

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ "ИСПЫТАНИЯ НАСОСА" ПО ДИСЦИПЛИНЕ "МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА"

Афанасьев В.С. – студент гр. КиРС-91, Меняев К.В. - ст. преподаватель КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Разработан и изготовлен стенд лабораторной установки, в качестве испытательного насоса выбран центробежный насос с номинальной мощностью 400Вт, объемной скоростью 2000 л/мин, КПД двигателя 76% и коэффициентом мощности 74%.

По проведенным испытаниям построены графики характеристик ($H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$), и тарировочный график производительности центробежного насоса.

Составлены методические указания к лабораторной работе по теме: "Построение характеристик центробежного насоса".

Описание лабораторной установки

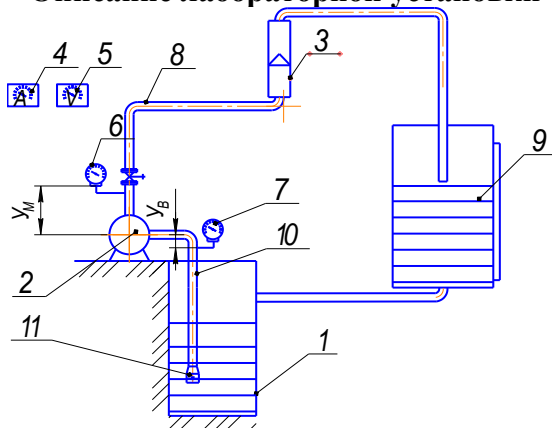


Рисунок 1- Схема стенда испытания насоса:

1 – резервуар; 2 – насос; 3 – ротаметр; 4 – амперметр; 5 – вольтметр; 6 – манометр; 7 – вакуумметр; 8 – напорный трубопровод; 9 – контрольный резервуар; 10 – всасывающий трубопровод; 11 – счетчик воды;

11 – приемный клапан на всасывающем трубопроводе.

Приводом насоса служит асинхронный электродвигатель, для определения мощности которого используются амперметр и вольтметр. Подача насоса регулируется задвижкой на напорном трубопроводе и измеряется с помощью водного счетчика и секундомера. Показания вакуумметра и манометра используются для определения напора насоса.

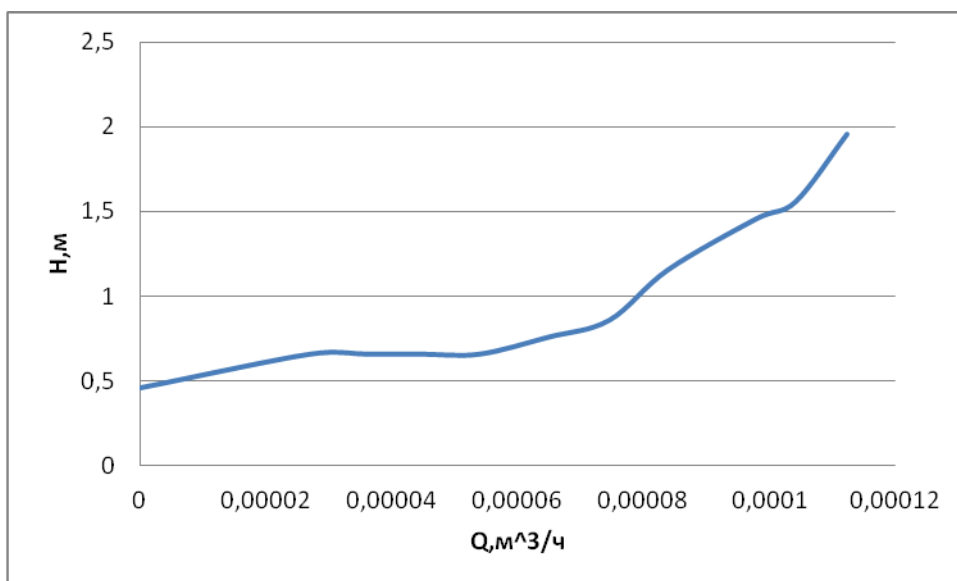
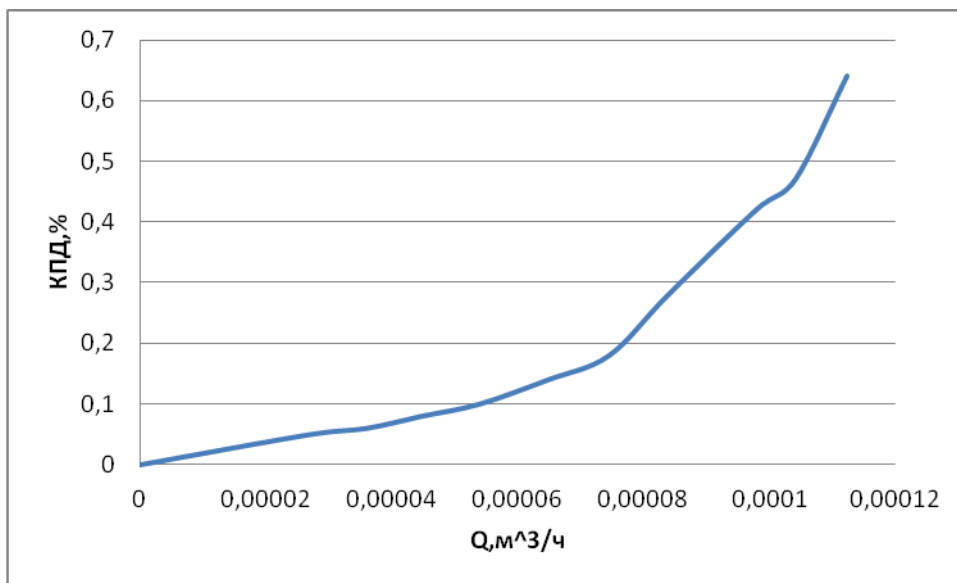
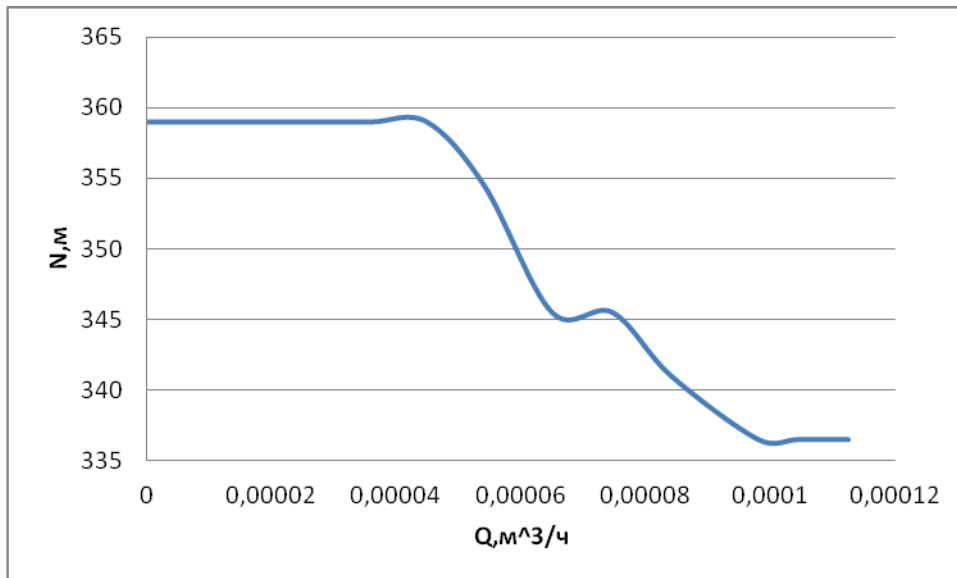


Рисунок 2- Характеристики насоса

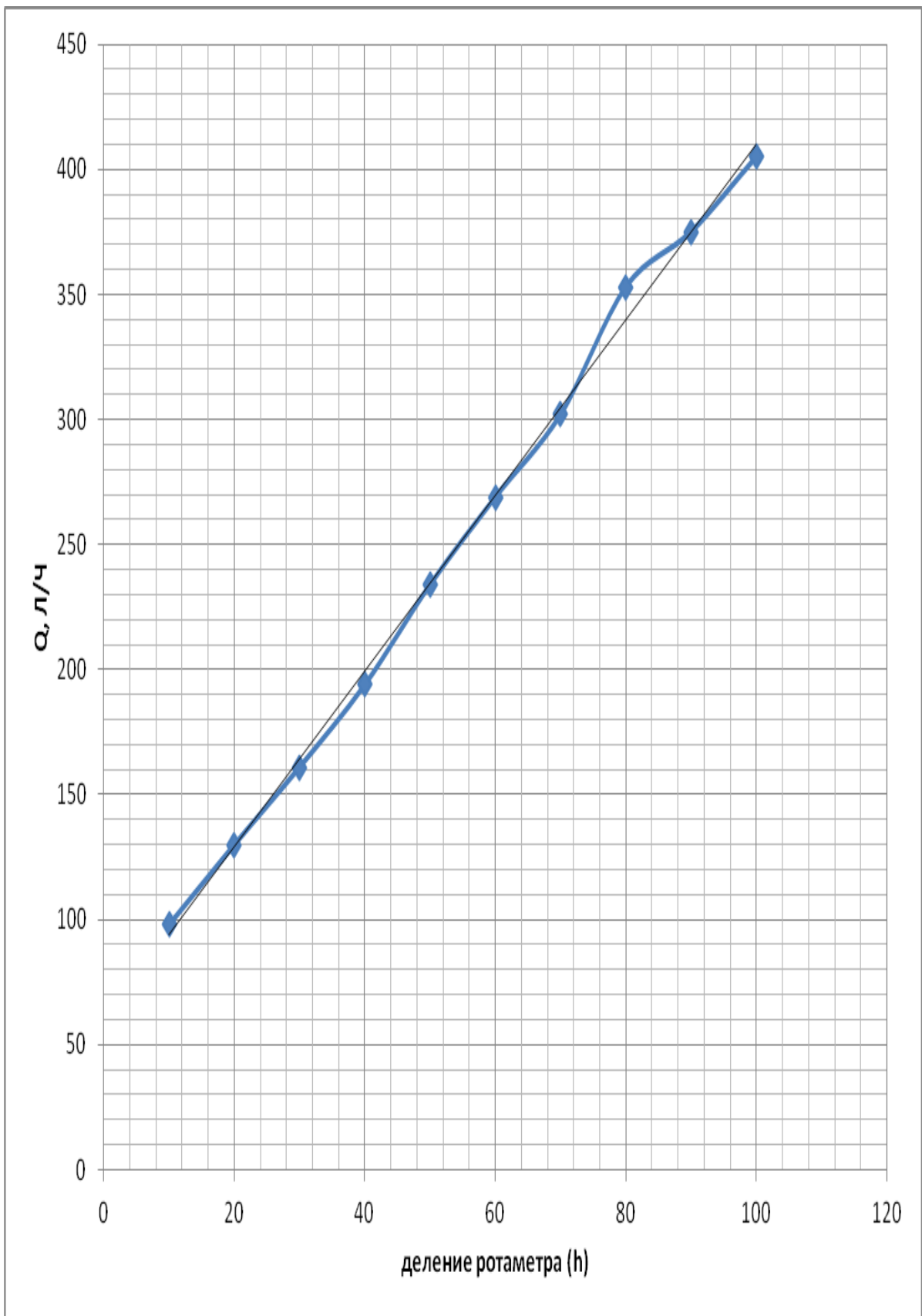


Рисунок 3- График градуировки ротаметра РМ-04Ж

Список литературы:

1. Гидравлика и гидропневмопривод: учеб.пособие/Федер.агентство по образованию. Моск.гос.индустр. ун-т/А.А.Шейпак/Ч.1 Основы механики жидкости и газа.- 4-е изд., стер.-2005.
2. Механика жидкости и газа: лаб. практикум [учеб.пособие по курсам "Механика жидкости и газа","Гидравлика и гидропневмопривод", "Гидрогазодинамика", "Гидроаэромеханика" для студентов, обучающихся по направлениям "Энергомашиностроение" и "Теплоэнергетике"]/А.М.Грибков и др.Моск.энергет.ин-т(техн.ун-т).-М.:МЭИ,2007.-59 с.,6 экз.
3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика.-М.:Машиностроение,1987.-440 с.,116 экз.

СЖИГАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ (ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА) В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Крысин И.П. – студент гр. КиРС-92, Меняев К.В. - к.т.н.

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

В данной учебно-исследовательской работе показана перспектива развития энергетического использования биомассы. В последние годы в мире возникла большая заинтересованность в использовании биомассы для выработки тепловой и электрической энергии, ее вовлечение в топливно-энергетический баланс регионов и стран в целом.

Об этом говорят многочисленные исследования в странах Европейского союза и США [1], направленные на выявление оптимальных путей использования биомассы в энергетике, а также в России. Интерес к широкому использованию биомассы определен следующими основными обстоятельствами:

1) экологическими, связанными с необходимостью решения, в том числе, глобальных климатологических задач;

2) необходимостью снижения потребления не возобновляемых источников энергии (газ, нефть, уголь), активно истощаемых в обозримом будущем, и заменой их возобновляемыми источниками.

Рассмотрен лабораторный анализ технической характеристики и свойства подсолнечной лузги.

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Значение
Теплота сгорания	Q_i^r	кДж/кг	16332
Влажность	W^r	%	10,05
Зольность	A^r	%	3,99
Количество серы	S^r	%	0,14
Количество углерода	C^r	%	45
Количество водорода	H^r	%	5,0
Количество кислорода с азотом	$(NO)^r$	%	40
Выход летучих на горючую массу	V^{daf}	%	72
Насыпная плотность	ρ	кг/м ³	120
Средняя скорость витания частиц	v	м/с	2,0
Теоретический объем воздуха	V_B^0	м ³ /кг	4,24
Теоретический объем паров воды	$V_{H_2O}^0$	м ³ /кг	0,89
Теоретический объем азота	$V_{N_2}^0$	м ³ /кг	3,35
Теоретический объем дымовых газов	V_{Γ}^0	м ³ /кг	5,03
Теоретический объем трёхатомных газов	$V_{RO_2}^0$	м ³ /кг	0,79

Представлены методы сжигания подсолнечной лузги, а также произведен анализ котельных установок. В качестве конкретного примера для реконструкции под сжигание лузги выбран котел КЕ-25-24 с параметрами:

- паропроизводительность $D_{н.п.}=25$ т/ч;
- давление насыщенного пара $P_{н.п.}=2,4$ МПа;
- температура питательной воды $t_{пе} = 100^{\circ}\text{C}$.

Основным нововведением было создание низкотемпературного вихря в топке [2].

Рассчитан тепловой баланс для реконструкции котла КЕ-25-24, который показал расчетный расход подсолнечной лузги для сжигания $V_p=4381$ кг/ч.

