

## РАЗРАБОТКА ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА.

Красуцкий Е.В. - студент, Смолин В.С. - аспирант, Пронь Г.П. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Тепловые станции России в настоящее время дают около 80% электроэнергии и в настоящее время наблюдается тенденция замены проектного топлива на альтернативное, зачастую менее качественное и более дешевое, в-основном, растительные отходы, поэтому перед теплоэнергетикой встают проблемы, связанные с необходимостью замены изношенного и морально устаревшего оборудования новым, в котором реализовывались бы более эффективные технологии сжигания низкосортных топлив.



Рисунок 1 – Гранулы из лузги гречихи.

Применение технологии сжигания топлива в кипящем слое позволяет в принципе разрешить такие противоречивые проблемы энергетики, как повышение эффективности сжигания влажного и высокосольного топлива и снижение выбросов золы, окислов азота и серы, а также увеличить степень утилизации минеральной части топлива.

Одним из перспективных направлений развития энергомашиностроения является разработка новых технологий сжигания твердого топлива, в том числе растительных отходов (рисунки 1-3), в топках с кипящим слоем, проектирование и оптимизация конструкций таких топков, а также оптимизация режимов их работы. При этом стоит отметить тот факт, что возможна не только установка нового оборудования, но и модернизация уже существующего оборудования.



Рисунок 2 - Брикеты из лузги гречихи.

Однако в настоящее время теоретическая база для решения этих проблем явно слаба. Топки с кипящим слоем относятся к тем объектам, для которых математическое и численное моделирование оказывается важнейшим и, зачастую, единственным средством для обоснованного выбора технического решения.



Рисунок 3 - Брикеты из отходов производства льняного волокна.

В Алтайском государственном техническом университете на кафедре котло- и реакторостроения ведутся постоянные работы по исследованию горения различных видов топлива в кипящем слое. На основе этих исследований возможно расширение теоретической базы моделей горения частиц топлива и разработка усовершенствованных способов сжигания низкокачественного топлива в кипящем слое. При таком способе сжигания дымовые газы являются наименее вредными, а эффективность сжигания топлива наибольшей. При этом потери тепла от механической неполноты сгорания топлива минимальны, эта проблема решается учетом фракционного состава подаваемого в топку топлива, а также выбором скоростей подаваемого топлива.

#### ПРОЕКТ ПАРОВОГО БЕЗБАРАБАННОГО КОТЛА Е-2,5-4,0 ДЛЯ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ И УГЛЯ (КУЗНЕЦКИЙ ДР)

Каширских М.В. - студент, Жуков Е.Б. - к.т.н., доцент

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

Основными проблемами в промышленной и коммунальной энергетике, помимо отсутствия средств на приобретение дорогостоящего топлива, является устаревшее физически и морально оборудование коммунальных котельных, требующее серьезного улучшения. Особенно это относится к котельным установкам паропроизводительностью до 20 т/ч, для которых характерны ухудшенное топливоиспользование и высокие трудозатраты на единицу вырабатываемой энергии. При современном развитии науки и техники имеются все возможности поднять малую и среднюю энергетику на новую техническую ступень. Для этого необходимо создание котельного оборудования высокой эффективности и соответствующее современным требованиям.

Алтайский край является сельскохозяйственным регионом. Разработка эффективных способов сжигания отходов сельскохозяйственной продукции позволит решить проблемы утилизации и сделает сельскохозяйственные предприятия более независимыми от сторонних поставщиков топлива, что позволит сократить издержки. Попытке создания подобного оборудования посвящена данная работа.

Целью этого проекта является проектирование безбаранного парового котла с естественной циркуляцией, имеющего следующие данные: паропроизводительность 2,5 т/ч давление сухого насыщенного пара 4 МПа, температура питательной воды 104°C. Данное топливо – Кузнецкий ДР, лузга гречишная.

Задача использования отходов производства для получения пара, тепла и электроэнергии является в настоящее время крайне актуальной. В условиях постоянного удорожания энергетического топлива выгода от сжигания отходов становится существенной. Кроме того, и это в ряде случаев еще более важно, решается задача исключения складирования, транспортировки или захоронения отходов.

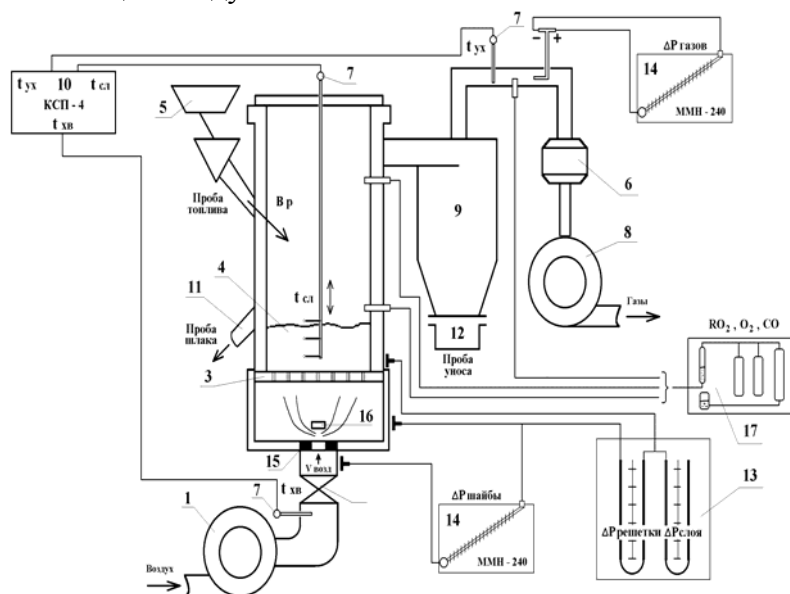
Топочный процесс организован следующим образом сжигания угля происходит в слое, процесс механизированный - применяется топка с шурующей планкой ТШПМ-2,0, для максимального выгорания частиц лузги организовано вихревое сжигания с помощью вторичного дутья, которое распределяется между соплами вторичного дутья и завихрителем.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Меняев К.В. - аспирант, Фурсов И.Д. - к.т.н., профессор, Пронь Г.П. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Изучение поведения и выгорания топливных частиц в кипящем слое можно провести на малогабаритной камере сгорания FB - 2 (150) (рисунок 1). Большой диапазон регулирования режимных параметров позволяет широко варьировать высоту слоя, а также сжигать любое твердое топливо, гранулы с различным составом.

