



УДК 662.612:331.45

СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНОЙ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

*Селиванов С.Е., Михайлик В.Д., Исаев Е.А.
Херсонская государственная морская академия*

В работе предложена новая технология сжигания любого, в том числе и низкокачественного угля, в кипящем слое. Показано, что сгорание топлива осуществляют при температуре 1700-2600 К и давлении пара 10^1 - 10^4 МПа, причем топливно-воздушную смесь подают вместе с водяным паром в энергетическую установку противотоком вторичному воздуху. Преимущество разработанного способа состоит в интенсификации сгорания топлива за счет оптимальных параметров сгорания и диссоциации водяного пара, которая протекает с получением водорода и который сгорает вместе с топливом. Предложенный способ и проведенные нами исследования по сжиганию топлива позволили повысить экономичность сжигания топлива, а прибавление в кипящий слой определенного количества мелкой извести или зернистого доломита связывает серу и ее вредные соединения при сгорании низкокачественного угля и тем самым улучшаются условия труда за счет устранения действия вредных окислов серы на человека и окружающую среду, что свидетельствует об экологичности предложенной технологии.

Ключевые слова: технология, сжигание, уголь, кипящий слой, интенсификация, энергетическая установка, экономичность, экологичность.

Введение. Сегодня потребности в нефти и природном газе обеспечены на 50-70 лет, по оптимистическим прогнозам на 100-150 лет и цены на них неуклонно повышаются.

В нашей стране, в настоящее время, образовался дефицит природного газа, и это при колоссальных резервах каменного угля, основного топливного ресурса Украины, запасов которого достаточно для всей экономики на 400 лет.

Согласно Энергетической стратегии Украины, объем внутреннего потребления угля к 2015 году должен увеличиться до 98,7 млн. т. Такие же тенденции проявляются в энергетически развитых экономиках Германии, США, ЮАР, Китая, Англии и даже «газовой империи» – России. Потому что, в отличие от нефти и газа, запасы угля распределены по странам и регионам более равномерно и поставки угля менее подвержены геополитической конъюнктуре.

Поэтому в настоящее время достаточно актуальной является проблема более широкого применения каменного угля, т.е. уменьшение потребления газа – замещением его отечественным углем на ТЭС, ТЭЦ, в коммунальных и промышленных котельных.

Отказаться от использования угля в энергетике сегодня невозможно и поэтому необходимы решения, позволяющие повысить эффективность его сжигания, а также снизить или ликвидировать выбросы в атмосферу вредных веществ [1].

Однако основная масса добываемого из недр земли угля отличается низким качеством из-за содержания минеральных примесей, влаги и серы. И для применения его в качестве эффективного топлива необходимо как можно полнее реализовать физико-химический потенциал такого угля.

Для сжигания высококалорийных углей разработаны серийные котлы со слоевыми топками, которые практически не способны эффективно работать на низкокачественном топливе из-за слабой устойчивости их воспламенения и неполного выгорания, что приводит к неэкономичности использования таких котлов, которые к тому же создают не благоприятную санитарно-гигиеническую обстановку при сжигании топлива.

Поэтому актуальной задачей в этой работе является рассмотрение имеющихся разработанных технологий по сжиганию низкосортных и высокозольных углей. Определить положительную сторону и недостатки применяемых технологий, а для этого необходимо раскрыть физическую суть сжигания топлива.



Известно [2], что одной из эффективных технологий сжигания низкосортных и высокозольных (до 80 %) углей является использование кипящего слоя.

Сжигание в кипящем слое – одна из технологий сжигания твёрдых топлив в энергетических котлах, при которой в топке создаётся кипящий слой из частиц топлива и негорючих материалов.

Физическая картина кипящего слоя создаётся в тех случаях, когда некоторое количество твёрдых частичек находится под воздействием восходящего потока газа или смеси из газа и жидкости, благодаря чему твёрдые частички находятся в парящем состоянии. Такая система ведёт себя подобно жидкости.

Рассматривая кипящий слой в энергетической установке видим, что верхняя поверхность кипящего слоя является относительно горизонтальной и ведёт себя как жидкость находящаяся в покое. Поскольку кипящий слой можно рассматривать как неоднородную смесь жидкой и твёрдой фаз, то это может быть представлено как единая масса с единой плотностью. Частицы с более высокой плотностью, чем единая плотность кипящего слоя будут опускаться вниз, а частицы, имеющие плотность меньшую единой плотности кипящего слоя, будут подниматься. Такое поведение кипящего слоя можно рассматривать как жидкость, подчиняющуюся закону Архимеда, т.е. закону гидростатики.