Список литературы:

1. Использование биомассы при производстве электрической энергии. Вихарев Ю.В. Экономия энергии ВИНТИ. 2002 №5 стр. 63-64.
2. Использование биомассы как возобновляемого источника. Нефедова Л.В. М.: НИА – Природа. 2001 с.167.
3. Перспективы развития малой энергетики на основе биомассы. Строит.матер.,оборуд., технолог.,21В . 2002, №5, стр.36 – 37.
4. Опыт использования биоотходов сельского хозяйства в качестве топлива в РФ. Масаев И.В. Энергосбережение и водоподготовка 2001№3 с.23 – 24.
5. Дипломный проект ДП 101.300.09.000 ПЗ; Д.А. Калягин, Барнаул, АлтГТУ, 2003 г.
6. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). / Под ред. Кузнецова Н.В. и др. - М.: Энергия, 1973.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НТВ ТОПКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ТОПИКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ

Муравьев Е. А. – студент гр. КиРС-92, Лихачева Г. Н. - к.т.н., доцент

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

При нынешнем состоянии теплоэнергетического комплекса России: физическое и моральное старение основного оборудования электростанций, недостаток средств на модернизацию, рост ремонтных затрат для поддержания работоспособности старого оборудования и т.п., помимо НТВ-схемы, ВИР-технология [2] не только позволяет снизить затраты на эксплуатацию станции, но и продлить ресурс оборудования на 5-10 лет. Модернизация котла обойдется значительно дешевле приобретения нового оборудования.

ВИР-технология является дальнейшим развитием и усовершенствованием НТВ-способа сжигания. Используя все преимущества НТВ-топки ЛПИ, ВИР-технология имеет и отличия. Кроме вихревой низкоэмиссионной зоны горения в нижней части топочной камеры, загруженной топливом и, потому, имеющей избытки воздуха ниже стехиометрического, над ней за счет дополнительного горелочного потока создается зона дожигания с избытком воздуха выше стехиометрического, что позволяет уменьшить механический недожег, который был в НТВ-технологии. Кроме того, специально разработанное низкоскоростное дефлекторное устройство нижнего дутья позволяет снизить скорость потока в топке и, тем самым, избежать эрозионного износа экранов при угрублении помола, что, как показал опыт, было одной из проблем НТВ способа. Многолетний опыт оправдал работоспособность ВИР-технологии. Исходя из сказанного, был проведен расчет конструкции топочной камеры по ВИР-технологии.

Рассмотрение расчета теплообмена и конструкции топки, показало, что особенности топочного процесса при этом учитываются уточнение ряда величин:

- полная поверхность стен F_{cm} рассчитывается с учетом поверхности стен всей холодной воронки, тогда как по нормативному методу учитывается только верхняя ее половина;

- коэффициент тепловой эффективности экранов ψ_{cp} может быть принят несколько больше нормативного, что продиктовано многолетним опытом эксплуатации;

- коэффициент M , учитывающий относительное положение максимума температур по высоте топки, рассчитывается по зависимостям предложенным в нормах теплового расчета с поправкой наклон горелок вниз;

При конструировании и, в последствии, расчета теплообмена в топке при сжигании бурого топлива получены температуры газов на выходе из топки, которые отличаются от полученных по нормативной методике

- $g''_m = 1013^{\circ}C$ - температура газов на выходе из топки рассчитанная по нормативной методике;

- $g''_m = 1115^{\circ}C$ температура газов на выходе из топки полученная по нормативной методике.

Различие температур составляет $102^{\circ}C$.

Список литературы:

1. Фурсов И. Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: учеб. пособие для студентов вузов / И. Д. Фурсов, В. В. Коновалов; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.- 2-е издание, перераб. и доп.– Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 266 с.: ил.

2. Рундыгин Ю.А., Григорьев К.А., Скудицкий В.Е. Низкотемпературная вихревая технология сжигания твердых топлив% опыт внедрения, перспективы использования // Всерос. науч.-технич. Семинар «Новые технологии сжигания твердого топлива: их текущее состояние и использование в будущем» (Москва, 23-24 янв. 2001 г.): Сб. докл.- М.: ВТИ, 2001.

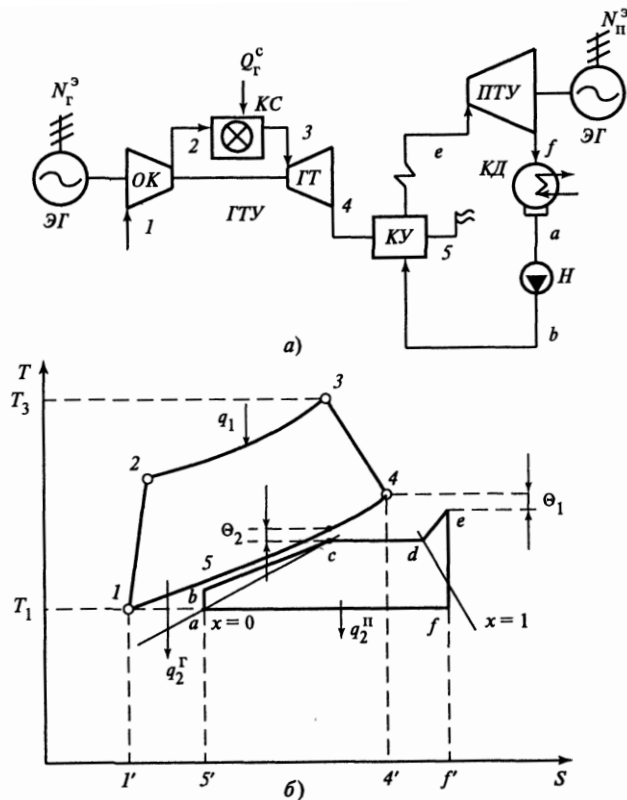
ВЫБОР СХЕМЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА МОЩНОСТЬЮ 100 МВт

Воробьинский А.С. – студент гр. КиРС-91, руководитель Лихачева Г.Н. – доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

К числу мероприятий, направленных на повышение экономичности тепловых электростанций, следует отнести развитие работ в области комбинированных циклов, в первую очередь парогазовых установок, позволяющих повысить к.п.д. цикла на 8% в зависимости от схемы подключения газовой турбины /1/. Комбинирование паро- и газотурбинных установок в одном тепловом цикле позволяет сочетать высокотемпературный (в ГТУ) подвод и низкотемпературный (в конденсаторе паровой турбины) отвод теплоты и в результате обеспечивает повышение термического КПД цикла, а следовательно, экономичности производства электрической энергии, особенно значительное при повышении начальной температуры газов в ГТУ /1/.

Простейшие комбинированные установки могут быть реализованы при использовании тепла отработавших в ГТУ газов для подогрева питательной воды и вытеснения вследствие этого паровой регенерации. Термодинамически они наименее эффективны (по сравнению со сбросной схемой здесь два потока уходящих газов, потери с которыми возрастают), однако практически весьма рациональны для модернизации действующих ТЭС: вследствие слабых технологических связей между паровой и газотурбинной частями облегчается компоновка ГТУ и выбор их типоразмеров; поскольку вытеснение паровой регенерации приводит к значительному повышению мощности паровых турбин, капитальные затраты, разнесенные на сумму газотурбинной и дополнительной паротурбинной мощности, оказываются небольшими /1/.

Рисунок 1 - Простейшая тепловая схема (а) и цикл Брайтона—Ренкина в T-S – диаграмме, (б) ПГУ с КУ.



Показатели ПГУ и эффективность использования газовых турбин в комбинированных циклах существенно зависят от параметров и показателей ГТУ. Повышение начальной температуры газов и совершенствование турбомашин, приводящие к повышению КПД ГТУ при автономной работе, при прочих равных условиях увеличивают долю газотурбинной мощности в комбинированных циклах. Это не только повышает КПД, но и снижает удельную стоимость всей ПГУ (растет ее мощность на единицу расхода газов, т.е. при тех же габаритах и массе).

Наиболее подходящим топливом для ПГУ является бессернистый природный газ, применение которого позволяет снижать температуры уходящих газов до экономически оптимального уровня (100–110 °С), не опасаясь низкотемпературной коррозии хвостовых поверхностей.

В настоящее время при температуре газов на входе в газовые турбины 1100–1500 °С и на выходе из них 500–600 °С термодинамически наиболее эффективны бинарные ПГУ со сжиганием всего топлива в газотурбинных камерах сгорания. Преимуществами их являются также простота схемы, легкость автоматизации, маневренность (следствие умеренных параметров пара), возможность комплектно-блочной поставки оборудования и сооружения за короткие сроки. Их единственный «недостаток» – невозможность эксплуатации без надежных, высокоэффективных газовых турбин, так как автономная работа паротурбинной части, доля мощности которой и экономичность невелики, нецелесообразна и обычно не реализуется [1].

Наибольшее распространение получили ПГУ с котлом-утилизатором (рис.1). В них выходные газы ГТУ направляются в котел-утилизатор, где значительная часть теплоты (процесс 4–5) передается пароводяному рабочему телу и генерируется перегретый пар, который поступает в паровую турбину.

Главной задачей при проектировании и производстве КУ является наиболее полное использование теплоты уходящих газов. Опираясь на этот факт, для дополнительной утилизации тепла в котле установлен газовый подогреватель конденсата. Схема установки представлена на рисунке 2.

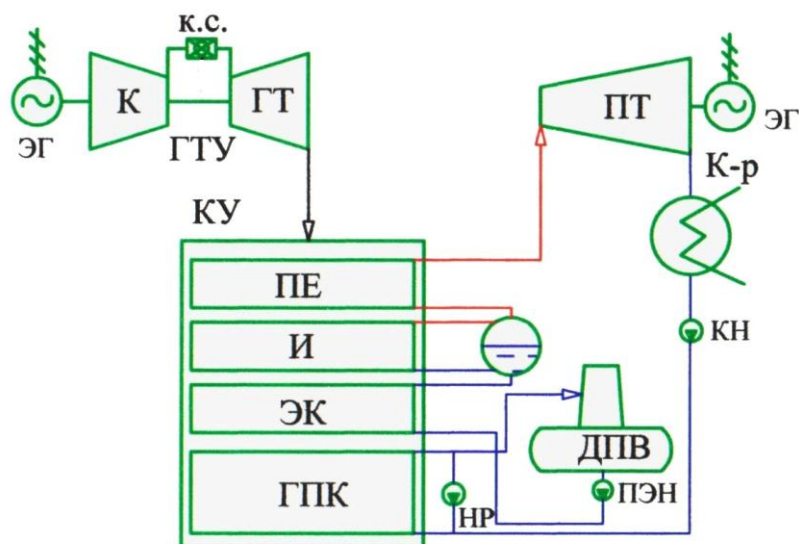


Рисунок 2 - Тепловая схема ПГУ с одноконтурным КУ.

Данные установки имеют большой опыт эксплуатации, высокие экономические показатели (КПД отпуска достигает 60%), имеют относительно простую схему организации рабочего процесса и высокую надежность. Одноконтурный КУ с ГПК позволяет более полно использовать тепло выходных газов ГТУ, что повышает экономичность установки в целом.

В состав основного оборудования установки входит энергетическая газовая турбина PG 6111FA мощностью 75 МВт производства фирмы General Electric (США), паровая теплофикационная турбина SST-300 мощностью 25 МВт (Siemens) и одноконтурный котел утилизатор /2,3/.

КУ выполняется горизонтальной компоновки. Это позволяет логически увязать расположение основного оборудования, избежать поворота газов на входе в котел, упростить конструкцию каркаса, избежав необходимости установки охлаждаемых подвесок для поверхностей нагрева, сделать более надежную систему крепления пакетов змеевиков за их коллекторы.

По итогам расчета параметров работы газотурбинных установок на основное топливо, определены показатели /4/:

- расход топлива на ГТУ - $B_m = 125,022 \text{ кг/с}$;
- коэффициент избытка воздуха в камере сгорания - $\alpha = 1,84$.

Список литературы

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Реймезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов – М.: Издательский дои МЭИ, 2009. – 584с.: ил.
2. Информационный материал сайта <http://energy.siemens.com>
3. Информационный материал сайта <http://site.ge-energy.com>
4. Жуков Е.Б. Расчёт тепловой схемы газотурбинной установки: Методические указания к расчетному заданию по дисциплине «Камеры сгорания ГТУ и спецкотлы» для студентов специальности 101300 – «Котло- и реакторостроение» / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 10 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ В КОТЛАХ МОЩНОСТЬЮ 3,0 МВт

Гаврин Н.С.- студент гр. КиРС-92, Внучков В.В.- студент гр. КиРС-91, Жуков Е.Б.-доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сегодня на предприятиях сельскохозяйственной промышленности образуется большое количество неликвидных отходов, которые уже непригодны для вторичной переработки. Например, перерабатывающие комбинаты вырабатывают значительное количество отходов, которые годятся в качестве топлива – лузга, полученная при отшелушивании. Использование топлива из овса 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 овсяных отходов в отвалах.

Современные котлы зачастую не приспособлены к эффективному сжиганию овсяных отходов. Топочные устройства, предлагаемые сегодня (шахтные топки, топки системы В.В. Померанцева), берут свое начало с середины прошлого века и серьезно устарели. Данные топки применимы в основном для влажной овсяной лузги, пыль шлифования и лузга в таких топках не горят. Кроме того, эти топки громоздки, дороги, сложны и имеют большой объем сложной обмуровки, низкие эксплуатационные характеристики, практически нерегулируемы и неуправляемы.

По этим причинам сегодня предприятия, особенно с учетом количественных и качественных изменений по размаху и глубине сельскохозяйственной промышленности, вынуждены для утилизации измельченных отходов приобретать дорогостоящую котельно-топочную технику за рубежом.

В последние годы для сжигания сельскохозяйственных отходов применяются вихревые топки [1].

Основные преимущества вихревых топок на базе котла КВМ-3.0 ДВО:

- Эффективное сжигание легких парусных топлив,
- Снижение химического и механического недожога топлива,
- Высокий уровень экологических показателей,
- Относительная простота и невысокая стоимость.

Сжигание лузги в вихревых топках является очень перспективной технологией, так как позволяет эффективно сжигать легкое парусное топливо при относительно небольших затратах, при этом решая проблему утилизации сельскохозяйственных отходов.

Таким образом, организация, поставившая котел КВМ3-0 ДВО, который работает на лузге, экономит на дорогостоящем и истощаемом топливе, таком, как уголь или газ.

Список литературы:

1. Тепловой расчет паровых котлов (нормативный метод), 1998г.
2. Фурсов И.Д., Конструирование и тепловой расчет паровых котлов; Учебное пособие для студентов вузов, 2012.
3. Хзмалян Д.М. Теория горения и топочные устройства.- М.: Энергия, 1976.
4. Научно- технические журналы по Энергетике.
5. Вихревые топки для сжигания лузги.- URL <http://www.ekovortex.ru>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОТЛА В СИСТЕМЕ MATLAB

Копань А. В. – студент гр. КиРС-91, Грин В. М. - доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Система автоматического регулирования котельных установок обеспечивает изменение производительности установки при сохранении заданных параметров (давления и температуры пара) и максимального КПД установки. Кроме того, повышает безопасность, надежность и экономичность работы котла, сокращает количество обслуживающего персонала и облегчает условия его труда.[1]

Среди основных систем автоматического регулирования котла можно выделить:

- автоматическое регулирование процесса горения,
- регулирование питания водой,
- автоматическая система регулирования температуры перегрева пара,
- регулирование непрерывной продувки,
- регулирование пылесистем.