Установка FB - 2 (150) состоит из камеры сгорания диаметром 150 мм и высотой 1200 мм. Толщина стенок камеры сгорания составляет 7 мм. Охлаждение стенок происходит путем естественной конвекции воздуха.



1- вентилятор; 2 – регулировочный вентиль; 3 – воздухораспределительная решетка; 4 – кипящий слой; 5 – вибропитатель; 6 – фильтр тканевый; 7 – термопары; 8 – дымосос; 9 – циклон; 10 – КСП – 4; 11 – слив слоя; 12 – пробоотборник уноса; 13 – блок манометров; 14 – микроманометр; 15 – шайба; 16 – рассеиватель; 17 – газоанализатор КГА – 1 (орса).

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки FB – 2

Стенки камеры сгорания выполнены из стали 12Х18Н10Т. Отсутствие изоляции на камере сгорания приводит к быстрому падению температуры над слоем. Это обстоятельство ограничивает сгорание уносимых углеродистых частиц. Высота сепарационного пространства равна 1 м, что обеспечивает унос в режиме пневмотранспорта. В нижней части камеры сгорания расположена перфорированная решетка с живым сечением 2,5 % и диаметром отверстий 1,2 мм. В подрешеточную камеру подается холодный воздух высоконапорным вентилятором. Подача гранул на слой осуществляется вибропитателем. Отбор проб уноса осуществляется из-под циклона, с помощью съемного пробоотборника и тканевого фильтра, установленного после циклона.

Предусмотрен также специальный пробоотборник для взятия проб из слоя в количестве 45-50 г. Взятая проба из слоя быстро охлаждается без доступа воздуха, а в слой досыпается такая же порция слоя.

Для контроля и измерения температуры слоя, холодного воздуха, уходящих газов используются хромель-копелевые термопары (ТХК), подключенные к самопишущему прибору КСП-4. Для измерения сопротивлений слоя, решетки и шайбы могут использоваться U-образники или микроманоматры, для определения состава дымовых газов газоанализатор КГА-1.

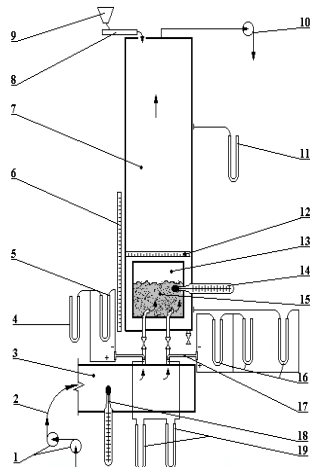
Для оптимизации расчета решетки с колпачками, которые представляют собой горизонтальные сопла, необходимо правильно рассчитать все параметры струи взаимодействующей на частицы кипящего слоя и конструктивные элементы топочного устройства. В настоящее время известны работы, в которых закономерности развития струи различных типов рассмотрены применительно к расчетам и конструированию газораспределительных устройств.

Однако, чтобы применить известную методику расчета, необходимо сопоставить результаты расчета с параметрами конкретных конструкций и внести коррекцию в эмпирические коэффициенты методики.

Экспериментальные исследования воздушной среды в кипящем слое включает следующие процедуры:

- визуальное наблюдение за развитием струи;
- измерение распределения температуры и скорости газа;
- определение размеров струи и пограничных слоев;
- определение интенсивности износа материала слоя и конструкций, размещенных в слое.

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 2.



1 – нагнетающие вентиляторы 30-ЦС; 2 – подача воздуха в камеру распределения; 3 – камера распределения; 4 – жидкостный манометр первого газораспределительного колпачка; 5-микроманометр типа ММН; 6–измерительная линейка; 7 – воздушный короб; 8 –дозатор; 9 –питатель; 10 – дымосос; 11 – микроманометр; 12 – измерительная линейка; 13 – стекло; 14 – термометр; 15 – псевдооживленный слой; 16 – блок манометров; 17 - трубка Прандтля; 18 – термометр; 19 – манометр.

Рисунок 2. – Схема измерений на плоском стенде с кипящим слоем для изучения струй (FB-4)

Установка снабжена системой раздельной подачи воздуха на каждый колпачок и оснащена необходимым регулирующим и контрольно-измерительным оборудованием. Для наблюдения за течением струи колпачки распилены и размещены плоской гранью непосредственно у прозрачной стенки аппарата. При подаче воздуха через колпачки можно наблюдать, фотографировать и снимать на видеопленку процесс развития и взаимодействия

струи в слое зернистого материала. Для большей наглядности картины некоторые частицы слоя специально окрашивали в черный цвет.

Наиболее сложный случай струйного истечения наблюдается при осуществлении режима ввода струи в псевдооживленный слой частиц. Течение в этом случае характеризуется образованием неустойчивой поверхности раздела слоя с областью газового факела, форма и размеры которого периодически изменяются.

## ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Попов И.А., Апарин М.И, Конник Р.А., Сорокин Н.Д., Юломанов А.Н - студенты,  
Меняев К.В. - аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сжигание топлива - не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в среду загрязняющих веществ. Тепловые электростанции в наибольшей степени «ответственны» за усиливающийся парниковый эффект и выпадение кислотных осадков. Они, вместе с транспортом, поставляют в атмосферу основную долю техногенного углерода (в основном в виде СО), около 50% двуокиси серы, 35% - окислов азота и около 35% пыли. Имеются данные, что тепловые электростанции в 2-4 раза сильнее загрязняют среду радиоактивными веществами, чем АЭС такой же мощности.

В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа-400 млн. доз, магния -1,5 млн. доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется только потому, что они попадают в организмы в незначительных количествах. Это, однако, не исключает их отрицательного влияния через воду, почвы и другие звенья экосистем.

Можно считать, что тепловая энергетика оказывает отрицательное влияние практически на все элементы среды, а также на человека, другие организмы и их сообщества.

