого, модульная котельная проста в эксплуатации, не требует для этого наличия специальных знаний.

Одним из важных факторов популярности блочных котельных является желание приобрести независимую от центральных тепловых сетей систему отопления, которую в необходимый момент можно быстро перевести с одного вида топлива на другой. Котлы малой и средней мощности, которые используются в модульных котельных, не привередливы к качеству топлива.

В результате выполнения научной работы разработан эскизный проект модульной котельной мощностью 7,5 МВт. В качестве котлоагрегата использовано 3 котла КВМ-2,5КБ с вихревым топочным устройством, сконструированных на базе котла КВМ-2,5КБ с топкой типа «шуряющая планка» для сжигания низкосортного угля.

Вихревая топка имеет преимущество перед слоевыми или факельными топками – возможность стабильного сжигания низкокачественных низкокалорийных, высокочольных и высоковлажных измельченных углей. Вихревая топка имеет ступенчатую схему подачи дутья, высокую степень удержания частиц и благодаря этому обладает более высокими экологическими показателями по выбросам CO, NO<sub>x</sub> и SO<sub>2</sub> в атмосферу. Кроме того, идеальное перемешивание и пониженные температуры горения топлива гарантируют безшлаковочную работу топочных экранов и конвективных поверхностей нагрева. Благодаря этому топка экономична, обеспечивает надежную механическую шуровку горящего слоя и выгрузку шлака.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ ПРИ СЖИГАНИИ ВУТ

Охременко В.С., - студент гр. КиРС-82, 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, напротив, позволит максимально выгодно и рационально использовать имеющиеся в распоряжении топливные ресурсы.

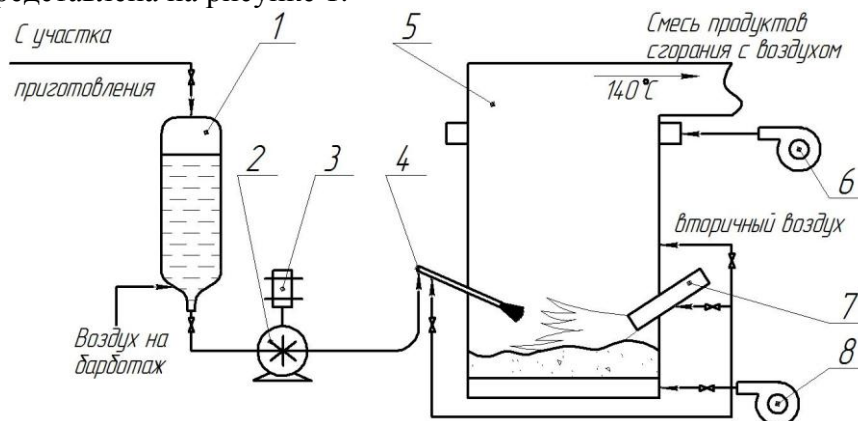
Сегодня много говорят о расширении использования альтернативных, возобновляемых, нетрадиционных источников энергии – но все это перспективные источники, а в практическом плане необходимо сосредоточиться на традиционных источниках и, в первую очередь, на полномасштабном возвращении в энергетику угля.

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.

Приведена методика расчета теплообмена в кипящем слое при сжигании ВУТ. Схема сжигания ВУТ представлена на рисунке 1.



1 – расходный бак; 2 – винтовой насос; 3 – вариатор; 4 – форсунка ВУТ; 5 – печь с топкой кипящего слоя; 6 – вентилятор смешительный; 7 – горелка розжига; 8 – вентилятор подачи воздуха на горение.

Рисунок 1 – Схема сжигания ВУТ

## СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ AUTOCAD 2010 И AUTODESKINVENTOR ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Мацкевич И.В. - студент гр. КиРС-82, руководитель - Красуцкий Е.В.,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современные системы твердотельного моделирования – это CATIA, AutodeskInventor, Unigraphics, SolidWorks, T-FLEX, КОМПАС. Их объединяет:

- дружелюбный интерфейс с пользователем,
- свобода в выборе методов проектирования,
- способность параметрического задания взаимосвязанных размеров проектируемых изделий,
- системы имеют развитые средства для организации процесса параллельного проектирования деталей и узлов,
- жесткий контроль при проектировании, анализе и технологической проработке,
- передовые средства визуализации моделей,
- развитая интеллектуальная подсистема.