Таким образом, единственной на сегодня технологией, которая позволяет эффективно сжигать низкосортное твёрдое топливо, является технология так называемого кипящего слоя, когда частицы угля находятся во взвешенном состоянии, что обеспечивает их быстрое и полное сгорание. На принципе получения кипящего слоя создан генератор, в котором используется свойство псевдооживления (рис. 1).

Отметим, что псевдооживление, превращение слоя зернистого материала под влиянием восходящего газового или жидкостного потока либо иных физико-механических воздействий в систему, твердые частицы которой находятся во взвешенном состоянии, и напоминающую по свойствам жидкость – псевдооживленный слой. Из-за внешнего сходства с кипящей жидкостью псевдооживленный слой часто называют кипящим слоем [3].

Для большего понимания, что происходит в генераторе приведем рис. 1 схематического реактора с кипящим слоем, использующего свойство псевдооживления.

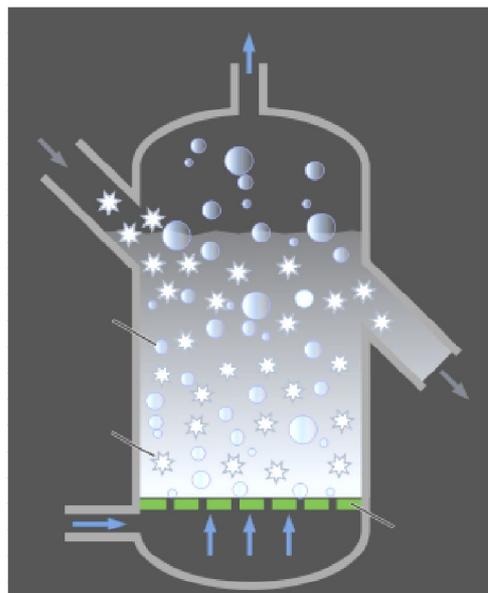


Рисунок 1 – Схематический реактор с кипящим слоем, использующего свойство псевдооживления

Рассмотрим работу генератора. Твердые частицы топлива вводятся в генератор и оседают в виде слоя. Газ поступает в реактор через распределитель потока газа. Когда поток газа вводится через дно смеси зернистого материала с жидкостью или газом, этот



поток будет двигаться вверх через пустоты между зёрнами материала. При низких скоростях газа, силы аэродинамического лобового сопротивления каждого из зёрен, действующие со стороны потока газа, также невелики, и поэтому слой остаётся в связанном состоянии. При увеличении скорости потока газа силы аэродинамического лобового сопротивления, действующие на зёрна, возрастают и начинают противодействовать силам гравитации, что принуждает слой к увеличению его объёма. Последнее обусловлено тем, что твёрдые зёрна стремятся двигаться друг от друга. Дальнейшее увеличение скорости потока приводит к тому, что объём достигает некоторого критического значения, при котором поднимающие зёрна вверх силы аэродинамического лобового сопротивления становятся равными гравитационным силам, тянущим зёрна вниз. Это приводит зёрна к тому, что они «висят» в потоке газа или жидкости. При критическом объёме слой обладает свойствами жидкости. При дальнейшем увеличении скорости потока газа, «единая плотность» («средняя плотность») слоя будет продолжать уменьшаться, и процесс псевдооживления будет становиться более интенсивным до тех пор, пока зёрна не перестанут образовывать единый слой и частицы не начнут подниматься вверх, увлекаемые потоком газа.

Псевдооживленный слой ведёт себя подобно жидкости или газу и будет принимать форму занимаемой ёмкости, его поверхность остаётся перпендикулярной гравитационным силам; зёрна с плотностью, меньшей чем «единая плотность» слоя будут подниматься на поверхность, в то время как объекты с плотностью более высокой чем «единая плотность» слоя опускаются на дно.

Данный метод сжигания топлива отличается высоким уровнем смешения топлива и окислителя, повышенным по сравнению со слоевыми топками временем пребывания топлива в зоне горения, интенсивным теплоотводом к поверхностям нагрева, отсутствием движущихся частей в топочном объёме, возможностью сжигания в одном агрегате топлив различного состава и качества, пониженным до 1-5 % содержанием топлива в слое. Такая технология облегчает воспламенение топлива, препятствует спеканию топливных частиц и шлакованию конвективных поверхностей нагрева.