Угли содержат от 0,2 до десятков процентов серы в основном в виде пирита, сульфата, закисного железа и гипса. Имеющиеся способы улавливания серы при сжигании топлива далеко не всегда используются из-за сложности и дороговизны. Поэтому значительное количество ее поступает и, по-видимому, будет поступать в ближайшей перспективе в окружающую среду. Серьезные экологические проблемы связаны с твердыми отходами ТЭС - золой и шлаками. Хотя зола в основной массе улавливается различными фильтрами, все же в атмосферу в виде выбросов ТЭС ежегодно поступает около 250 млн. т. мелкодисперсных аэрозолей. Эти аэрозоли способны заметно изменять баланс солнечной радиации у земной поверхности. Они же являются ядрами конденсации для паров воды и формирования осадков, попадая в органы дыхания человека и других организмов, вызывают различные респираторные заболевания.

Выбросы ТЭС являются существенным источником такого сильного канцерогенного вещества, как бензопирен. С его действием связано увеличение онкологических заболеваний. В выбросах угольных ТЭС содержатся также окислы кремния и алюминия. Эти абразивные материалы способны разрушать легочную ткань и вызывать такое заболевание, как силикоз, которым раньше болели шахтеры. Сейчас случаи заболевания силикозом регистрируются у детей, проживающих вблизи угольных ТЭС.

Серьезную проблему вблизи ТЭС представляет складирование золы и шлаков. Для этого требуются значительные территории, которые долгое время не используются, а также являются очагами накопления тяжелых металлов и повышенной радиоактивности.

Имеются данные, что если бы вся сегодняшняя энергетика базировалась на угле, то выбросы СО, составляли бы 20 млрд. тонн в год (сейчас они близки к 6 млрд. т/год). Это тот предел, за которым прогнозируются такие изменения

Серьезную проблему представляет безопасное хранение возрастающих запасов отработанного топлива и ядерных отходов, которые производятся атомными станциями. Хотя атомные станции и являются дешевыми источниками энергии, но вместе с тем отрасль сталкивается с серьезными проблемами экологического и политического характера. Некоторые страны ввели мораторий на строительство новых АЭС (Бельгия, Испания, Швеция).

Переход на новые, более "чистые" источники энергии также способствует уменьшению загрязнения природной среды. Так, сжигание на ГРЭС или ТЭЦ природного газа вместо угля позволяет резко снизить выбросы диоксида серы.

## ТАРИРОВКА РАСХОДА ВОЗДУХА НА ОГНЕВОМ СТЕНДЕ FB-2

Аврамов В.И. - студент, Меняев К.В. - аспирант,  
Фурсов И.Д. - к.т.н., профессор, Пронь Г.П. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Тарировка расхода воздуха необходима для определения значения скорости воздуха, подаваемого на решетку.

Тарировка расхода воздуха проводилась с использованием показаний трубки Прандтля ( $\Delta P_{тр.Пр.}$ ) и показаний сопротивления шайбы ( $\Delta P_{ш.}$ ). Трубку Прандтля устанавливали в газоходе перед циклоном (рисунок 1). Показания трубки Прандтля фиксировал микроманометр, так же как и показания сопротивления шайбы. Все данные записаны в таблицу 1. На основании экспериментальных данных был построен тарировочный график зависимости скорости воздуха от сопротивления шайбы.

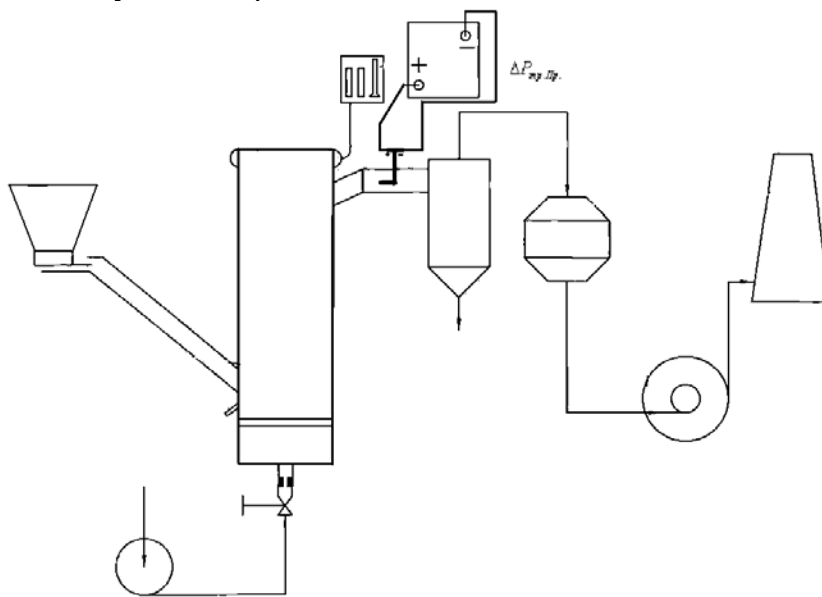


Рисунок 1 – Схема измерений на установке FB – 2 для тарировки расхода воздуха

Расход воздуха определяется по формуле: 
$$V_g = \sqrt{\frac{\Delta P_{тр.Пр.} \cdot 2 \cdot F^2}{K_{тр.} \cdot \rho}}$$

Сопротивление трубки Прандтля:  $\Delta P_{тр.Пр.} = 0,2 \cdot \Delta P$ .

Коэффициент трубки:  $K_{тр.} = 0,98$ .

Плотность воздуха:  $\rho = 1,29 \cdot \frac{273}{273 + t_g}$ ,

где  $t_g$  - температура воздуха, °С.

Скорость воздуха:  $W = \frac{V_6}{F}$ , где F – сечение слоя.

В таблице 1 представлены результаты тарировки расхода воздуха на огневом стенде FB-2.

Тарировочная характеристика имеет вид, представленный на рисунке 2.

Поскольку при малых скоростях воздуха (от 0,1 до 1 м/с) было невозможно измерить расход воздуха, то в этом диапазоне тарировочная характеристика построена расчетным путем (серая область характеристики).