Компьютерное моделирование систем автоматического регулирования котельных агрегатов целесообразно по следующим причинам:

- математическая модель позволяет выполнить оптимальный проект системы автоматического регулирования за счет многократных расчетов;
- позволяет моделировать в широком диапазоне параметров, что на реальном оборудовании является небезопасным и зачастую не возможным;
- компьютерное моделирование позволяет создать компьютерные тренажеры для подготовки персонала.

Моделирование представляет собой процесс замещения объекта исследования некоторой его моделью и проведение исследований на модели с целью получения необходимой информации об объекте.[2]

Математическое моделирование позволяет посредством математических символов и зависимостей составить описание функционирования технического объекта в окружающей внешней среде, определить выходные параметры и характеристики, получить оценку показателей эффективности и качества, осуществить поиск оптимальной структуры и параметров объекта. Применение математического при проектировании в большинстве случаев позволяет отказаться от физического моделирования, значительно сократить объемы испытаний и доводочных работ, обеспечить создание технических объектов с высокими показателями эффективности и качества. Одним из основных компонентов системы проектирования в этом случае становится математическая модель.

Для осуществления вычислительного эксперимента на ЭВМ необходимо разработать алгоритм реализации математической модели. Формализация процесса проектирования на основе математического моделирования позволяет его автоматизировать. Одним из основных компонентов системы автоматизированного проектирования является математическое обеспечение, включающее математические модели объектов проектирования и их элементов, методы и алгоритмы выполнения проектных операций и процедур.[2]

Компьютерное моделирование систем автоматического регулирования удобно проводить в системе MATLAB, которая в надстройке Simulink имеет необходимые математические модели и соответствующим им графические символы.

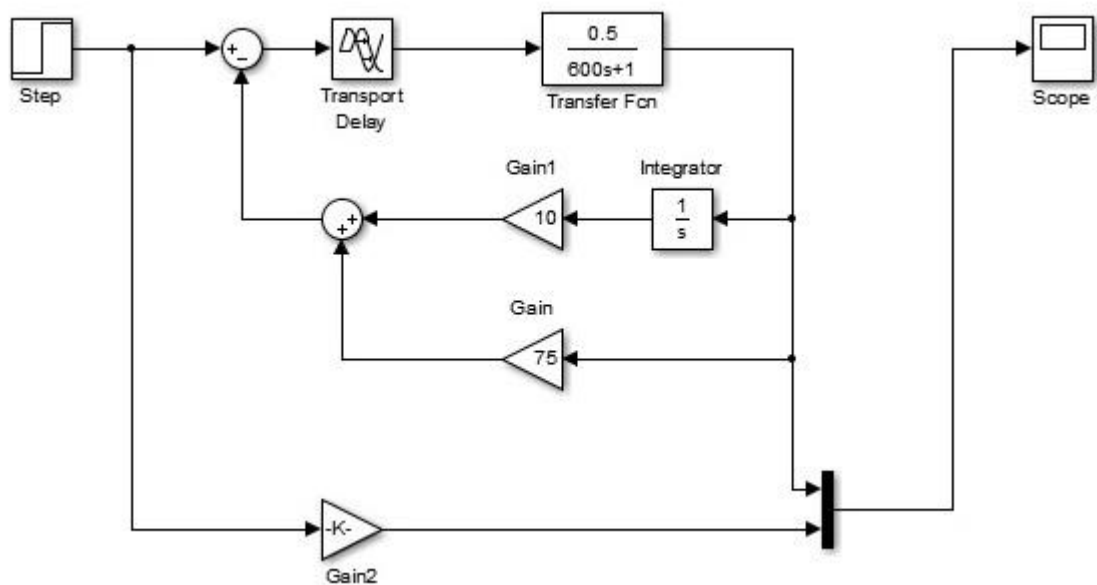


Рисунок 1 - Структурно-математическая схема расчета переходного процесса по возмущению со стороны регулирующего органа в программном продукте Simulink

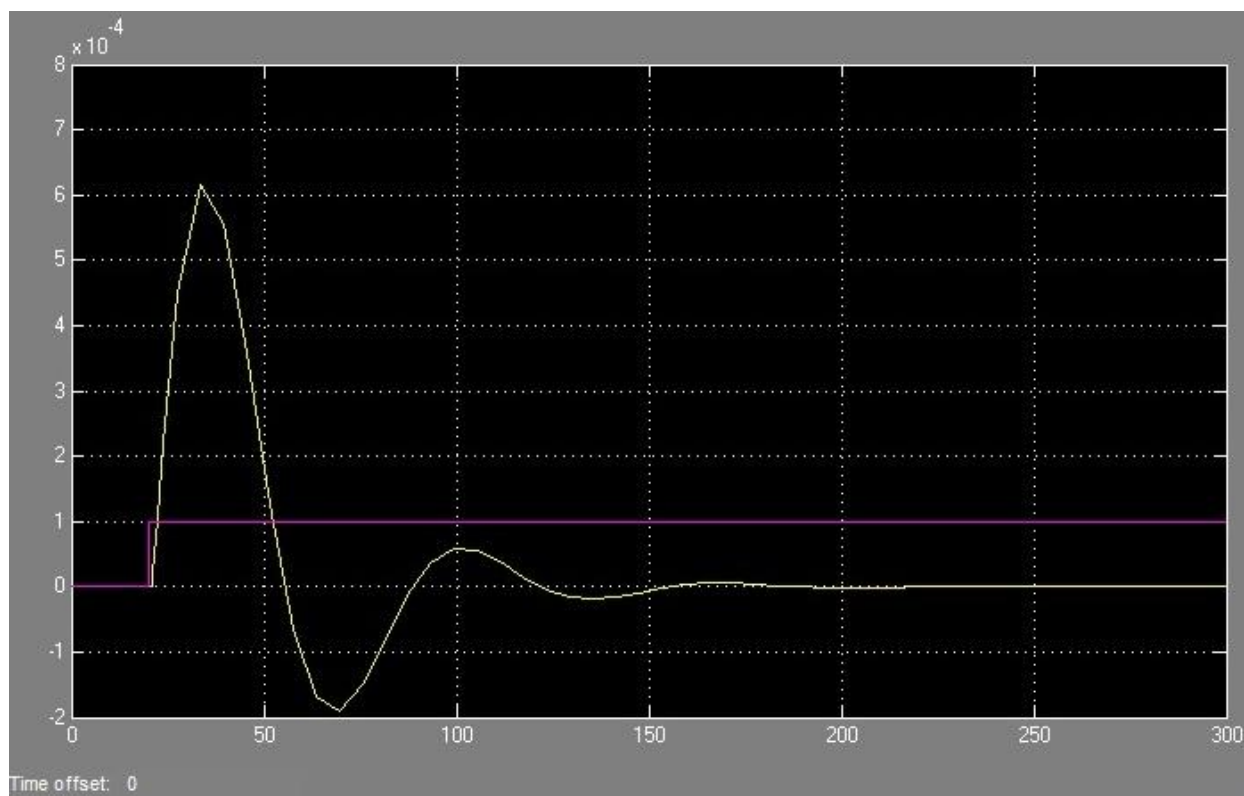


Рисунок 2 - Переходная характеристика САУ с ПИ – регулятором

Список литературы:

1. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций. Изд-во МЭИ, 1995г. – 368с.
2. Лазарев Ю.А. Моделирование процессов и систем в Matlab. Спб, 2005г. - 512с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА КОЛЛЕКТОРОВ ОТ ДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК В ОПОРАХ И ПОДВЕСКАХ

Чепуштанов Р.В.– студент гр. КиРС-92, руководитель Грин В. М. - доцент КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Расчеты на прочность являются неотъемлемой частью процесса конструирования энергетических котлов. Методическую основу прочностных расчетов составляют положения нормативных методов и написанных на их основе учебных пособий [1-3].

В рамках данной работы разработан алгоритм, написано программное обеспечение расчета на прочность коллектора от действия нагрузки в опорах и подвесках. Программа представляет собой книгу EXCEL с набором страниц, содержит листы с исходными данными, справочной информацией, модулем расчета.

Результаты тестирования показали, что расхождение результатов ручного и машинного расчета составляет 2,65%.

Список литературы:

1. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды РД 10-249-98, Госгортехнадзор, 2001.
2. Грин В.М. Система автоматизированного проектирования коллекторов энергетических котлов: методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 140502 «Котло- и реакторостроение. – Барнаул, изд-во АлтГТУ, 2011.
3. ОСТ 34-42-723-85 Сборочные единицы и детали подвесок стационарных трубопроводов ТЭС, АЭС и пылегазовоздухопроводов ТЭС. Типы и основные параметры, 2001.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ НА АЭРОДИНАМИКУ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Чернов А.В. – студент гр. КиРС-91,
Меняев К.В. - старший преподаватель кафедры КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Главной задачей научно – исследовательской работы является исследование влияния крупных частиц на работу кипящего слоя. Актуальность данного вопроса заключается в том, что влияние крупных частиц на псевдооживление крайне отрицательно и мало изучено. Крупные частицы могут попадать вместе с топливом, они могут образовываться в самом слое в результате спекания отдельных частиц.

Работа состояла из нескольких этапов:

- 1) Проведение наладочных работ, в ходе которых была сделана проверка наличия всех необходимых для проведения эксперимента приборов и материалов;
 - установлены U-образники и микроанометр;
 - тщательно осмотрена и прочищена газораспределительная решетка;
 - подготовлен материал (песок) необходимой фракции и крупные частицы (гравий).
- 2) Проведение самого эксперимента, методика которого описана ниже; обработка экспериментальных данных.

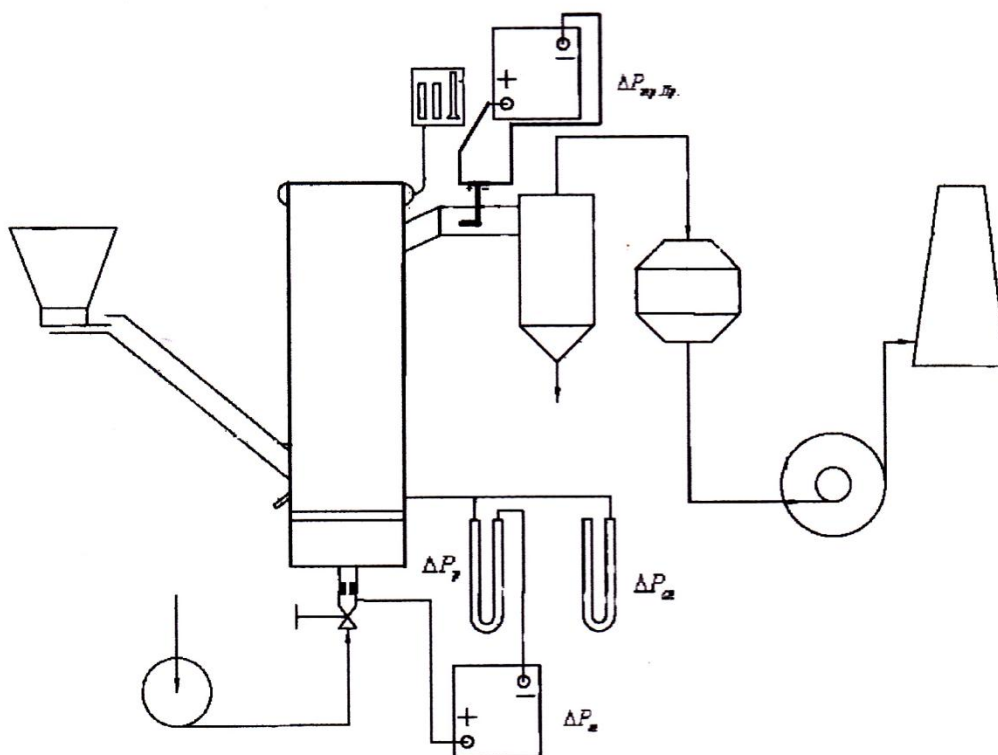


Рисунок 1 – Схема измерений на огневом стенде FB-2

После сборки установки по схеме, представленной на рисунке 1, проводилось контрольное измерение сопротивлений слоя ($\Delta P_{сл}$), решетки ($\Delta P_{р}$) и шайбы ($\Delta P_{ш}$) без слоя. Показания сопротивлений слоя и решетки фиксировались на U-образниках в Па, а показания сопротивления шайбы – на микроманометре в кгс/см². В качестве материала для проведения опыта использовался песок с размером частиц 0,2-4,9 мм и плотностью 2640 кг/м³, а в качестве крупных частиц – гравий. После продувки пустой решетки засыпался песок, высота получившегося слоя $H_0=200$ мм, масса слоя $m_{сл}=4,5$ кг. С таким слоем фиксировались показания сопротивления слоя ($\Delta P_{сл}$), решетки ($\Delta P_{р}$) и шайбы ($\Delta P_{ш}$). После ожигения слоя и снятия всех необходимых его характеристик в слой добавлялись крупные частицы. Концентрация частиц составляла 5, 20, 50%. При этом высота и масса слоя оставались неизменными, т.е. какая масса крупных частиц вводилась в слой, такую массу песка сливали из слоя. Это делали для исследования поведения крупных частиц в слое и их влияние на гидродинамику слоя при равных режимных параметрах (высота слоя $H_0=200$ мм, масса слоя $m_{сл}=4,5$ кг).

По результатам экспериментов построена обобщенная гидродинамическая характеристика, представленная на рисунке 2. На данном графике видно, что при увеличении концентрации крупных частиц из гравия увеличивается сопротивление слоя. Это объясняется тем, что насыпная кажущая плотность частиц из гравия ($\rho_k = 2525$ кг/м³), больше плотности самого песка ($\rho_k = 1818$ кг/м³).

Анализируя график, приведенный на рисунке 3, можно сделать вывод, что наблюдается увеличение сопротивления решетки с увеличением концентрации крупных частиц. Это вызвано тем, что сначала ожигается мелкая фракция, а крупные частицы лежат на решетке, создавая дополнительное сопротивление.