Формулировка цели работы. Проанализировать способ сжигания топлива в кипящем слое, предложить разработанный нами новый способ интенсификации процесса горения топлива, экономичности сгорания топлива в кипящем слое, снижения выхода вредных веществ при сгорании топлива, что создает благоприятную санитарно-гигиеническую обстановку в окружающей среде и в рабочей зоне за счет улучшенной технологии сжигания топлива.

Изложение материалов исследования. Проанализировав способ сжигания топлива в кипящем слое остановимся на недостатках применения данного способа опубликованных в различных литературных источниках [3, 4].

Топки кипящего слоя не чувствительны к качеству угля в смысле его химического состава. Для горения в данных топках требуется создать воздухо-распределительную решётку и вентилятор большей мощности.

В числе других недостатков топок этого типа является:

- вынос до 20-30 % всего углерода угля (поэтому эти топки рекомендуют применять при возможности дожигания уноса размером 0-1 мм в рабочем пространстве котла);
- зашлаковывание межсоплового пространства и самих сопел воздухо-распределительных колосниковых решеток при недостаточном динамическом напоре воздуха;
- очень большой абразивный износ теплопередающих поверхностей, особенно высокий у погруженных.

Эффект интенсивного горения при сжигании в кипящем слое, можно получить постоянным встряхиванием колосника с кусками угля любого размера; но из-за снижения



прочности металла колосника при высокой температуре этот способ сложно практически реализовать.

Как показала практика, использование подобных топок для сжигания угля не является полностью автоматизированным. В топках с циркулирующим кипящим слоем выносятся значительная часть недогоревшего топлива.

При использовании распылительных форсунок, при помощи которых уголь вводится в слой, если они расположены близко к распределительной решетке, топливо попадает в застойные зоны мелкозернистого материала, коксуется и образует с этим материалом крупные агломераты, затрудняющие дальнейшую работу топки. Если форсунки размещены высоко от решетки, топливо не успевает сгорать в псевдооживленном слое. Вследствие этого необходимо увеличить высоту слоя, что приводит к перерасходу электроэнергии.

В авторском свидетельстве Месропяна Н. М., Раввича Ю. М. [5] приведена возможность устранения указанных недостатков. Это достигается тем, что топливо подают в зону слияния активных струй газа. Для улучшения горения топливо и распыливающий воздух предварительно подогревают в специальных теплообменниках, которые могут быть установлены в псевдооживленном слое.

Анализируя этот способ авторы Эльперин И. Т., Михайлик В. Д. показали в авторском свидетельстве «Способ сгорания топлива в кипящем слое путем струйной подачи смеси первичного воздуха и топлива навстречу струям вторичного воздуха» [6], что недостатком способа [5] является низкая интенсивность сжигания, обусловленная недостаточным полным и некачественным смешением струй воздуха и топливно-воздушной смеси.

Авторское свидетельство [6], как изобретение, явилось прототипом патента Украины Михайлика В. Д., Цымбала В. А. [4], в котором показано, что в авторском свидетельстве [6], т.е. в его техническом решении присутствует недостаточная интенсивность сгорания топлива из-за не определения оптимальных параметров сгорания, в частности температуры, давления и, что важно не предложено использование водяного пара в процессах сгорания топлива.

В основу патента [7] и наших разработок по способу сжигания топлива в кипящем слое поставлена задача обеспечить интенсификацию процесса сгорания топлива путем оптимизации параметров, в частности температуры и давления, а также за счет диссоциации водяного пара на водород и кислород и сгорание водорода вместе с топливом.

Поставленная задача решается в предложенном способе сгорания топлива в кипящем слое путем струйной подачи смеси первичного воздуха и топлива и вторичного воздуха, с использованием водяного пара тем, что сгорание топлива проводят при температуре 1700-2600 К и давления пара 10^{-1} - 10^{-4} МПа, причем топливно-воздушную смесь подают вместе с водяным паром противотоком (навстречу) вторичному воздуху.