Таблица 1 – Тарировка расхода воздуха

№	$\Delta P_{ш}, \frac{кгс}{м^2}$	$W_{в}, м/с$
1	28,4	1,29
2	35,6	1,83
3	44,2	2,1
4	49	2,29
5	53,6	2,58
6	56,8	2,74
7	60	2,98
8	61	23,1

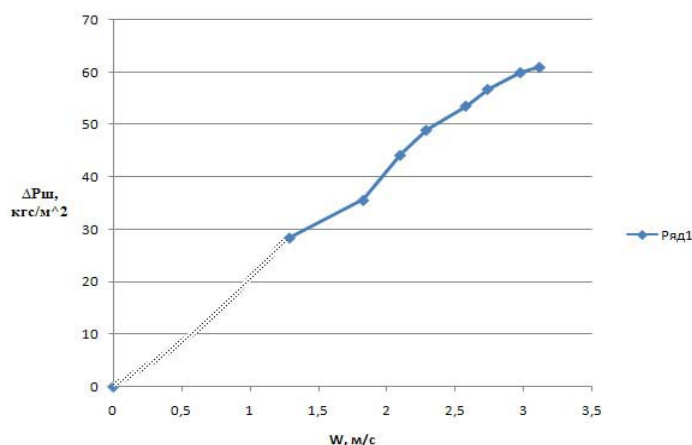


Рисунок 2 – Тарировочный график расхода воздуха

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СЛОЯ И СКОРОСТЬ НАЧАЛА ОЖИЖЕНИЯ

Меняев К.В. - аспирант, Фурсов И.Д. - к.т.н., профессор, Пронь Г.П. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сжигание топлива в кипящем слое в настоящее время является актуальным, так как отмечена тенденция увеличения зольности и влажности добываемых углей, что затрудняет их использование. Поэтому технология по сжиганию топлив в низкотемпературном кипящем слое позволяет применять в качестве топлива низкосортные угли и одновременно эффективно снижать выбросы вредных веществ.

Наряду со многими достоинствами, методу сжигания топлива в кипящем слое свойственны следующие недостатки:

- разное время пребывания в псевдооживленном слое частиц твердой фазы и оживающего агента;
- возможное изменение свойств твердых частиц (истирание, растрескивание, науглероживание, спекание и т.д.);
- необходимость установки мощных пылеулавливающих аппаратов на выходе дымовых газов из котла, особенно при широком гранулометрическом составе летучих частиц;
- эрозия поверхности нагрева в пределах слоя, особенно значительная в случае использования частиц с высокими абразивными свойствами;
- ограниченность рабочих скоростей оживающего агента пределами, соответствующими началу псевдооживления частиц и их уносу из слоя;
- необходимость в наличии системы слива и транспортировки наполнителя слоя.

В настоящее время при эксплуатации котельных установок с кипящим слоем возникают проблемы надежности работы слоя. Это связано с образованием в слое крупных частиц. Эти частицы могут попадать в слой при некачественном топливоприготовлении, могут образовываться в слое путем спекания частиц топлива, при попадании их в застойные зоны. Также частицы могут состоять из породы, которая не сгорает при сжигании топлива. Поэтому необходимо исследовать влияние крупных частиц на работу кипящего слоя.

В данной работе исследовались аэродинамические характеристики топочных устройств с кипящим слоем на следующих экспериментальных установках: огневом стенде FB – 2 и изотермической установке с кипящим слоем FB – 4, установленных в лаборатории кафедры «Котло- и реакторостроение». В качестве материала слоя использовался песок (плотность  $\rho_n = 1272, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ). Фракция песка составляет 0,1 – 5 мм. В качестве крупных частиц использовались гравий (плотность  $\rho_n = 1262, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ), шлак (плотность  $\rho_n = 484,55 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ), частицы слипшегося песка (плотность  $\rho_n = 731, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ). Размер крупных частиц 10 – 20 мм. Концентрация крупных частиц в слое – 5, 10, 20%. Результатом экспериментов явились построенные гидродинамические характеристики.

На рисунке 1 видно, что при увеличении концентрации крупных частиц из слипшегося песка немного уменьшается сопротивление слоя. Это объясняется тем, что кажущая плотность частиц из слипшегося песка ( $\rho_k = 1950 \text{ кг/м}^3$ ) практически равна кажущей плотности самого песка ( $\rho_k = 1818 \text{ кг/м}^3$ ), насыпные плотности отличаются. Этим же объясняется небольшое расхождение в скоростях начала псевдооживления.

Также на рисунке 1 видно явное отклонение хода гидродинамической характеристики при концентрации крупных частиц 50% от характеристик, при меньших концентрациях крупных частиц. Это явление имеет место, так как в ходе эксперимента не удалось полностью оживить такое количество крупных частиц. При скоростях воздуха  $w_v \approx 0,5 \text{ м/с}$  видно, что оживается мелкая фракция слоя (песок), а крупные частицы начинают оживаться при скоростях  $w_v \approx 2 \text{ м/с}$ . В данных условиях оказалось невозможным оживить слой при концентрации крупных частиц 50% по условиям эксперимента – не хватило мощности вентилятора.



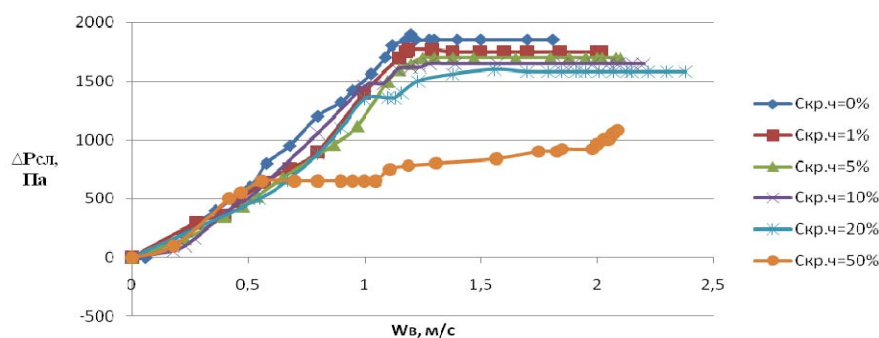


Рисунок 1 - График зависимости сопротивления слоя от скорости воздуха

По результатам экспериментов приведенных на установке FB - 4 строим обобщающую гидродинамическую характеристику, представленную на рисунке 2. Из рисунка 2 можно сделать вывод, что при увеличении концентрации крупных частиц из гравия увеличивается сопротивление слоя, т.к. кажущая плотность гравия ( $\rho_k = 2525 \text{ кг/м}^3$ ) больше, чем кажущая плотность самого песка ( $\rho_k = 1818 \text{ кг/м}^3$ ). Отсюда вытекает расхождение в скоростях начала ожигения. График зависимости сопротивления слоя от концентрации крупных частиц представлен на рисунке 5.