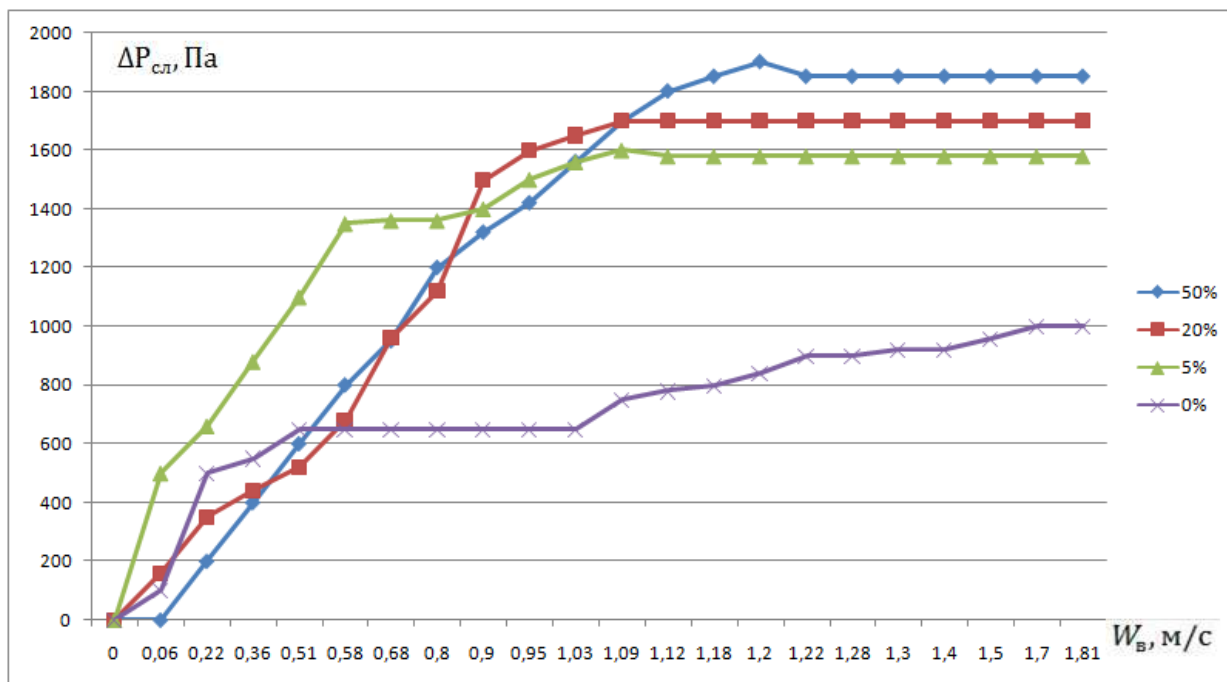


Рисунок 2 – График зависимости сопротивления слоя от скорости воздуха.

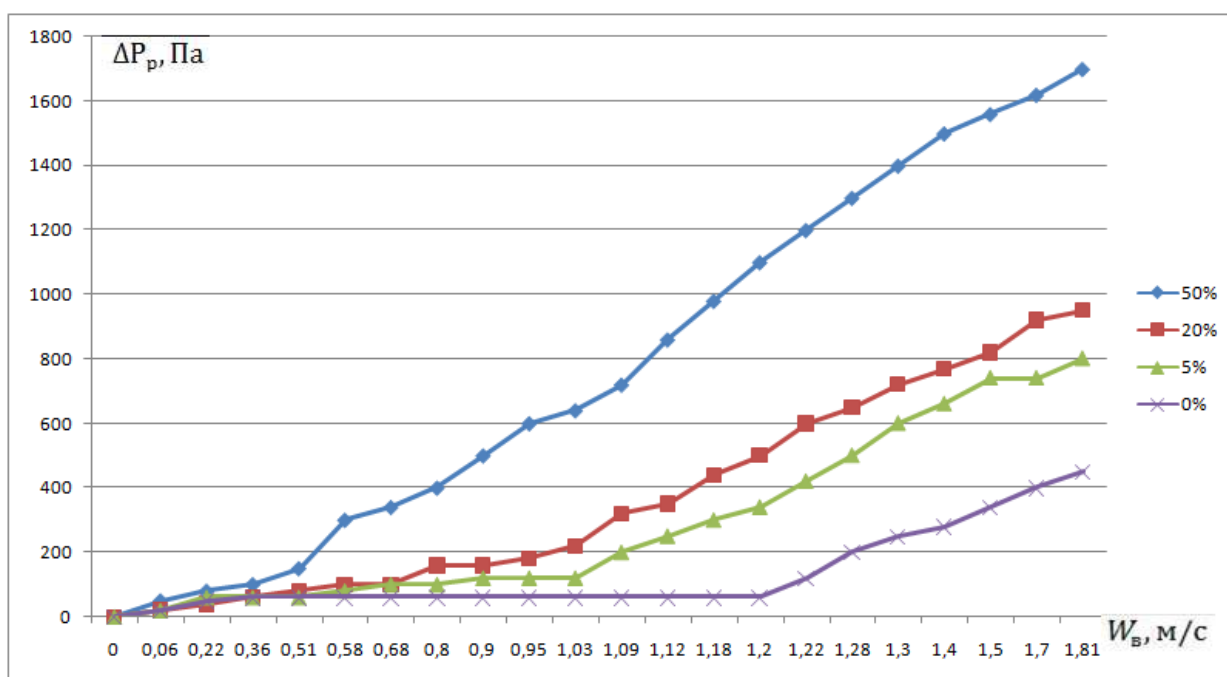


Рисунок 3- График зависимости сопротивления решетки от скорости воздуха

В результате проведенных исследований можно сделать вывод: следует применять средства удаления, вывода крупных частиц из кипящего слоя.

Список литературы:

1. Научно-технические журналы по Энергетике
2. Баскаков А.П. Котлы и топки с кипящим слоем, 1995 г.
3. Гельперин Н.И. Основы техники псевдооживления, 1967г.
4. Айнштейн В.Г. Псевдооживление, 1991г.

ОСНОВНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛА КВ-35-150 НА СЖИГАНИЕ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Гордиенко В.Н. – студент гр. КиРС-92, Пронь Г.П. – 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. [2]

Особо перспективна технология сжигания топлив в низкотемпературном кипящем слое. Стремление к низкотемпературному сжиганию объясняется принципиальной возможностью снижения вредных выбросов в дымовых газах, по сравнению с широко применяемыми высокотемпературными процессами горения. [1]

Значительная часть угольных котельных укомплектована котлами малой мощности со слоевыми топками в основном с ручным обслуживанием и не имеет механизации топливоподачи и шлакозолоудаления. Работа эксплуатационного персонала характеризуется значительной трудоемкостью и недопустимыми санитарно-гигиеническими условиями (повышенной загазованностью и запыленностью котельного зала). Кроме того, сжигание в котлах со слоевыми топками рядовых низкосортных углей сопровождается значительными потерями теплоты от механического недожога более 30% и, как следствие, низким значением КПД (не более 50-60%). Наконец, угольные котельные характеризуются неудовлетворительными экологическими показателями с повышенным содержанием сажи, золы, окислов серы и азота в дымовых газах. [1]

Изложенное предопределяет актуальность проблемы реконструкции существующих угольных котельных с котлами малой мощности. Реконструкция угольных котельных представляет сложную проблему, связанную с необходимостью решения комплекса научно-технических, производственных и инвестиционных задач. [1]

Направление ориентировано на технологию сжигания твердого топлива в низкотемпературном 'кипящем слое' (НТКС). Технология низкотемпературного 'кипящего слоя' предусматривает горение твердого топлива в слое инертного материала (кварцевый песок, шамотный порошок, зола топлива и др.), обладающего большой теплоаккумулирующей способностью. Это, совместно с отбором теплоты в погружных поверхностях нагрева, обеспечивает поддержание температуры горения топлива в пределах 800-900°C с образованием в качестве очаговых остатков только летучей золы без каких-либо шлаковых спеков. Технология требует жесткого соблюдения указанного температурного режима, фракционного состава топлива с крупностью кусков не более 13-15 мм и влажности не более 20%. [1]

Общий вид котла КВ-35-150КС представлен на рисунке 1.

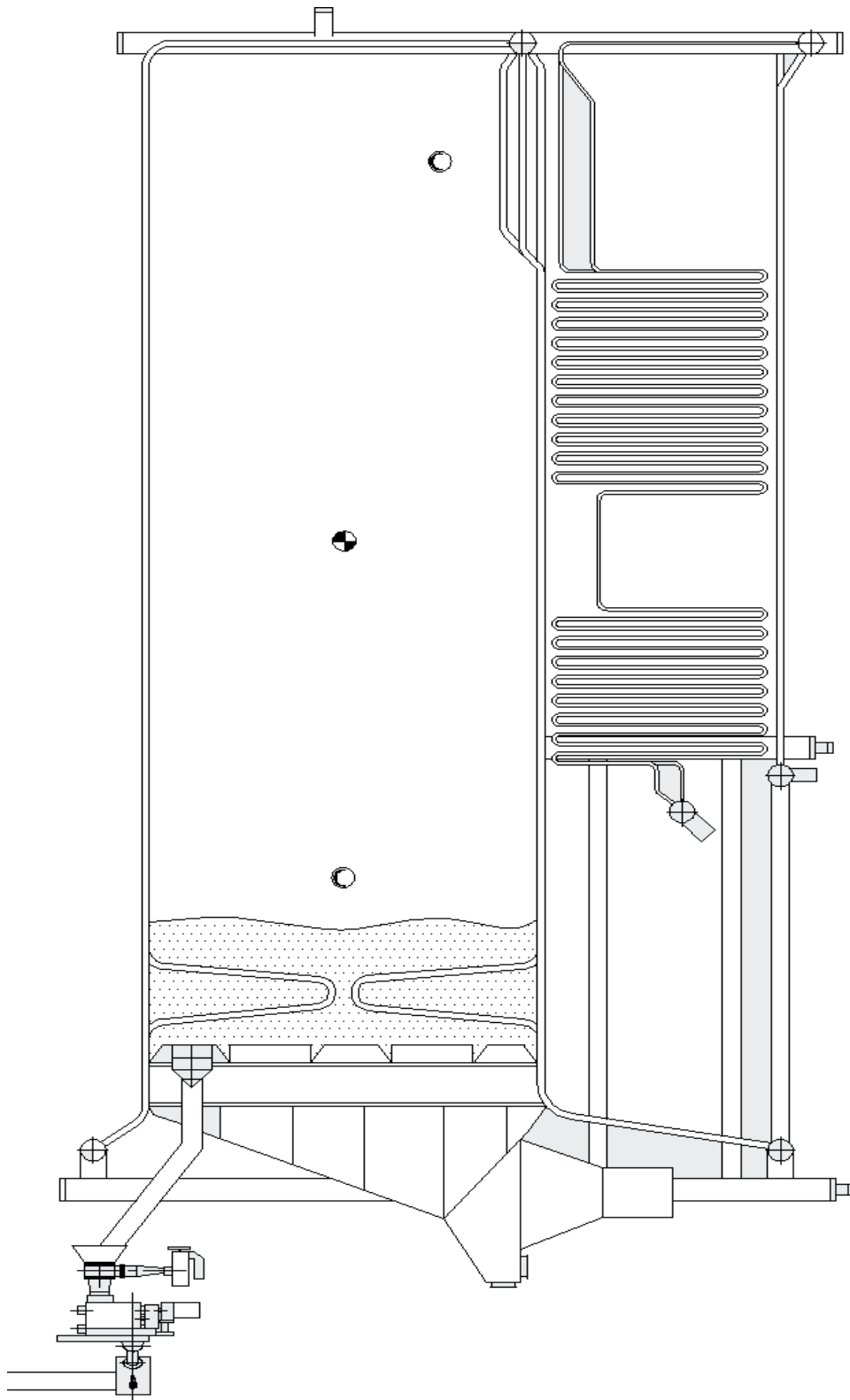


Рисунок 1 – Общий вид котла KV-35-150КС.

Список литературы:

1. Гельперин, Н.И. Основы техники псевдооживения. - М.: Изд-во химия, 1967, 664с.
2. Баскаков А.П., Манцев В.В., Распопов И.В. «Котлы и топки с кипящим слоем» – М.: Энергоатомиздат 1996 г.

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 3,0 МВт ДЛЯ СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ НА ТОПКЕ ТЛП

Каргаев Е.Н. - студент гр. КиРС-92, Жуков Е.Б. - к.т.н., 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, которые обеспечат существенный экономический эффект с максимально высокой полнотой использования добытого топлива. Необходимо, в первую очередь, улучшить потребительские свойства угля как энергетического топлива, а также освоить получение на основе угля альтернативных топлив при замене дефицитных природных ресурсов: газообразного и жидкого нефтяного топлива.

За последние годы в Российской Федерации и за рубежом возрастает интерес к замене дорогостоящего мазута и природного газа углем, к более эффективному использованию в малой и средней энергетике угля. Для угледобывающих районов остается важной проблема вовлечения в тепловой баланс предприятий отходов углеобогащения, например, кека прессфильтров и пр. При этом в соответствии с современными условиями ставятся требования обеспечения простоты обращения с топливом и повышения экологических показателей топочного процесса.

Рассмотрены теплотехнические свойства низкосортных углей, конструкции существующих паровых и водогрейных котлов малой и средней производительности для сжигания низкосортных топлив. А так же конструкции топков ТЛП и ТЛПХ.

Выполнен эскизный проект водогрейного котла КВм-3,0КБ для сжигания низкосортных топлив.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ « ИСПЫТАНИЯ НАСОСА»

Гришак Д. К. – студент гр. КиРС-91,
Меняев К. В. - старший преподаватель кафедры КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Гидравлические и пневматические машины являются древнейшими представителями энергетических машин, которые обеспечивают необходимые условия жизнедеятельности человеческого общества и в настоящее время.

Первым устройством для переноса (подачи) воды было, по всей вероятности, кожаное или деревянное ведро. В наше время используются различные виды насосов.

Целями учебно-исследовательской работы являлись: создание лабораторного стенда представленного на рисунки 1; испытание данной установки; составление методических указаний к лабораторной установке (Приложение Б).

Описание лабораторной установки.

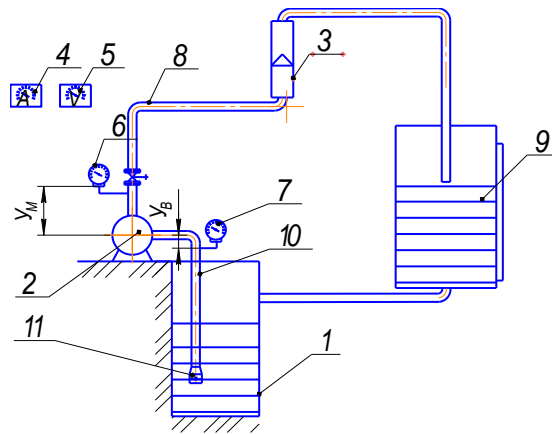


Рисунок 1- Схема стенда испытания насоса:

1 – резервуар; 2 – насос; 3 – ротаметр; 4 – амперметр; 5 – вольтметр; 6 – манометр; 7 – вакуумметр; 8 – напорный трубопровод; 9 – контрольный резервуар; 10 – всасывающий трубопровод; 11 – счетчик воды;

11 – приемный клапан на всасывающем трубопроводе.

Приводом насоса служит асинхронный электродвигатель, для определения мощности которого используются амперметр и вольтметр. Подача насоса регулируется задвижкой на напорном трубопроводе и измеряется с помощью водного счетчика и секундомера. Показания вакуумметра и манометра используются для определения напора насоса.

Методика проведения испытаний насоса:

Проверить состояние лабораторной установки, измерить расстояния u_m и u_b (рис.3).

Включить в сеть и запустить насос, предварительно залив корпус насоса и всасывающий трубопровод водой.

Открыть задвижку на напорном трубопроводе, чтобы показания ротаметра $h=100$.

Записать в журнал испытаний показания вольтметра, амперметра, манометра и вакуумметра при показаниях ротаметра $h=100$, с помощью водного счетчика и секундомера замерить, за какое время через насос пройдет $0,01 \text{ м}^3$ воды.