Эти признаки обеспечивают интенсификацию процесса сгорания топлива за счет указанных параметров (температуры сгорания и давления пара), а также благодаря диссоциации водяного пара и сгоранию полученного водорода вместе с топливом. Часть водорода вследствие диссоциации пара меняется от 1,5 % до 30 %, согласно нашему теоретическому исследованию, при условии указанных параметров пара. Водород – это то добавленное топливо, которое существенно повышает тепло и интенсивность сгорания совместного топлива и водорода.

Суть наших исследований объясняется примером реализации способа сгорания топлива в схематически изображенном устройстве (рис. 2).

Устройство имеет камеру 1 со слоем зернистого материала, сопло 2 для подачи смеси первичного воздуха, топлива и водяного пара, насадок-фурму 3 для подачи смеси, короб 4 вторичного воздуха, газораспределительную решетку 5 для подачи вторичного воздуха в слой мелкозернистого материала.

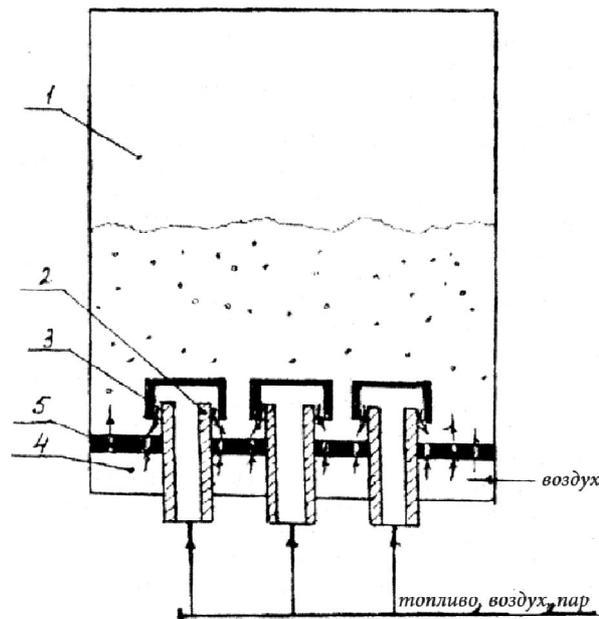


Рисунок 2 – Схема сгорания топлива в кипящем слое

Устройство работает следующим образом. В камеру 1, выполненную из огнестойкого материала (кирпича), засыпают слой мелкозернистого материала, например, зернистый уголь или его смесь с известью. В короб 4 под газораспределительную решетку 5 подают вторичный воздух. Через отверстия решетки 5 воздух поступает в камеру 1 и псевдоразряжает зернистый материал, за счет чего создается кипящий слой. После этого в камеру 1 по соплам 2 подают смесь топлива, воздух и водяной пар через насадки 3. В результате этого, смесь топлива с первичным воздухом и водяным паром подается в отдельных точках сверху вниз в кипящий слой навстречу потоку вторичного воздуха, псевдоразряжая зернистый материал. При этом происходит равномерное, интенсивное и полное сгорание топлива при температуре 1700-2600 К и давления пара 10^{-1} - 10^{-4} МПа. Водород после диссоциации водяного пара также интенсивно сгорает, в результате чего достигается интенсивное выделение тепла, суммарное количество которого превышает теплотворность данного конкретного топлива. Путем подбора высоты сопел 2, а также скорости истечения смеси и вторичного воздуха достигается полное сгорание топлива без создания агломератов зернистого материала.

Использование данного способа позволит обеспечить экономичность сгорания топлива. Экологичность такой технологии сгорания особенно проявляется при сгорании, например, мелкого угля, который содержит серу. В этом случае в кипящий слой такого угля прибавляют определенное количество мелкой извести или зернистый доломит, который связывает серу, и ее вредные соединения.

Выводы и перспективы использования. Предложена новая технология сжигания любого, в том числе и низкокачественного угля, в кипящем слое. Проведенные исследования по сгоранию топлива осуществляют при температуре 1700-2600 К и давлении пара 10^{-1} - 10^{-4} МПа, причем топливно-воздушную смесь подают вместе с водяным паром противотоком вторичному воздуху в энергетическую установку. Преимущество разработанного способа состоит в интенсификации сгорания топлива за счет оптимальных параметров сгорания и диссоциации водяного пара, которая протекает с получением водорода и который сгорает вместе с топливом. Предложенный способ [7] и проведенные нами исследования по сжиганию топлива позволили повысить экономичность сжигания топлива, а прибавление в кипящий слой определенного количества мелкой извести или зернистого доломита связывает серу, и ее вредные соединения при сгорании низкокачественного угля и тем самым улучшаются условия



труда за счет устранения действия вредных окислов серы на человека, и окружающую среду, что говорит об экологичности предложенной технологии.