На рисунке 4 представлена зависимость степени ожигения слоя от концентрации крупных частиц в слое. Из графика видно, что степень ожигения возрастает при большей концентрации крупных частиц в слое. Это значит, что крупные частицы плотностью большей, чем наполнитель слоя, оказывают влияние на скорость начала ожигения. На ожигение слоя требуется больший расход ожигающего агента. Обобщая вышеуказанные факторы, можно утверждать, что крупные частицы большей плотности, чем сам наполнитель слоя оказывают отрицательное влияние на общую аэродинамическую картину топочного устройства с кипящим слоем, нарушают его однородность, а, значит, крупные частицы вызывают проблемы в эксплуатации котлоагрегата, с которыми нужно уметь бороться.

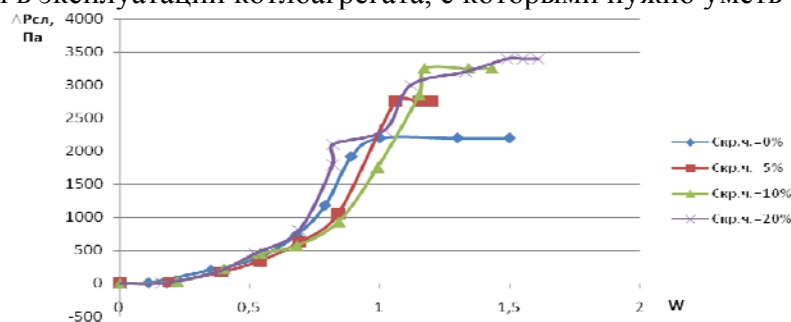


Рисунок 2 - График зависимости сопротивления слоя от степени ожигения

При анализе экспериментальных данных, полученных при добавлении в слой частиц шлака, наблюдается совсем другая картина. Из рисунка 3 можно сделать вывод, что при увеличении концентрации крупных частиц из шлака уменьшается сопротивление слоя, т.к. плотность шлака меньше плотности песка. График зависимости сопротивления слоя от концентрации крупных частиц в слое представлен на рисунке 5. Степень ожигения слоя при разных концентрациях крупных частиц шлака в слое практически одинакова и при увеличении концентрации даже становится меньше (рисунок 4). Для ожигения слоя при таких условиях требуется меньший расход ожигающего агента. Получается, что крупные частицы в слое меньшей плотности, чем сам слой также влияет на общую аэродинамическую картину топочного устройства с кипящим слоем.

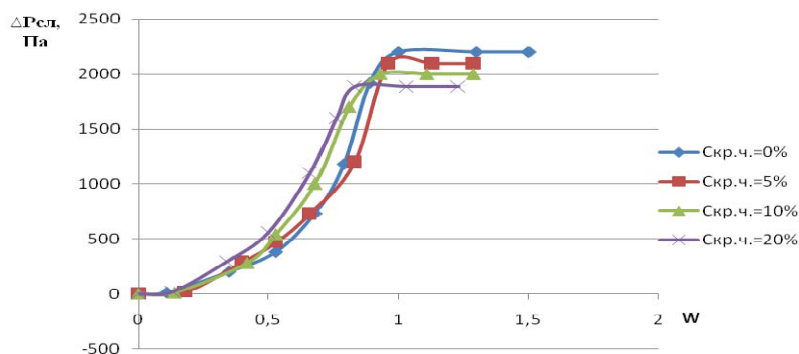


Рисунок 3 - График зависимости сопротивления слоя от степени ожигения.

Из представленных выше графиков зависимостей и их анализа при использовании крупных частиц из шлака наблюдается совсем иная аэродинамическая картина, чем при добавлении в слой крупных частиц из гравия. При добавлении в слой крупных частиц гравия степень ожигения слоя возрастает, а при добавлении частиц шлака, наоборот, убывает.

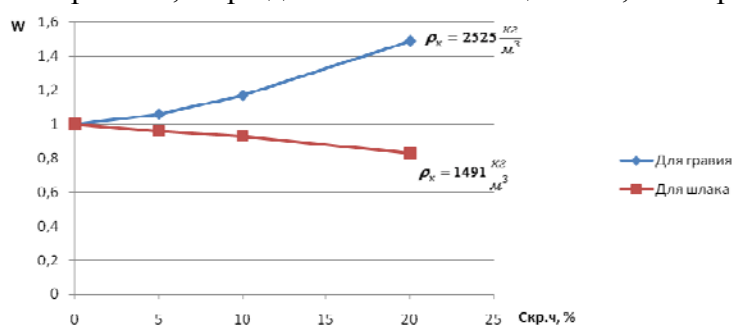


Рисунок 4 - График зависимости степени ожигения слоя от концентрации крупных частиц из гравия и шлака

При добавлении в слой крупных частиц гравия сопротивление слоя возрастает, а при добавлении частиц шлака, наоборот, убывает.

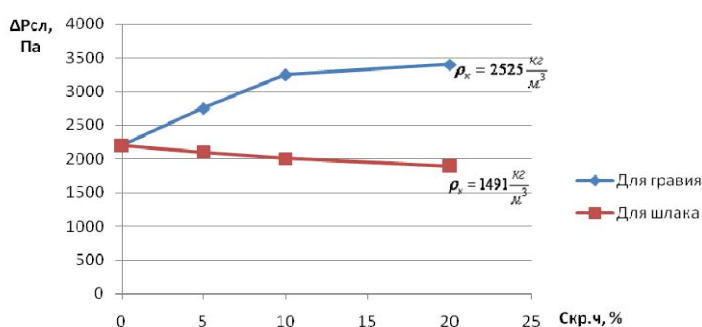


Рисунок 5 - График зависимости сопротивления слоя от концентрации крупных частиц из гравия и шлака

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Попов И.А., Апарин М.И, Конник Р.А., Сорокин Н.Д., Юломанов А.Н - студенты,  
 Меняев К.В. - аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Около 80% используемой в настоящее время электроэнергии вырабатывается на ТЭС. Известно, что в настоящее время идет сокращение использования мазута и газа на ТЭС путем замещения их твердым топливом. Однако при этом отмечена тенденция увеличения

зольности и влажности добываемых углей, что затрудняет их использование. Поэтому в настоящее время актуальной проблемой является внедрение в энергетику техники по сжиганию топлив в низкотемпературном кипящем слое, позволяющей применять в качестве топлива низкосортные угли и одновременно эффективно снижать выбросы вредных веществ.