Постепенно закрывая задвижку на напорном трубопроводе, уменьшая деления ротаметра (h) на 10. Записать новые показания приборов и замерить производительность насоса.

Пункт 5 повторить до полного закрытия задвижки на напорном трубопроводе, т.е. $Q_n = 0$. Построить график зависимости $Q(\text{л/ч}) = f(h)$ и сравнить его с тарировочным.

По полученным результатам испытаний рассчитать журнал и построить графики рабочих характеристик зависимостей: $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

Результаты.

Напор:

$$V = 10 \quad P_v = 10 * 0,01 = 0,1, \text{ м};$$

$$M = 10 \quad P_m = 10 * 0,14 = 1,4, \text{ м}.$$

$$\text{Расстояние по вертикали : } z = 0,38 + 0,08 = 0,46 \text{ м}$$

Расчет напора:

$$H = M + V + z = 0,1 + 1,4 + 0,46 = 1,96, \text{ м}.$$

Производительность насоса:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,001}{8,9} = 0,0001124, \text{ м}^3/\text{с},$$

Мощность насоса:

$$N_n = N_{ос} \times \eta_m = 343,4 \times 0,98 = 336,5 \text{ Вт},$$

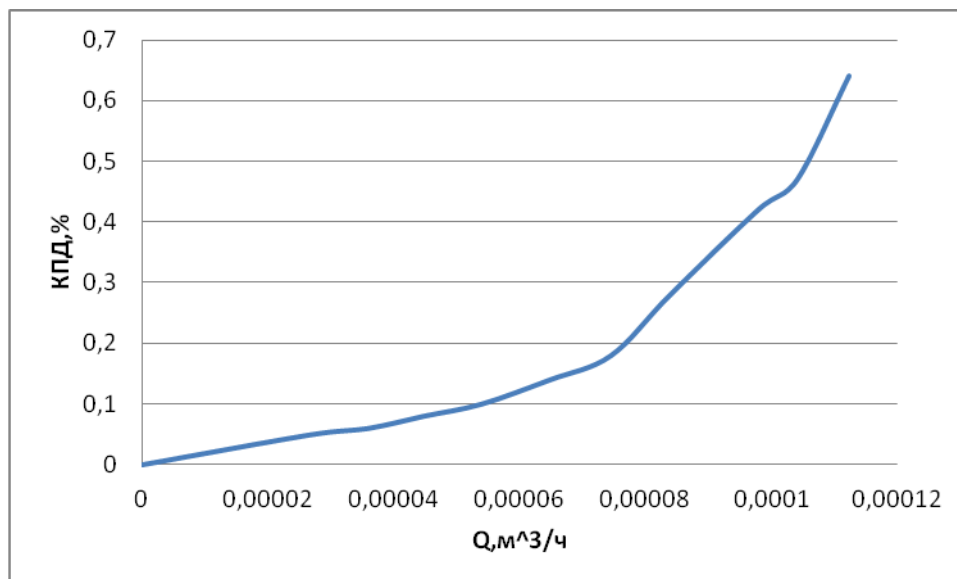
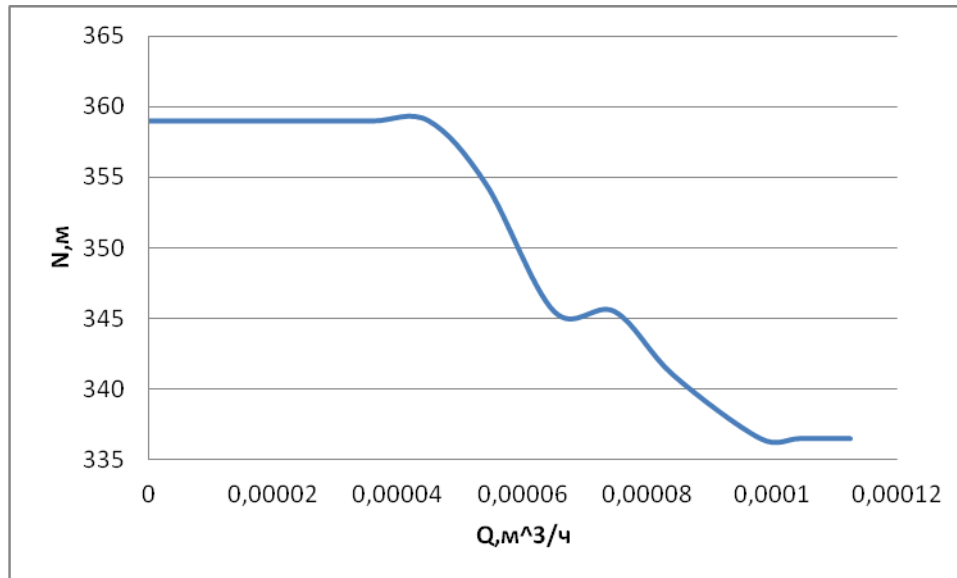
Мощность электродвигателя:

$$N_{\text{дв}} = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi \times \eta_{\text{дв}} = \sqrt{3} \times 235 \times 1,5 \times 0,74 \times 0,76 = 343,4 \text{ Вт}$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{\gamma \times Q \times H}{N_{\text{и}}} = \frac{9810 \times 0,0001124 \times 1,96}{336,5} * 100 = 0,64\%$$

Характеристики насоса представлены на рисунке 2.



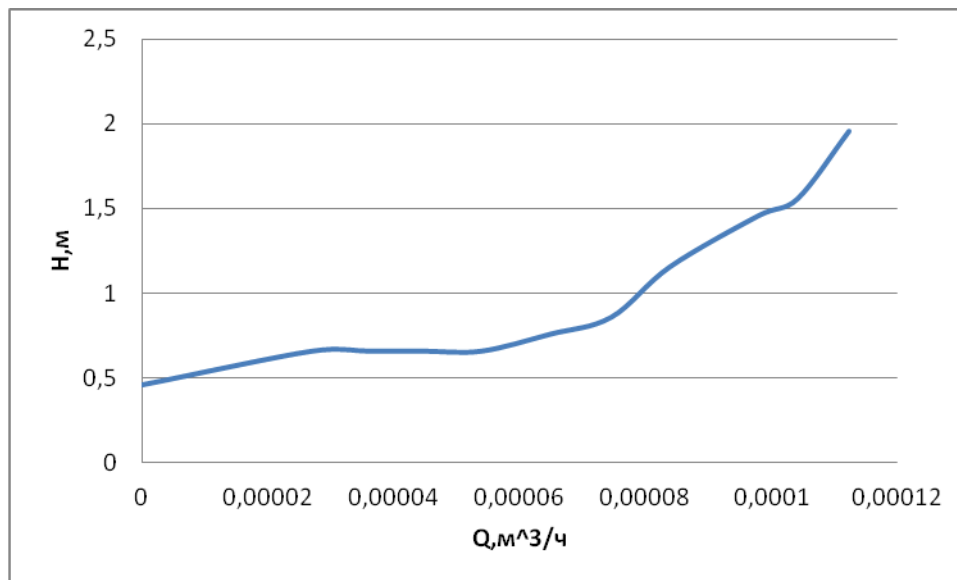


Рисунок 2- Характеристики насоса

Список литературы:

1. Гидравлика и гидропневмопривод: учеб.пособие/Федер.агентство по образованию. Моск.гос.индустр. ун-т/А.А.Шейпак/Ч.1 Основы механики жидкости и газа.- 4-е изд., стер.- 2005.
2. Механика жидкости и газа: лаб. практикум [учеб.пособие по курсам "Механика жидкости и газа", "Гидравлика и гидропневмопривод", "Гидрогазодинамика", "Гидроаэромеханика" для студентов, обучающихся по направлениям "Энергомашиностроение" и "Теплоэнергетике"]/А.М.Грибков и др.Моск.энергет.ин-т(техн.ун-т).-М.:МЭИ,2007.-59 с.,6 экз.
3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика.-М.:Машиностроение,1987.-440 с.,116 экз.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КПД КОТЛОВ (НА ПРИМЕРЕ БАРНАУЛЬСКОЙ ТЭЦ-2)

Сивухин А.Г. – студент гр.КиРС-92, Меняев К.В. - ст. преподаватель КиРС
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Анализ работы котла №18 на БТЭЦ-2 за 2012 год показал, что котел работает с КПД 79-81%. Поэтому были проведены испытания, в ходе которых была скорректирована режимная карта котла.

Основная цель режимных карт обеспечить в регулировочном диапазоне нагрузок надежную и экономичную работу котла с минимальными выбросами в атмосферу вредных веществ (окислов азота), на которые можно влиять режимом работы топки. Эти требования часто вступают в противоречие между собой и с величиной регулировочного диапазона нагрузок. Поэтому режимные указания предполагают наличие некоторых компромиссов. Однако приоритет должен быть отдан надежности, под которой понимается пожаро- и взрывобезопасность, выдерживание приемлемых температур пара и металла поверхностей нагрева, отсутствие интенсивного шлакования поверхностей нагрева или затруднений с выходом жидкого шлака, отсутствие интенсивной коррозии воздухоподогревателя, обеспечение желаемого диапазона нагрузок с минимальным использованием в дополнение к твердому топливу газа или мазута.

Основными параметрами по организации режима работы котла на твердом топливе или его смеси с газом (мазутом) являются:

- нагрузка котла, температура пара высокого давления и пара промперегрева;

- количество работающих систем пылеприготовления для прямого вдувания — оптимальное и минимально необходимое;
- распределение организовано подаваемого в топку воздуха (первичного, вторичного, на сопла и т.п.);
- избыток воздуха;
- тонкость пыли;
- относительная загрузка горелок, в том числе в разных ярусах;
- доля каждого из одновременно сжигаемых твердых топлив или доля твердого топлива и газа (мазута).

Результаты испытаний[1] показали, что котёл может нести нагрузку в диапазоне 130 – 210 т/ч (60 – 100%), оптимальный избыток воздуха за водяным экономайзером 2-ой ступени при нагрузке 210т/ч составляет $\alpha = 1,3$. При работе котла в диапазоне нагрузок 180 – 210 т/ч необходимо держать в работе обе системы пылеприготовления; в диапазоне нагрузок 130 – 155 т/ч – одну.

По окончании всех испытаний выданы рекомендации для дальнейшей экономичной эксплуатации котла, а также составлена режимная карта, по которой рекомендуется вести его работу.

Список литературы:

1. Отчет по РК к.а. №18 БТЭЦ-2 (17.04.2012).

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА ДЕ-10 ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОРФА И КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Якимов Д.С., - студент гр. КиРС-91, Жуков Е.Б.- доцент

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

Беларусь практически полностью зависит от внешних поставок энергоносителей. В то же время она располагает двумя нефтеперерабатывающими заводами, построенными в советские времена, — Мозырским и Новополоцким. Производственные мощности были частично модернизированы с учётом требований европейского рынка. Одновременно происходило постепенное увеличение объёмов нефтепереработки (с 12 млн т в 2001 г. до 20 млн т в 2006 г.) и соответствующий рост экспорта нефтепродуктов (почти в 5 раз с 2002 по 2006 гг., когда он составил \$7,5 млрд).

Обострение энергетических отношений с Россией, сопутствующий рост стоимости импортируемого углеводородного сырья вынуждает власти Республики делать ставку на местные, преимущественно возобновляемые источники энергии. В перспективе энергетика Белоруссии может стать полностью независимой к 2050 г. В результате подобных стимулирующих мер планируется замещение природного газа местными видами топлива в системе Минэнерго Беларуси в 2010 г. порядка 460 тыс. т.у.т. [1]

Поэтому целесообразным является реконструкция существующих котлов на сжигание местных низкосортных топлив. Для более эффективной работы котлов рекомендуется применение вихревого сжигания. В данной научной работе предоставлен пример реконструкции котла ДЕ-10-14 на совместное сжигание торфа и кородревесных отходов с применением вихревого сжигания.

Список литературы:

1. Альтернативное будущее энергетики Белоруссии. URL: <http://aenergy.ru/1724>

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В КОТЛАХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Моргунова О.А., - студент гр. КиРС-91, руководитель Жуков Е.Б.- к.т.н.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

По мнению большинства специалистов уголь в XXI в. сохранит и укрепит позиции основного источника производства электроэнергии. Во многих странах уголь является основой крупной энергетики[3].

В последнее время в топливном балансе современной энергетики все большую роль для теплоэлектрогенерации начинает занимать низкокачественный уголь[5]. Такой уголь, как правило, характеризуется высоким содержанием золы и влажности. Соответственно, возникают проблемы, обусловленные подготовкой данного топлива к сжиганию, экологичностью, а также вопросы, связанные с его воспламенением и поддержанием устойчивого горения. Одним из путей преодоления обозначенных трудностей является сжигание данного угля в виде водоугольного топлива[6].

Одной из перспективных технологий использования ВУТ на ТЭС является технология сжигания ВУТ в вихревых топках[2]. Такой способ позволяет получить экологический эффект с уровнем выбросов NO_x не более 200-250 мг/нм³, который недостижим в пылеугольных котлах без использования дорогостоящих очистных установок.

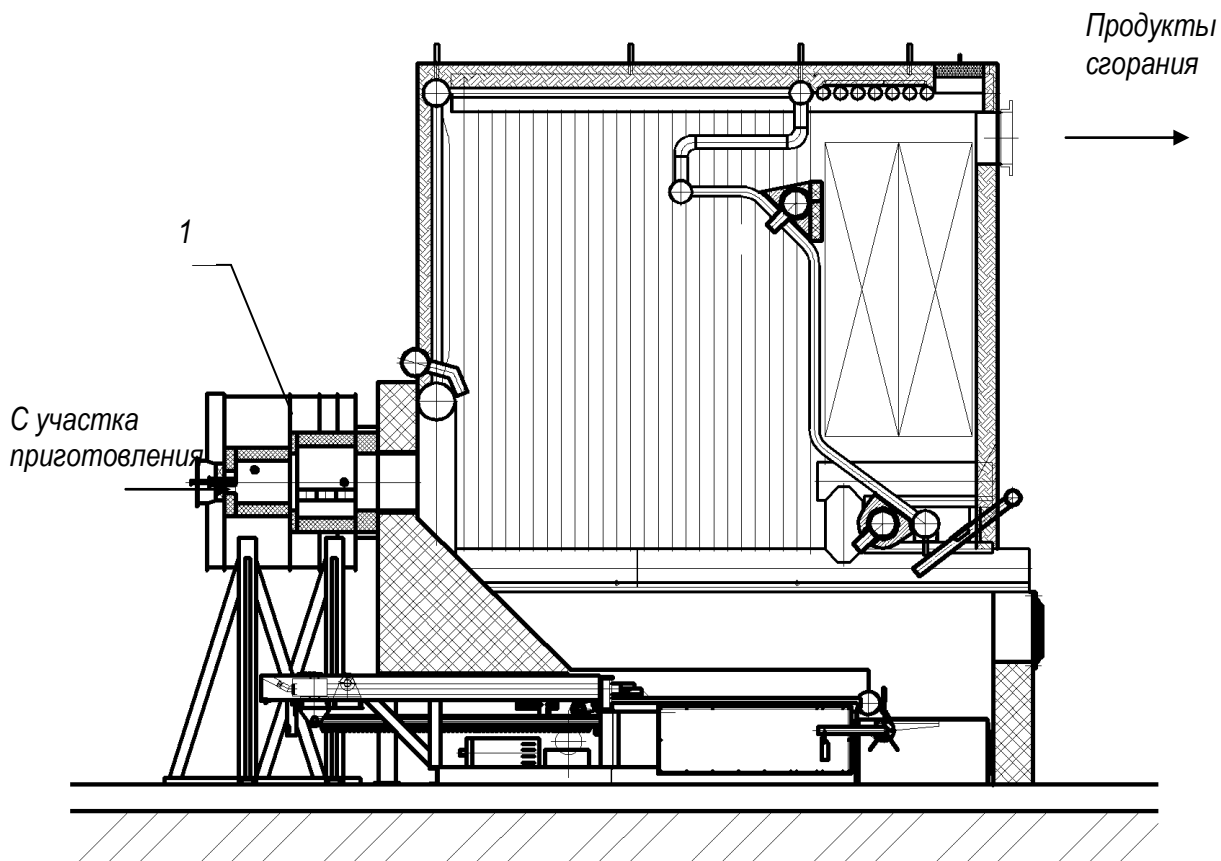
Благодаря полному выгоранию угля (не менее 98%) ВУТ позволяет снизить объём потребляемого угля[1]. Прямая экономия (т.е. снижение себестоимости 1Гкал), с учётом затрат на приготовление ВУТ в этом случае составляет не менее 20 - 40%,

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 тепло-генерирующих установок на ВУТ не требуется существенных изменений конструкций агрегатов.