Различия в системах твердотельного моделирования:

- цена,
- наличие дополнительных библиотек,
- открытость архитектуры,
- интеллектуальная система привязок,
- удобство интерфейса,
- интегрированная поддержка ЕСКД.

### **Особенности системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor.**

Организована совместная работа над проектом.

Введено понятие «хранилище», которое представляет собой среду управления и хранения документов проекта. Содержит два основных компонента: реляционную базу данных и хранилище файлов.

В реляционной базе данных хранится информация о файлах: текущий статус файла, история изменений и свойства файла. За счет хранения информации в базе данных обеспечивается гибкое, но в тоже время надежное и высокопроизводительное управление взаимосвязями между файлами и историей их изменения.

Виртуальное хранилище файлов представляет собой иерархическую структуру папок, в которых находятся рабочие копии файлов, управляемых AutodeskVault. В хранилище копия каждой версии файла сохранена в хранилище файлов с использованием специальной конфигурации. Хранилище файлов считается закрытой системой. В совокупности база данных и хранилище виртуальное файлов создают пользователям все условия для плодотворной совместной работы над проектом.

AutodeskVault - это приложение типа «клиент-сервер». Позволяет управлять данными и доступом к ним. Оно предоставляет доступ к файлам пользователей и хранит информацию о статусе этих файлов, а также информацию о пользователях, имеющих разрешение вносить изменения в эти файлы и обновлять их. При внесении изменений в файлы сохраняется полный список версий изменений. Если работа выполняется с файлами, которые управляются хранилищем, вместо этих файлов используются их копии, которые извлекаются из хранилища. Невозможно редактировать файлы непосредственно в хранилище. Файл может быть получен одновременно только одним пользователем. После изменения файлов пользователи сдают их обратно на сервер.



# ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВМ-5,0КБ МОЩНОСТЬЮ 5МВт ДЛЯ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА

Цыкалов П. А. - студент гр. КиРС-82, руководитель - Жуков Е.Б.,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе рассмотрены основные способы сжигания низкосортных топлив для водогрейных котлов - это способ сжигания с применением многократной циркуляции топлива и способ с сжиганием в вихревых топочных устройствах. Проведен анализ конструкций водогрейных котлов.

Представлены образцы основных водогрейных котлов малой мощности (Котлы типа КВр, КВм-...КД, КВм- Д-Рн/Шп, ДЕ), в которых возможно сжигание низкосортных топлив. Приведены эскизы данных котлов и их характеристики.

На основе анализа сделан эскизный проект водогрейного котла КВм-5,0КБ мощностью 5,0 МВт для сжигания низкосортного топлива. Принята топка с многократной циркуляцией топлива, шурующей планкой, механизированной подачей топлива и шлакозолоудалением.

## Список литературы

1. Технический каталог НПО «Барнаульский завод котельного оборудования», 2008. – 121с.
2. Е.Б. Жуков, М.В. Каширских, Е.В. Красуцкий, И.Д. Фурсов, И.С. Якимова. Технология сжигания угля Мунайского разреза с применением многократной циркуляции топлива, Ползуновский вестник № 1-2. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – с 50-54
3. ЗАО ТЭП-ХОЛДИНГ, Референц-лист последних ключевых проектов Холдинга, 2007-2010. – Режим доступа: <http://www.tep-holding.ru/projects.php>
4. ЗАО НПП "ЭКОЭНЕРГОМАШ", Новые топочные процессы сжигания низкосортного твердого топлива, 2010. – Режим доступа: <http://www.ecoenergo.su/info/public/coal-exit-flying-more-20.htm>