Широкое внедрение метода псевдоожижения в промышленную практику обусловлено следующими его основными достоинствами:

- интенсивное перемешивание твердой фазы, приводящее к практическому выравниванию температур и концентраций в объеме псевдоожиженного слоя.
- возможность использования твердых частиц малых размеров.
- подвижность псевдоожиженного слоя позволяет создать аппараты с непрерывным вводом свежей и отводом отработанной твердой фазы, используя при этом выносные устройства для теплообмена и регулирования температуры.
- небольшое гидравлическое сопротивление и независимость его величины от скорости ожижающего агента (газа, жидкости) в пределах существования псевдоожиженного слоя.
- широкий диапазон свойств применяемых твердых частиц и ожижающих агентов (газы, пары и капельные жидкости).
- сравнительно простое устройство аппаратов с псевдоожиженным слоем, легкость их механизации и автоматизации
- низкие температуры сгорания приводят к снижению выбросов оксидов азота.
- появляется возможность использовать уголь с повышенным содержанием серы, с высокой зольностью и с низкой теплотой сгорания.

Наряду со многими достоинствами, методу сжигания топлива в кипящем слое свойственны следующие недостатки:

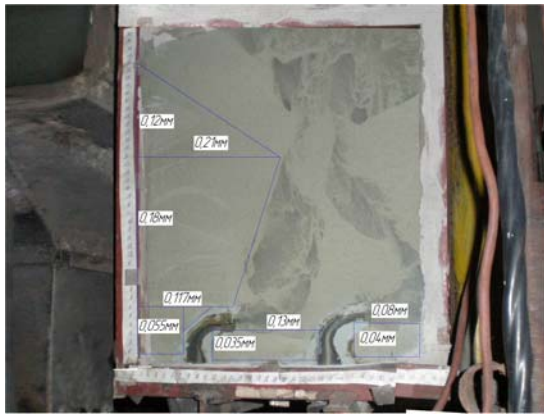
- разное время пребывания в псевдоожиженном слое частиц твердой фазы и ожижающего агента;
- возможное изменение свойств твердых частиц (истирание, растрескивание, науглероживание, спекание и т.д.);
- необходимость установки мощных пылеулавливающих аппаратов на выходе дымовых газов из котла, особенно при широком гранулометрическом составе летучих частиц;
- ограниченность рабочих скоростей ожижающего агента пределами, соответствующими началу псевдоожижения частиц и их уносу из слоя;
- необходимость в наличии системы слива и транспортировки наполнителя слоя.

В настоящее время при эксплуатации котельных установок с кипящим слоем возникают проблемы надежности работы слоя. Это связано с образованием в слое крупных частиц. Эти частицы могут попадать в слой при некачественном топливоприготовлении, могут образовываться в слое путем спекания частиц топлива, при попадании их в застойные зоны. Также частицы могут состоять из породы, которая не горит при сжигании топлива. Поэтому необходимо исследовать влияние крупных частиц на работу кипящего слоя.

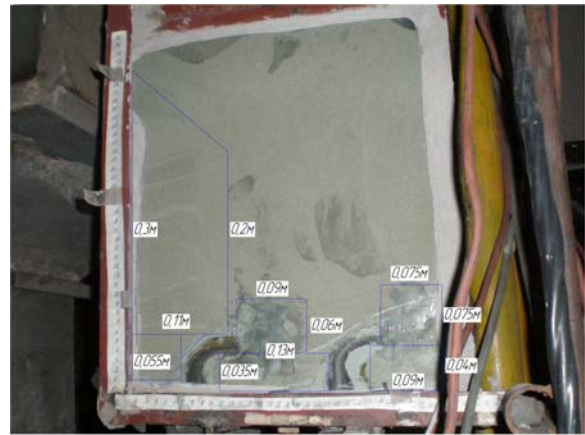
## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ ТОПЛИВА НА ОБРАЗОВАНИЕ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН В КИПАЩЕМ СЛОЕ

Меняев К.В. - аспирант, Фурсов И.Д. - к.т.н., профессор, Пронь Г.П. - доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Исследование влияния застойных зон на работу кипящего слоя проводилось на изотермическом плоском стенде FB – 4, установленном в лаборатории кафедры КиРС. В слой состоящий из песка фракцией 0,1 – 5 мм добавлялись крупные частицы из гравия. Концентрация крупных частиц составляла 0, 5, 10, 20%. Во время ожижения слоя производилось фотографирование процесса ожижения через стекло. По полученным фотографиям, представленных на рисунке 1, производился расчет объема застойных зон. Все расчетные данные занесены в таблицу 1.



а)



б)



в)



г)

а - застойные зоны при 0% крупных частиц; б - застойные зоны при 5% крупных частиц; в - застойные зоны при 10% крупных частиц; г - застойные зоны при 20% крупных частиц

Рисунок 1 – Изображение застойных зон на экспериментальном стенде

Таблица 1 – Размеры застойных зон при разных концентрациях крупных частиц в слое

Объем застойных зон (Vз.з), м <sup>3</sup>	Концентрация крупных частиц (Скр.ч), %
0,00389	0
0,004395	5
0,00467	10
0,00486	20

Исходя из рисунков 1, а –г построен график зависимости объема застойных зон от концентрации крупных частиц, представленный на рисунке 2. Проанализировав этот график, видно, что при увеличении концентрации крупных частиц возрастает объем застойных зон, что в свою очередь негативно влияет на работу кипящего слоя.