Дополнительно, при сжигании ВУТ не остаётся угольного шлама, который необходимо утилизировать (т.е., экологический эффект). Оставшаяся от сжигания ВУТ зола может быть использована для строительства.

Приведена технология использования ВУТ на ТЭС при сжигании ВУТ в вихревых топках, в котлах малой мощности, оснащенных циклонными предтопками (ЦП)[4].

Эскиз водоугольного котла КВм – 2.0 КБ для сжигания ВУТ представлен на рисунке 1.



1 – циклонный предтопок; 2 – вихревая топка

Рисунок 1 – Эскиз водогрейного котла КВм – 2.0 КБ для сжигания ВУТ

Список литературы:

1. Саламов, А. А. Развитие ТЭС, работающих на угле / А. А. Саламов // Теплоэнергетика. – 2000. – № 8. – С. 75-76.
2. Ольховский, Г. Г. Применение новых технологий при техническом перевооружении угольных ТЭС / Г. Г. Ольховский, А. Г. Тумановский // Теплоэнергетика. – 2003. – № 9. – С. 7-18.
3. Белосельский, Б.С. Какое топливо будет сжигаться на электростанциях России в XXI веке? // Энергосбережение и водоподготовка. – 1999. – №4. – С. 16-19.
4. Цепенко А. И. Разработка, исследование новой технологии использования на ТЭС кавитационного жидкоугольного топлива. Новосибирск, 2013. – 173 с.
5. Дьяков, А.Ф. О новейших технологиях сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях / А. Ф. Дьяков, А. П. Берсенев, Л. М. Еремин // Энергетик. – 1997. – № 7. – С. 8-11.
6. Пугач, Л.И. Проблемы и перспективы внедрения инновационных водоугольных технологий / Л.И. Пугач, Ф.А. Серант, Е.Г. Карпов и др. // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сб. науч. тр. Вып. 11. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – С. 47-78.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ

Замараева К.А. - студент гр. КиРС-92, Хуторненко С.Н. - аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Во всем мире прогресс в теплоэнергетике связывают с решением задач по повышению эффективности, экологичности, снижению материало- и капиталоемкости, повышению надежности и эксплуатационных свойств энергетических установок тепловых электростанций.

Одним из признанных направлений по реализации поставленных задач является широкое внедрение в энергетику комбинированных парогазовых установок (ПГУ) [1].

Российская энергетика нуждается во внедрении новых мощностей. Как один из вариантов увеличения мощности тепловых электрических станций с поперечными связями - применение газотурбинных надстроек.

Схемы электростанций:

- блочные тепловые электростанции;
- тепловые станции с поперечными связями[1].

Схемы ПГУ:

- с высоконапорным котлом;
- с генератором утилизационного типа;
- для комбинированной выработки тепла и электроэнергии;
- со сбросом газов в топку котла;
- на парогазовой смеси[1].

Схемы котлов-утилизаторов:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- паровые;
- водяные;
- комбинированные;
- одноконтурные;
- двухконтурные;
- трехконтурные[1].

Возможность применения дожигателя:

применяется для подогрева уходящих газов, поступающих в котел-утилизатор, чтобы при снижении нагрузки ГТУ поддерживать температуру перегретого пара на необходимом уровне, для выхода на общестанционный коллектор.

КПД котла-утилизатора повышается с применением дожигания топлива.

Список литературы:

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учеб. Пособие для ВУЗов. Издание третье, стереотипное / М.-Изд. Дом МЭИ-2009, 524 с.: ил.

ЗОЛОУЛАВЛИВАНИЕ НА ТЭС (ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

Костюкова Ю.С., - студент гр.КиРС-92,

Меняев К.В. - старший преподаватель кафедры КиРС

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

По данным моделирования в город с населением 1 млн. человек ежедневно поступает 732 тыс. т вещества. Из них 1 тыс. т. – газообразные и пылевые загрязняющие вещества. причем максимум поступления в атмосферу загрязняющих веществ отмечается в зимние

месяцы, когда на полную мощность работают ТЭЦ и котельные. В связи с вышесказанным представляет определенный интерес рассмотрение различных методов золоулавливания[1].

Основные виды золоуловителей на ТЭС:

- гравитационные пылеуловители;
- инерционные пылеуловители;
- мокрые пылеуловители;
- фильтры;
- электрофильтры.

Основные проблемы золоулавливания на ТЭС:

- устаревшее оборудование золоулавливания на ТЭС;
- эксплуатационные проблемы, связанные с нарушением правил эксплуатации золоуловителей.

Основные перспективы развития золоулавливания на ТЭС:

- использование инновационных методов, вместо устаревшего оборудования;
- использование золоуловителей эмульгаторов.

Основные плюсы эмульгаторов:

- увеличение степени золоочистки при оптимальной нагрузке котла до $99,5 \pm 0,2$ %;
- надежность, обусловленная конструкцией установки и применением титана для заверителя (эмульгатора) и каплеуловителя;
- относительная простота монтажа (монтаж блоками в существующие корпуса);
- простота в эксплуатации (установка не требует постоянного контроля и специальных операций);
- отсутствие специальных сопел и форсунок, требующих настройки и регулирования;
- низкие требования к содержанию твердых примесей в орошающей воде.

Для котла Е-160-9,8-520КТ выбран золоуловитель эмульгатор, установка типа УЭЗ-1 (4 кассеты эмульгаторов в одном скруббере).[2]

Список литературы:

1. Методы защиты окружающей среды П. В. Росляков. Учебник для вузов. Москва, 2007-336 с.
2. Костюкова Ю.С. Котел паровой Е-160-9,8-520КТ: Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине «Основы конструирования паровых и водогрейных котлов» – Барнаул: АлтГТУ, 2013. – 14 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И НАЛАДКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Ноздрачев А. А., Фомичев А. Ю.- студенты гр. КиРС-91, Лихачева Г.Н. - доцент 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.

Обеспечение энергетической безопасности государства является главной целью решения этой проблемы. 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 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.

Рассмотрены теплотехнические свойства ВУТ, устройства для получения. Так же была проведена реставрация опытной установки и исследования ВУТ полученного с помощью данной установки.

В настоящее время, ввиду сложившейся экономической ситуации в России и мире, развитие перспективного топлива ВУТ невозможно реализовать на государственном уровне. Ранее, с начала разработок технологии транспортировки и сжигания ВУС в 1959 году, инициатива по развитию шла целиком от правительства. На данный момент переводом котлов на сжигание ВУТ занимаются только несколько крупных организаций в России, такие как ООО Амальтеа-Сервис в г. Москва.

ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ САПР В ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИИ

Дидух Д.С. – аспирант АлтГТУ, Фурсов И. Д. - к.т.н., профессор

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

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

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

За почти 50 лет развития системы автоматизированного проектирования, применительно к энергомашиностроению, прошли несколько этапов развития технологий, а именно:

- программы двумерного проектирования (AutoCAD). Позволили создавать библиотеки стандартных элементов и компонентов, прототипы чертежей изделий;
- расчетные программы, созданные с помощью языков программирования (программа TRAKT, HEADER);
- параметрическое твердотельное моделирование;
- программы инженерного анализа, основанные на методе конечных элементов;
- расчетные программы, созданные с помощью электронных таблиц MS Excel;
- параметрическая связь твердотельных моделей с расчетными программами, выполненными в MS Excel;
- органичное включение САПР в систему управления предприятием (AVEVA PDMS).

Для разработки прототипов САПР изделий в котлостроении выбрана технология объединения расчетной части в таблицах EXCEL с твердотельным параметрическим моделированием.

Дополнены следующие системы автоматизированного проектирования (САПР) элементов котельных установок:

- САПР коллекторов;
- САПР горелок;
- САПР пароперегревателей.

В САПР коллекторов спроектирована твердотельная модель коллектора, которая состоит из нескольких элементов: трубы, доннышек, штуцеров и других элементов. Также в расчет на прочность коллектора добавлен лист с результатами расчета, на основе которого формируется твердотельная модель.

В САПР горелок к существующим моделям разработаны и дополнены новые твердотельные модели горелочных устройств, а именно: растопочной горелки, сопла нижнего дутья, сопла воздуха. Модели спроектированы в системе Unigraphics.

Разработанные модели выполняют построение модели не только по приведённым данным, но и предусматривают достаточно широкий диапазон изменения некоторых величин.

САПР пароперегревателя дополнен программой расчета радиационных ступеней, предшествующих расчету конвективных ступеней пароперегревателя, программой автоматизированного теплового расчета топки, зоны активного горения, расчетом пароохладителей. Проведено тестирование всех имеющихся расчетов, исправлены недостатки, существующая САПР пароперегревателей была оптимизирована с точки зрения удобства использования, снабжена комментариями.

ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСЛЯНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Смирнов Е.В. – студент гр. КиРС-91, Пронь Г.П. - доцент

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

Преимущество использования масел в качестве теплоносителя: масляные теплоносители даже при высокой температуре не создают давления испарений свыше 0,1 МПа. Тем самым установки с масляными теплоносителями используются в некоторых видах специального оборудования, системы теплообменников без избыточного давления могут работать при температурах примерно до 400 °С. Масляные теплоносители, однако, выдерживают тепловую нагрузку в определенных пределах. Поэтому необходим контроль подвода теплоты нагревателями. Типичным является так называемое подтверждение температуры пленки, с помощью которого просчитывается максимальная нагрузка в нагревателе. Эту температуру в процессе работы превышать ни в коем случае нельзя, чтобы не повредить маслу в результате крегинга. Срок службы теплоносителя в чисто выполненных установках может значительно превышать 10 лет.

Основные требования к теплоносителям. Теплоносители переносят тепло от производителей тепла к его потребителям. Они забирают тепло, а затем отдают его нагревательным панелям потребителя. Для того, чтобы быть пригодными с этой целью, они должны соответствовать весьма определенным требованиям. При этом на первом плане находятся:

- способность накапливать тепло для последующего его переноса,
- способность принимать достаточную температурную нагрузку,
- экономичность,
- благоприятные свойства по теплопередаче,
- доступность по умеренной стоимости,
- надежная работа.

Не всегда эти требования выполнимы одновременно в полном объеме. То есть, существует необходимость проведения анализа преимуществ и недостатков, чтобы выбрать теплоноситель. Однако можно сказать, что при проведении планирования оборудования теплообменников требования в отношении температуры всегда будут основным критерием, который менее всего позволяет отступить от них, то есть является определяющим.

Сравним разные теплоносители.

Вода является, вероятно, наиболее распространенным теплоносителем. И таковым, вероятно, останется. Вода наилучшим образом соответствует вышеназванным критериям. Но пределы ее использования весьма ограничены. Прежде всего, потому, что с ростом температуры проявляется резкий рост давления пара.

Для создания базы для сравнения следует проанализировать основные свойства воды как теплоносителя, применяемого также в виде пара.

Вода накапливает удивительно много тепла. Удельная теплоемкость составляет 4,1868 кДж/кгК. Основой для столь высоких значений не в последнюю очередь является полярное свойство молекул (Удельная теплоемкость воды в течение длительного времени была даже основой главной единицы теории о теплоте: 1 килокалория равна количеству теплоты, необходимой для нагревания 1 кг воды с температурой 14,5 градусов Цельсия до температуры 15,5 градусов Цельсия). При более высоких температурах данная величина «ср» почти постоянна. Но для точных измерений необходимо пользоваться точными табличными величинами.

При использовании паровой фазы у потребителя высвобождается конденсационная теплота. Ее значение составляет около 2260 кДж/кг, но с увеличением температуры или с увеличением давления оно падает. При 200 °С оно составляет только 1938 кДж/кг. Пока при достижении критической температуры оно не становится равным нулю. Так как при ней более не происходит испарения, а перехода из жидкой фазы в парообразную больше нет. Критическая температура составляет 374 °С при давлении 221,29 бар.

Использование перегретого пара в качестве теплоносителя нецелесообразно. При охлаждении без конденсации перенос тепла был бы незначителен. Он был бы сравним с использованием горячих газов в качестве теплоносителей: низкое количество теплоты в объеме даже при высоких давлениях и неблагоприятные свойства теплопереноса вследствие образования изолирующих пограничных слоев.

Значение «ср» для воздуха составляет лишь 1,0 кДж/кгК при весьма высоком удельном объеме.

Значение для стали составляет примерно 0,486 кДж/кгК.

Значение для натрия составляет 1,2 кДж/кгК (Натрий действительно применяется в качестве теплоносителя в диапазоне очень высоких температур 600 °С, при этом становится текучим как вода, контакт с которой недопустим).

Скажем сразу: значения удельной теплоемкости масляных теплоносителей составляют около 2,7 кДж/кгК при типичной температуре применения примерно 270 °С и удельном объеме, примерно на 30 % превышающем это значение для воды. Тем самым при равном объеме получаем ровно 50 % количества теплоты при одинаковом объеме.

Вода остается стабильной также и при высоких температурах. Она не разлагается при перегреве и не стареет. Кроме того, она нечувствительна к окислению. В то же время она растворяет газы и минералы, что может вызвать негативные явления.

До некоторой степени негативно свойство воды замерзать при низких температурах, увеличивая при этом свой объем (вода является единственным веществом с данным свойством), что может привести к разрыву трубопроводов и оборудования. Этому, однако, можно противодействовать с помощью применения добавок или в большинстве случаев простыми способами.

Вода является маловязким веществом и поэтому ее перекачка в экономическом плане недорога. Потери на трение в трубопроводах не высоки.