Способ может быть использован в энергетике, химической отрасли промышленности, в производстве строительных материалов, для термообработки разных зернистых материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шейндлин А. Размышления о некоторых проблемах энергетики / А. Шейндлин // Наука и жизнь. – 2004. – № 8. – С. 15-20.
2. Опыт сжигания низкосортного топлива в топках кипящего слоя отопительных котлов мощностью до 1 МВт / [Власюк А. В., Зембицкий П. Ю., Кучин Г.П. и др.] // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 10 (14). – С. 15-16.
3. Гельперин Н. И. Основы техники псевдоожижения / Н. И. Гельперин, В. Г. Айнштейн, В. Б. Кваша. – М. : Химия, 1967. – 664 с.
4. Баскаков А. П. Котлы и топки с кипящим слоем / А. П. Баскаков, В. В. Мацнев, И. В. Распопов. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 160 с.
5. А.с. 418678, М. Кл. Г 23 Д 19/02. Способ сжигания жидкого топлива / Н. М. Месропян, Ю. М. Раввич. – № 418678 заявл. 08.07.71 ; опубл. 05.03.74, Бюл. №9.
6. А.с. 663963. М. Кл². F 23 C 9/02. Способ сжигания топлива / И. Т. Эльперин, В. Д. Михайлик. – № 663963 заявл. 27.12.76. ; опубл. 25.05.79., Бюл. № 19.
7. Пат. України 101008. Спосіб згорання палива / Михайлик В. Д., Цимбал В. А.; заявник і патентовласник ХНТУ. – заявл. 09.08.2010; опубл. 25.02.2013., Бюл. № 4.

Селіванов С.Є., Михайлик В.Д., Ісаєв Є.О. СТВОРЕННЯ СПРИЯТЛИВОЇ САНИТАРНО-ГІГІЄНИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ЗА РАХУНОК ПОЛПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА

У роботі запропонована нова технологія спалювання кожного, у тому числі й низькоякісного вугілля, у киплячому шарі. Показано, що згорання палива здійснюють при температурі 1700-2600 К і тиску пари 10^{-1} - 10^{-4} МПа, причому паливно-повітряну суміш подають разом із водяною паром в енергетичну установку протитечією вторинному повітрю. Перевага розробленого способу полягає в інтенсифікації згорання палива за рахунок оптимальних параметрів згорання й дисоціації водяної пари, яка протікає з одержанням водню і який згоряє разом з паливом. Запропонований спосіб і проведені нами дослідження зі спалювання палива дозволили підвищити економічність спалювання палива, а додавання у киплячий шар певної кількості дрібного вапна або зернистого доломіту зв'яже сірку і її шкідливі з'єднання при згорянні низькоякісного вугілля й тим самим поліпшуються умови праці за рахунок усунення дії шкідливих окислів сірки на людину і навколишнє середовище, що свідчить про екологічність запропонованої технології.

Ключові слова: технологія, спалювання, вугілля, киплячий шар, інтенсифікація, енергетична установка, економічність, екологічність.

Selivanov S.E., Mihailik V.D., Isaev E.A. CREATE FAVORABLE HEALTH HYGIENIC SITUATION BY IMPROVING THE TECHNOLOGY BURNING FUEL

In this paper we propose new combustion technology, including low-quality coal in a fluidized bed. It is shown that the combustion is carried out at a temperature of 1700-2600 K and a vapor pressure of 10^{-1} - 10^{-4} MPa, and the fuel-air mixture is fed together with steam into the power plant countercurrent to the secondary air. The advantage of the method is in intensification of the fuel combustion due to the combustion and optimum dissociation of water vapor that occurs with hydrogen as result and which is burned together with the fuel. The proposed method and our research on combustion have improved combustion efficiency and the addition of lime binds or grained dolomite into fluidized bed connect the sulfur and its harmful compounds during the combustion of low-quality coal, thereby improving working conditions by eliminating the effect of harmful sulfur oxides on man and the environment, indicating that the proposed technology is ecological.

Keywords: technology, combustion, coal, fluidized bed, intensification, power plant, efficiency, ecological compatibility.

Статтю прийнято
до редакції 22.11.2013