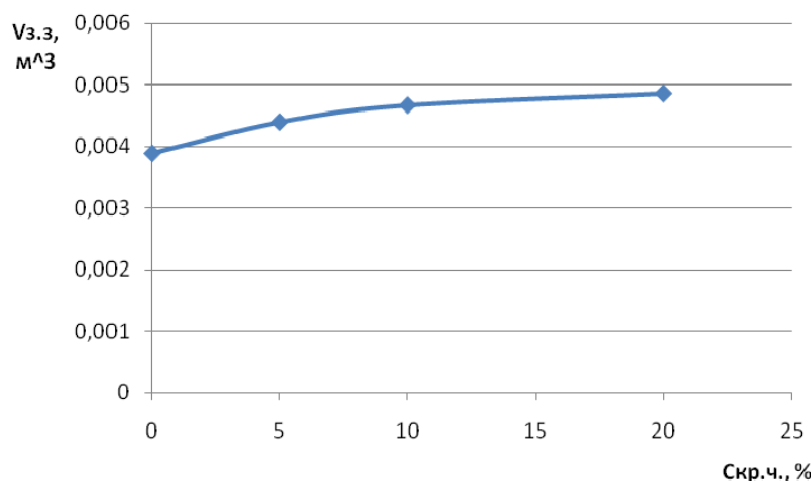


Рисунок 2 - График зависимости объема застойных зон от концентрации крупных частиц.

### РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА, ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Ратушин Е.Г., Карасев П.В. - студенты, Гладких А.А. –к.т.н. ст.преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Целью данной работы является разработка экспериментально – исследовательского комплекса, предназначенного для автоматизированного проведения температурных измерений, на базе ПЭВМ (персонального электронно-вычислительной машины) при помощи платы аналогово – цифрового преобразования. Представлены результаты проведенных, при помощи комплекса, автоматизированных температурных измерений, на экспериментальной установке по коксованию угля.

В основу комплекса положена плата сбора и обработки данных Ла 1.5 PCI. Плата является составной частью ПЭВМ. В качестве ПЭВМ используется IBM PC - совместимый компьютер. В качестве датчиков температуры использованы хромель-алюмелевые (ХА) термопары. Для управления платой и обработки полученных с неё данных, разработано специализированное программное обеспечение ETaker (Рисунок 1). Измеренное платой термоЭДС усредняется за установленный период измерения и пересчитывается по градуировочной характеристике термопары в значение температуры. После чего она отображается на дисплее ПЭВМ и записывается на жёсткий диск, если включён режим записи.

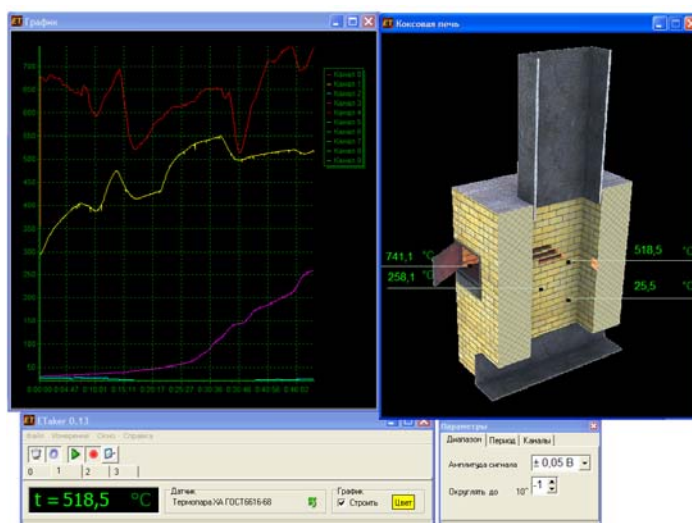


Рисунок 1 – Внешний вид программы ETaker при измерении температуры на стенде по коксованию угля.

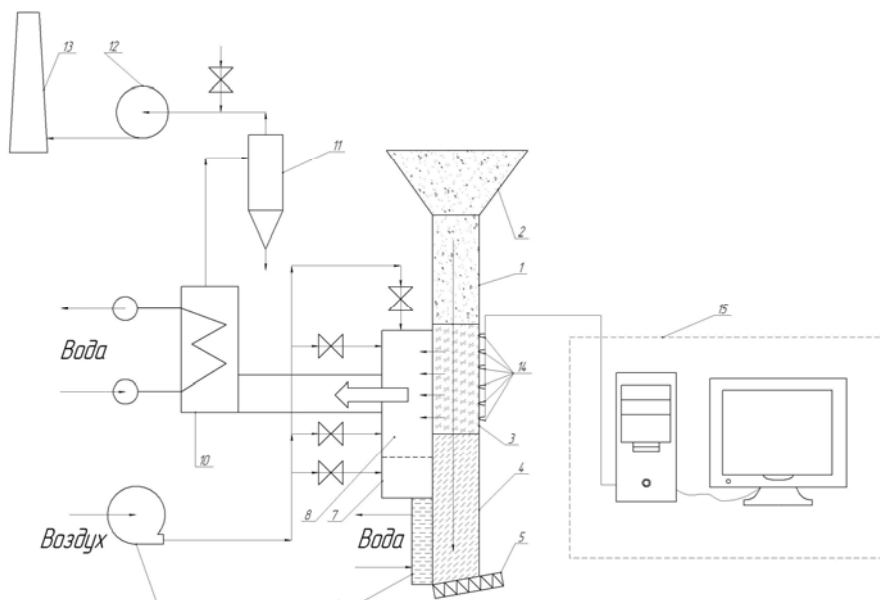
Программа ETaker разработана в среде Borland Delphi 7. При разработке программы использовалась библиотека LASDK (LA Software Development Kit), поставляемая вместе с платой её производителем.

Представленная программа позволяет учитывать поправку на температуру холодного спая термопары, содержит калибровочные таблицы стандартных термопар, а так же имеет режим калибровки при использовании нестандартных датчиков.

Так как специфика температурных измерений на экспериментальной установке по коксованию угля предусматривает длительные измерения (порядка 6-8 часов), то возникла необходимость создания режима работы измерительного комплекса с пониженной частотой регистрации данных, 0,5-1 Гц, что меньше минимальной частоты платы сбора и обработки данных.

Данный режим предусматривает регистрацию среднего значения температуры, полученного из данных зарегистрированных платой, работающей на своей частоте, за один такт регистрации программы.

Апробация разработанного комплекса проводилась на экспериментальном стенде по коксованию угля. Схема стенда приведена на рисунке 2. Измерение температуры производилось в четырех точках, при помощи термопар ХА, установленных в секции коксования.