При использовании в паровой фазе расходы на перекачку еще ниже. Но даже паропроводы имеют потери. Здесь следует обратить внимание на очень хорошую теплоизоляцию, так как пар при конденсации на внутренних стенках не создает изолирующего слоя. Образующийся конденсат может иметь негативное влияние и подлежит постоянному удалению. Это, естественно, также связано с дополнительными затратами.

При конструировании подающих трубопроводов, однако, возникают первые ограничения: с увеличением температуры быстро создается высокое давление пара. Стоимость трубопроводов и арматуры быстро становятся чувствительными или даже достигают границ неприемлемого уровня. Резко возрастают цены на арматуру вследствие сложности в изготовлении.

Вода обладает очень удачными свойствами теплового перехода. При генерировании пара в нагревателях и конденсации у потребителей достигаются столь высокие коэффициенты теплового перехода, что часто можно пренебречь тепловым сопротивлением (альфа-1) с паровой стороны при расчете прохождения теплоты.

Риски при эксплуатации. Вода нейтральна по отношению к окружающей среде. Протечки не вызывают никаких проблем. (Если они не происходят там, где вода может нанести ущерб.)

Опасности возникают с повышением температуры. Абсолютное давление пара в жидкости растет примерно в четвертой степени по отношению к значению температуры в градусах Цельсия! (Основная формула: температура кипения = корень четвертой степени абсолютного давления насыщенного пара, умноженное на 100.)

Следует учитывать: при разрыве сосуда с жидкостью под давлением пара часть жидкости (до 15%) мгновенно испаряется и также быстро вытесняет значительный объем воздуха. Возникает взрывная волна, способная разрушить здание. По этой причине оборудование, работающее с горячей водой или паром, должно соответствовать специальным правилам и эксплуатироваться и контролироваться специально обученным персоналом (см. также Технические правила эксплуатации паровых котлов).

Именно это свойство воды, то есть при температурах, которые в технике являются скорее незначительными, развивать высокие значения давления пара, приводит к трудно разрешаемым пределам применения и поиску альтернатив.

Альтернатива воде это масляные теплоносители.

Масляные теплоносители испытывают именно эти проблемы с давлением только в пограничных диапазонах. При температурах 350 °C возможна работа без давления (то есть без давления пара, но не без давления насосов) Но даже при 400 °C достигается давление пара всего в 10 бар, не представляющее больших технических проблем.

По этой причине не существует особых правил по контролю для теплообменных установок с использованием масляных теплоносителей. Работа с ними проводится аналогично водяным отопительным системам без давления. Действие правил по работе оборудования, находящегося под давлением.

Уже приведенный выше список требований в отношении масляных теплоносителей дает следующие результаты:

Аккумуляция теплоты. Масляные теплоносители относительно к объему имеют практически половину от теплоемкости воды. Но так как предельные температуры применения гораздо выше, это можно компенсировать более высокой разностью температур между подаваемым и возвратным потоком носителя. При этом диаметры трубопроводов получаются примерно такие же, что у водяных систем.

Использование в виде пара при более высоких температур для специальных масел также возможно. Хотя при этом теплота конденсации заметно ниже, чем у воды, но зато удельный вес пара значительно выше. При этом размеры паропроводов здесь также примерно соответствуют размерам водяных паропроводов. Переход с работы с горячей водой или паром на использование масляных теплоносителей не редки при сохранении трубопроводов.

Термическая стабильность. Масляные теплоносители вполне могут разложиться при перегреве. Масла на базе нефти, однако, уже позволяют достичь рабочих температур до примерно 300 °С при сроках службы продолжительностью 10 лет и дольше. Высококачественные синтетические масла позволяют достичь рабочих температур до 400 °С! Сроки службы в этом случае небольшие, но такие масла позволяют провести экономичную регенерацию, то есть удаление образующихся продуктов крекинга.

Далее следует учитывать, что указанная в таблицах допустимая температура подаваемого теплоносителя представляет собой температуру для масла, которое будет пригодно к эксплуатации в течении 1-го года. Таким образом, температура должна быть несколько ниже. При этом срок службы удваивается на каждые 10 К ниже данного предела температуры.

Экономичная подача. Как следует из вышеприведенного, количество перекачиваемого теплоносителя и размеры трубопроводов находятся в тех же пределах, что и у водяных систем. При температурах выше 100 °С большинство масел становится очень маловязким. Затраты на перекачку таким образом примерно соответствуют затратам в водных контурах.

Свойства теплового перехода. Здесь масла также приблизительно в тех же пределах, что и вода. Переход ламинарного течения в турбулентный режим происходит несколько позднее. Это следует учитывать при проектировании площадей нагрева. Площади нагрева нагревателей должны соответствовать соответствующему маслу и предусмотренному количеству перекачиваемого теплоносителя. Это заметно ограничивает применение серийных конструкций нагревателей.

Стоимость. Масляные теплоносители дороже в приобретении, чем вода. Контурные принципиально должны в техническом отношении выполняться герметичными. Затраты на подготовку носителя при подпитки у масляных теплоносителей не возникают. Более того, они эффективно защищают систему трубопроводов от коррозии.

Обычные минеральные масла в принципе не дают при их приобретении существенного удорожания издержек. Высококачественные синтетические масла при их применении, напротив, представляют собой фактор повышения. Но при необходимости их использования редко встречается более выгодная ценовая альтернатива (Системы теплообменников с использованием жидких металлов, расплавов солей или горячих газов представляют собой экономически выгодную альтернативу лишь при еще более высоких температурах или при неизбежной необходимости).

Риски при эксплуатации. Утечки: они должны быть исключены в любом случае, и для этого должны быть предусмотрены соответствующие меры безопасности. Масляные теплоносители являются (за исключением „белых масел“) веществами, вредными для окружающей среды. Необходимо принять особые меры, которые должны предотвратить утечки, и провести их своевременную реализацию (специальные уплотнения валов насосов и вентилях, использование ввариваемой арматуры, улавливающих ванн, высококачественных уплотнительных материалов, специального исполнения изоляции фланцев).

Пожароопасность: Масляные теплоносители горючи, но вследствие своей высокой термической стабильности трудно воспламенимы по сравнению с обычными органическими маслами. Большую опасность представляют изоляционные материалы, пропитанные ими. Они самовоспламеняются на воздухе.

Давление: В большинстве систем масляный теплоноситель не находится под давлением пара, а только под давлением насосов. Высоко расположенные расширительные резервуары должны выполняться с возможностью перекрытия в одном направлении или возможностью быстрого опорожнения. Тем самым в случае опасности давление в системе сразу стравливается путем отключения насосов и перекрытия клапанов расширительных резервуаров. Это предохраняет также от испарений при разрыве находящегося под давлением сосуда. Системы с использованием масляного теплоносителя с высоким давлением пара эти преимущества проявляются не в полной мере. Но и там обычное рабочее

давление скорее небольшое и невелика опасность причинения ущерба оборудованию, находящемуся под давлением.

Преимущества систем с масляными теплоносителями проявились, уже начиная с температуры от 160 °С и выше. Это, кроме прочего, вследствие меньших затрат по контролю. Именно в малых системах преимущества проявились очень рано. Кроме того, уже существуют малые паровые системы, в которых пар производится опосредованно в первичном контуре, использующий масляный теплоноситель. Таким образом, отпадает обязанность контроля в соответствии с «Правилами эксплуатации паровых котлов». Опосредованные парогенераторы, обогреваемые масляными теплоносителями, считаются нормальными сосудами под давлением и не подлежат контролю в соответствии с «Правил эксплуатации паровых котлов». Тем более не подлежат таковому нагреватели с масляными теплоносителями.

ОПЫТ СЖИГАНИЯ АНТРАЦИТА В ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Стасюк Я.Е. – студент гр. КиРС-91, Пронь Г.П. - доцент

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

Антрацит Горловского бассейна Новосибирской области широко применяется в различных отраслях промышленного производства страны и зарубежными производителями. Антрацитовый штыб (АШ), получаемый после процессов обогащения (отсев), имеет высокую энергетическую ценность, его низшая теплота сгорания -20773кДж/кг (4962ккал/кг) при влажности 16,8% и зольности на рабочую массу топлива 17,5%. Выход летучих веществ на сухую массу топлива составляет 2,9% [1]. Применение данного топлива для получения тепла на технологические нужды обогатительных фабрик, а также на отопление и горячее водоснабжение даёт определенный экономический эффект.

Но сжигание антрацитового штыба требует специальных определенных условий [2] – это высокая температура факела, подогрев воздуха, футерование экранов, для пылеугольного сжигания повышенное измельчение топлива, для слоевого сжигания наоборот укрупнение частиц и др.

Наиболее подходящим и обеспечивающим все требования для эффективного сгорания антрацита является топочное устройство с низкотемпературным кипящим слоем.

Экспериментальное сжигание в кипящем слое на огневом стенде и полученные результаты позволили разработать и сконструировать промышленный котел с кипящим слоем мощностью 3,15 Мвт.

Водогрейный котел КВЦ-3,15-95КС был изготовлен и смонтирован ООО «НПО БЗКО» в котельной угольного разреза. Были проведены пуско-наладочные работы и обучения персонала, который осуществлял эксплуатацию двух котлов весь отопительный сезон 2011-2012гг.

Основные особенности работы котла на антраците: размер частиц топлива менее 6,0мм., т.к. топливо не растрескивается, в растопочном режиме очень часто образуются крупные агломераты шлака(зависит от навыков машиниста), коэффициент избытка воздуха в слое 0,9-1,2, горение в над слоевом пространстве практически отсутствует, температура существования рабочего режима кипящего слоя 750-950 С, при температуре слоя ниже 750 С поданное топливо не воспламеняется, слив слоя осуществлялся через 4-5 часов, концентрация горючих в сливе 5-8%, регулировка температуры слоя осуществлялась изменением высоты слоя.

Протокол испытаний №179 от 20 января 2011г. Испытательная лаборатория топлива АлтГТУ. Аттестат аккред. № РСС RU.0001.21ТУ51 от11 ноября 2010г.

Котельные и турбинные установки энергетических блоков.-М., Энергия,1981, 268 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Мелехов А. – магистрант АлтГТУ, Пронь Г.П. - доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе представлены работы по наладке и испытаниям водогрейного котла с кипящим слоем, установленного в котельной угольного разреза и работающего на антраците.

Котел КВЦ-3,15-95КС стальной водотрубный газо-плотный водогрейный с топкой кипящего слоя состоит из двух основных частей топчного устройства и конвективной части.

Топка имеет призматическую форму, со всех сторон ограничена газо-плотными экранами. В нижней части топки организован низкотемпературный кипящий слой, который поддерживается беспровальной колпачковой решеткой. Вдоль фронтального экрана решетка имеет провальную часть, через которую могут удаляться тяжелые и крупные инородные тела не более 100 мм. Короб сбора удаляемых частиц снабжен транспортирующим устройством с электроприводом. Воздух подается под распределительную решетку, которая монтируется на трубах экранов.

Наполнитель слоя приводится в кипящее состояние с помощью воздуха. В разогретый до температуры воспламенения кипящий слой подается топливо через амбразуру с помощью питателя, где оно интенсивно перемешивается и сгорает.

Часть мелкого топлива уносится из слоя и догорает в надслоевом пространстве. Для эффективного выгорания уносимых частиц над слоем предусмотрено два яруса острого дутья.

Дымовые газы покидают топчное пространство, омывают конвективный пучок в два хода и покидают котел через межтрубные щели потолочного экрана. Далее дымовые газы протягиваются дымососом через блок циклонов, где очищаются от твердых частиц золы и унесенных частиц наполнителя.

В конвективном пучке при повороте дымовых газов на 180 градусов выпадают не догоревшие частицы топлива, которые с помощью воздушного эжектора возвращаются в топчное пространство для догорания.

В топке предусмотрен ремонтный лаз, гляделки и несколько лючков.

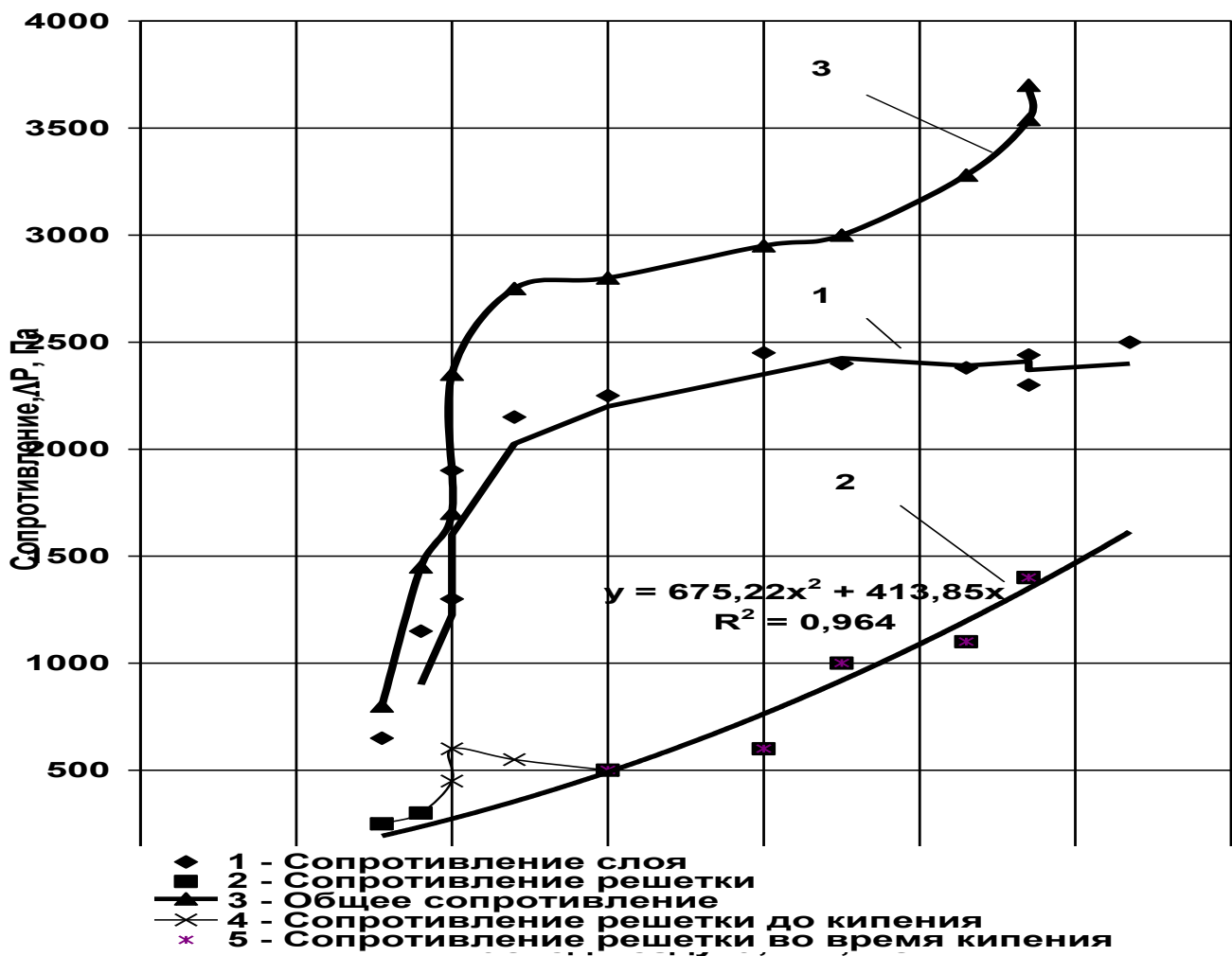
Вода поступает в нижний коллектор фронтального экрана и проходит все поверхности нагрева в соответствии со схемой, показанной на рисунке 1.

Для удаления воздуха из трубной системы при заполнении котла водой на верхних коллекторах установлены воздушники. Вода из трубной системы котла при опорожнении удаляется через дренажные линии.

Котел выполнен бескаркасным. Нижние коллекторы экранов опираются на сварную раму, установленную на фундаменте. Обмуровка котла облегченная, натрубная. На котле предусмотрена установка предохранительного клапана.

Для подачи наполнителя в кипящий слой предусмотрена установка бункера инертного материала и питателя с электроприводом. Инертный материал вводится в топку трубой \varnothing 76мм.

Для подачи воздуха в котел и удаления из него продуктов сгорания котел оборудован дутьевым вентилятором 30-ЦС и дымососом ДН-9.



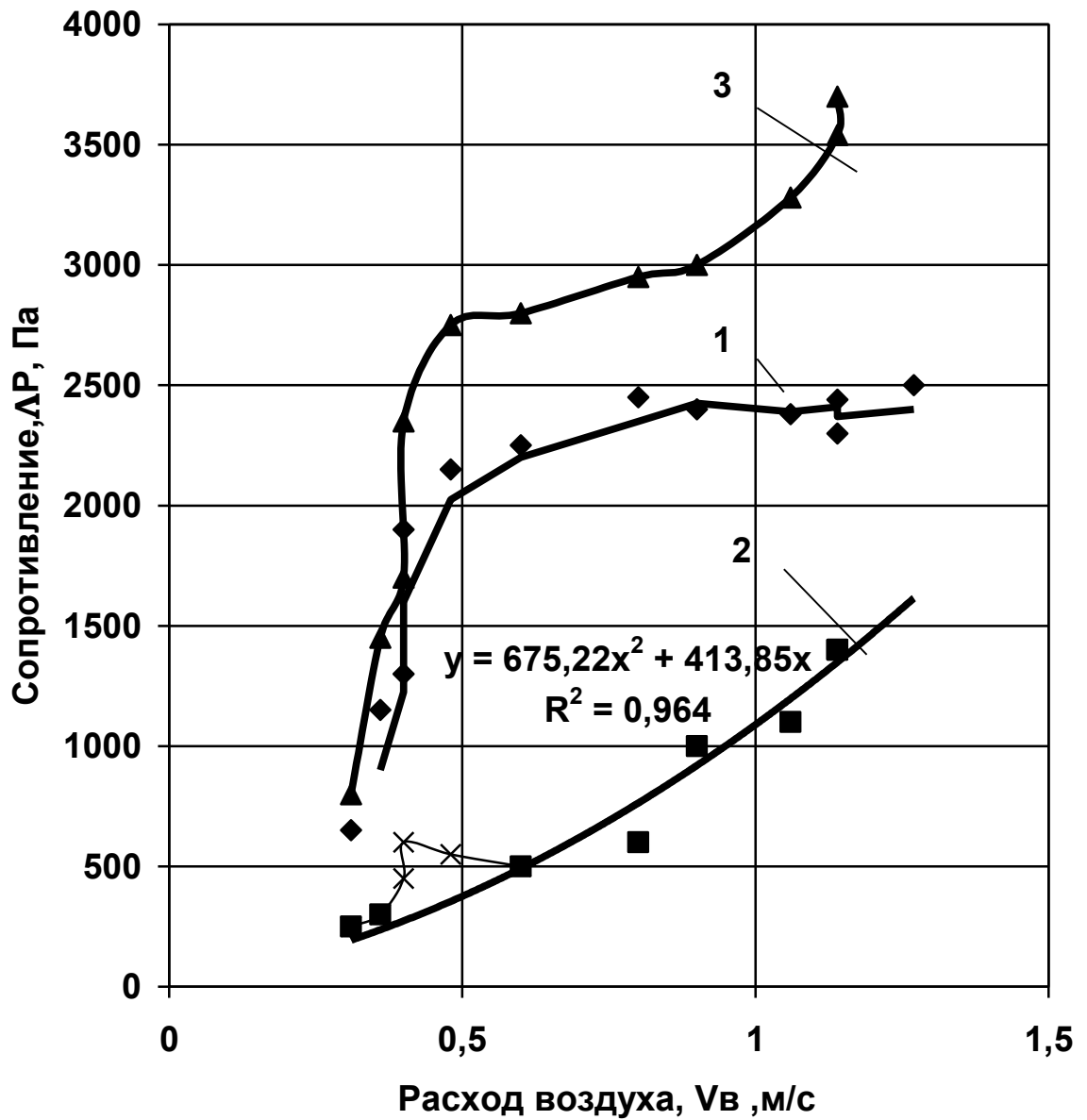
1. Фронтной экран. 2. Потолочный экран топки. 3. Боковые экраны. 4. Потолочный экран конвективной части. 5. Конвективный пучок. 6. Задний экран

Рисунок 1 - Схема движения воды в котле КВ-25-95КС

На котле за отопительный сезон 2010-2011гг были проведены следующие пуско-наладочные и экспериментальные работы:

- настройка и тарировка топливного питателя со специальным запорным устройством;
- исследование внешней гидродинамики кипящего слоя в широком диапазоне расхода воздуха;
- снятие гидродинамической характеристики газораспределительной решетки;
- наладка и исследование растопочных режимов из холодного состояния котла и из горячего резерва;
- снятие параметров теплового баланса котла в различных режимах;
- настройка автоматики;
- составлена временная режимная карта.

На рисунке 2 представлены гидродинамические характеристики решетки и кипящего слоя.



- ◆ 1 - Сопrotивление слоя
- 2 - Сопrotивление решетки
- ▲ 3 - Общее сопротивление
- ⊗ 4 - Сопrotивление решетки до кипения
- * 5 - Сопrotивление решетки во время кипения

Рисунок 2 - Гидродинамическая характеристика кипящего слоя и воздухораспределительной решетки.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КИПЯЩЕГО СЛОЯ
 Знаенков С.Ю. –студент гр. КиРС-91, Пронь Г.П. - доцент
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Дифференциальное уравнение, описывающее тепловой объект, может быть довольно сложным. В то же время для приближенных инженерных расчетов часто желательно судить о динамических свойствах объекта по двум-трем параметрам. Это может быть сделано в тех случаях, когда динамические характеристики сложных объектов могут быть представлены в виде соединения простых звеньев, обладающих типовыми характеристиками.

При описании динамических свойств тепловых объектов широкое распространение получили характеристики следующих соединений простых звеньев:

а) инерционного звена первого порядка, последовательно соединенного с усилительным и запаздывающим звеньями,

$$W_0(p) = \frac{Ke^{-p\tau}}{1 + Tp},$$

б) интегрирующего звена, последовательного соединенного с усилительным и запаздывающим звеньями,

$$W_0(p) = \frac{Ke^{-p\tau}}{Tp}.$$

При переходе от динамических характеристик сложных объектов к соединениям простых звеньев динамические свойства могут быть описаны с помощью трех параметров: K , τ и T .

Рассмотрим способ такого перехода. Простейший из них состоит в том, что к кривой разгона в точке ее перегиба (точка a рисунок 1) проводится касательная до пересечения с установившимся значением регулируемой величины y отрицательной полуосью ординат, как показано на рисунке, а далее через точку O' пересечения касательной с осью абсцисс проводится прямая, параллельная оси ординат $O'C$.

Указанные построения позволяют определить длины отрезков b , τ и T . При этом линия $O'a$ одновременно является касательной к экспоненте, сдвинутой вправо на отрезок τ от начала координат. Это означает, что исследуемый объект может быть представлен в виде последовательного соединения трех звеньев:

усилительного W_1 с передаточной функцией $W_1 = Kx_{\text{вых}}/x_{\text{вх}}$;

запаздывающего со временем запаздывания τ и передаточной функцией $W_2(p) = e^{-p\tau}$,

инерционного первого порядка с постоянной времени T и передаточной функцией

$$W_3(p) = \frac{1}{pT + 1};$$

Результирующая передаточная функция будет иметь вид

$$W_0(p) = \frac{Ke^{-p\tau}}{1 + Tp},$$

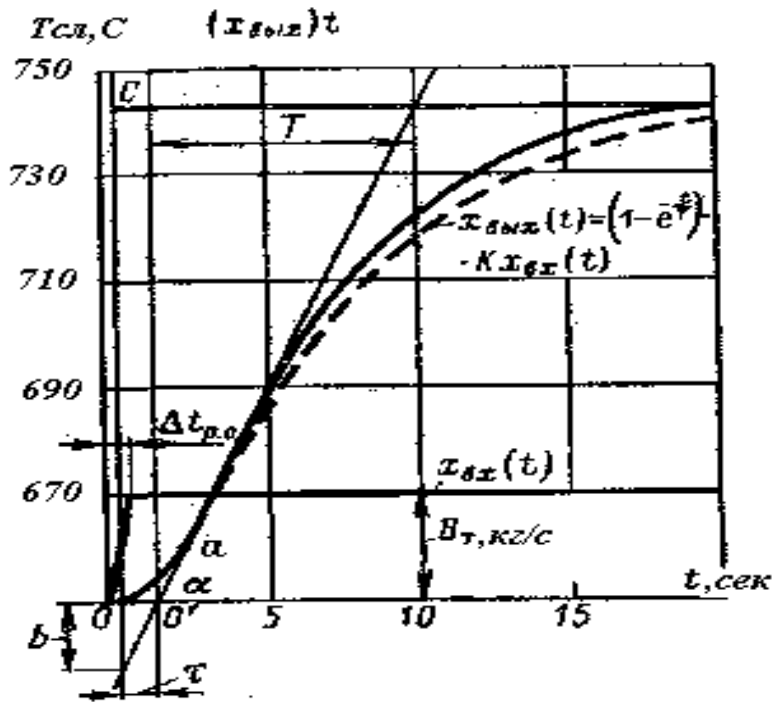


Рисунок 1 — Экспериментальная кривая разгона топочного устройства по температуре слоя при возмущении расходом топлива

Кривая разгона $x_{\text{вых}}(t)$ (сплошная линия на рисунке 1) заменяется участком запаздывания τ и экспонентой $x_{\text{вых}}^*(t) = Kx_{\text{вх}}(1 - e^{-t/T})$ (пунктирная линия на рисунке). Динамические свойства объекта при такой замене характеризуют три параметра:

Коэффициент усиления или передачи $K = x_{\text{вых}}^{\text{уст}} / x_{\text{вх}}$; обратная ей величина — степень самовывравнивания $\rho = 1/K$; в данном случае $K = \frac{\Delta T_{\text{уст}}}{\Delta B_T}$, $\frac{^\circ\text{C}}{\text{кг/с}}$.

Коэффициент ρ характеризует свойство самовывравнивания, т. е. способность объекта самостоятельно восстанавливать нарушенное равновесие между притоком и стоком энергии или вещества. Благодаря этому свойству, присущему многим теплоэнергетическим объектам, регулируемая величина на выходе звена или объекта после нанесения возмущения стремится к новому установившемуся значению без помощи автоматического регулятора или оператора, управляющего процессом.

Время запаздывания τ определяется отрезком, отсекаемым касательной на оси времени, и является условным запаздыванием, поскольку отклонение регулируемой величины начинается в реальных объектах гораздо раньше момента τ .

Скорость разгона ε определяется углом наклона касательной к оси времени и зависит как от динамических свойств объекта, так и от величины возмущающего воздействия. Чтобы значение ε было постоянным для данного объекта и не зависело от величины возмущающего воздействия, его численное значение принимают равным

$$\varepsilon = \frac{b}{T x_{\text{вх}}} = \frac{tg \alpha}{x_{\text{вх}} T}, \text{ или } \varepsilon = \frac{x_{\text{уст}}}{x_{\text{вх}} T}, \text{ где } T \text{ — время разгона объекта.}$$

При операциях с размерными величинами $\varepsilon = K/T$ единиц коэффициента усилия/единиц времени; в данном случае $\varepsilon = K/T = \frac{^\circ\text{C}}{\text{кг/с}}$.

Динамические свойства указанного объекта характеризуются двумя параметрами: запаздыванием τ и скоростью разгона ε , численно равной коэффициенту пропорциональности интегрирующего звена.

Цель проведения эксперимента: определение динамических характеристик топочного устройства с кипящим слоем.

Порядок проведения опытов:

- подготовка огневой установки FB-2(150) и измерительных приборов,
- загрузка топлива в бункер вибропитателя,
- включение дымососа и вентилятора,
- установление расхода воздуха,
- включение вибропитателя и розжиг кипящего слоя.

После установления процесса горения топлива добавляется инертный наполнитель до необходимой высоты кипящего слоя.

После стабилизации регулируемой величины на требуемом значении в течение некоторого времени наносится возмущающее воздействие.

Снимаются показания всех приборов требуемое количество раз.

В результате эксперимента полученные кривые разгона по температуре кипящего слоя при возмущающем воздействии расхода топлива и расхода воздуха обрабатываются путём расчета настроек регуляторов. Исходными данными для расчета настроек служат экспериментальные кривые разгона по каналу регулирующего воздействия. При расчетах они заменяются кривыми разгона математической модели объекта, состоящей из последовательно соединенных двух звеньев: запаздывающего и одноемкостного инерционного (с самовыравниванием) или нейтрального (без самовыравнивания). Замена производится проведением касательной в точке перегиба кривой разгона или продолжением участка ее постоянного наклона к оси времени t .

В процессе обработки были вычислены следующие величины, характеризующие динамические свойства объекта:

- коэффициент усиления $K = x_{\text{вых}}^{\text{уст}} / x_{\text{вх}}$ (единиц отклонения $x_{\text{вых}}(t)$ единиц измерения $x_{\text{вх}}$ и степень самовыравнивания $\rho = 1/K$;
- постоянную времени T , *сек* или *мин*; время запаздывания τ , *сек* или *мин*;
- скорость разгона $\varepsilon = K/T$ или $\varepsilon = b/X_{\text{вх}}$ τ ; (единиц отклонения $x_{\text{вых}}(t)$: единиц измерения $x_{\text{вх}}$ * единицу времени);
- безразмерную величину $\varepsilon\tau$.

По вычисленным величинам в зависимости от выбранных показателей качества и формы процесса регулирования рекомендуются расчетные формулы для определения параметров Kp или δ , T_i и T_d в П-, ПИ- и ПИД- регуляторах.

Рассчитываются параметры, характеризующие динамические свойства объекта. Уравнение, описывающее динамические характеристики объекта, имеет вид:

$$x_{\text{вых}} = Kx_{\text{вх}} - Kx_{\text{вх}} e^{-\frac{t}{T}}$$