1 - бункер; 2- секция загрузки; 3 - секция коксования; 4 - секция охлаждения; 5 - шнек; 6 - охладитель кокса;

7 - растопочный узел; 8 - вихревая камера сгорания; 9 - дутьевой вентилятор; 10 - конвективный охладитель дымовых газов; 11 - золоуловитель; 12 - дымосос; 13 - дымовая труба; 14 - термопары; 15 - экспериментально - измерительный комплекс;

Рисунок 2 – Схема установки по коксованию угля с автоматизированной системой измерения температуры

Время проведения эксперимента составило 7 часов. В результате были получены зависимости изменения температуры в камере коксования. На рисунке 3 показан график изменения температуры в процессе эксперимента.

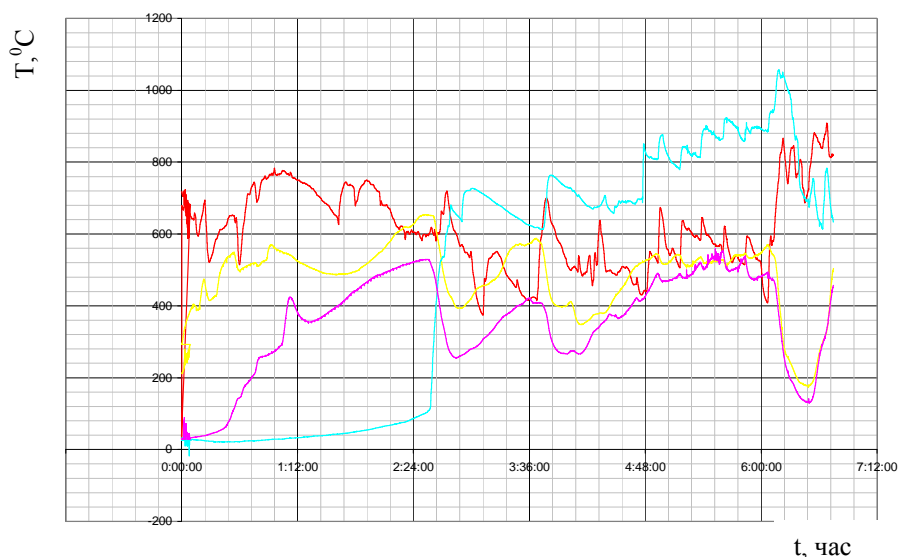


Рисунок 3 – График изменения температуры в камере коксования

Таким образом, представленные результаты позволяют говорить о применимости разработанного комплекса для проведения автоматизированных температурных измерений.

### ПРОЕКТ КОТЛА ПАРОВОГО Е-6,5ВУТ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРОБЫ УГЛЯ С ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЦОФ «АБАШЕВСКАЯ»

Шапошникова Н.С.-студентка, Жуков Е.Б.- к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (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 этой проблемы. Несмотря на активное в последнее время лоббирование отдельными средствами массовой информации идей развития атомной энергетики, как панацеи энергетического кризиса, общемировая статистика в этой области показывает, что атомная энергетика дает только 20 % электроэнергии и доля ее снижается. Сегодня в странах с развитой экономикой более 50 % производства электроэнергии происходит за счет сжигания угольного топлива, а в Китае – стране с переходной экономикой – 72 %. 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.

Очевидно, что наметившаяся тенденция к росту объемов производства угля будет развиваться и далее. 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.



Рассмотрены теплотехнические свойства ВУТ, конструкции существующих паровых и водогрейных котлов малой производительности работающих на водоугольном топливе. А так же конструкции вихревых топочных камер.

## ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ УГЛЯ МУНАЙСКОГО РАЗРЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОКРАТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТОПЛИВА

Якимова И.С. – студентка, Жуков Е.Б. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Опыт развития энергетики стран ближнего зарубежья и ряда регионов Российской Федерации последних нескольких лет показывает активно реализуемые программы по переводу коммунальной энергетики на использование альтернативных видов топлив. Возможность уменьшения зависимости от поставок природного газа и мазута видится в использовании биотоплива

Наиболее актуальной для Алтайского края в данном аспекте видится разработка и активное вовлечение в топливный баланс края бурого угля Мунайского разреза.

По качеству уголь аналогичен углям, поставляемым из Канско-Ачинского бассейна Красноярского края. Высокая влажность бурых углей и большое содержание мелочи затрудняют их сжигание в слоевых топках малой и средней мощности.

Кафедрой Котло и реакторостроения ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» разработана котельная установка, предназначенная для сжигания низкосортных видов топлива. Котельный агрегат имеет такой профиль топочной камеры (рисунок 1), в котором удержание частиц полифракционного топлива основывается на принципе инерционной сепарации.

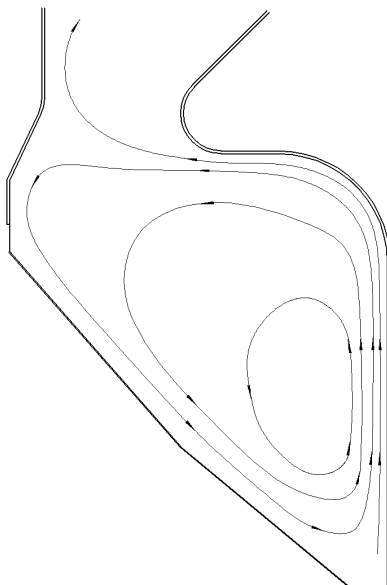


Рисунок 1 – Профиль топочной камеры

Как показывают расчеты и результаты экспериментов на лабораторной установке, предложенный профиль топочной камеры обеспечивает улавливание частиц топлива размером больше 100 мкм. Благодаря развитой внутритопочной аэродинамике и ступенчатой подаче необходимого для горения воздуха масса выбросов оксида азота значительно меньше, чем в типовых топках. Специально организованная гидравлическая схема котлов существенно снижает опасность накипеобразования на внутренней поверхности труб, что делает котлы менее требовательными к химическому составу воды.

Котлы спроектированы с учетом всех современных технологий котлостроения, имеют повышенный к.п.д. и повышенную безопасность при эксплуатации. Реализованный в топочном процессе принцип инерционной сепарации позволяет использовать всю энергию,



заклученную в топливе, снизить механический и химический недожог топлива, повысить технико-экономические и экологические характеристики котла.