

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ I

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
19 – 21 мая 2020 г.*

выпуск 24

Под общей редакцией профессора М. В. Темлянцева

**Новокузнецк
2020**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р геол.-минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2020. – Вып. 24. – Ч. I. Естественные и технические науки. – 480 с., ил. – 164 , таб. – 88.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУТЕРОВКИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ И КОЛИЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ Шавлов И.С.	322
АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ Гефлинг В. С.	327
МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ Кабанец А.Ю.	332
МЕТОДЫ ОКУСКОВАНИЯ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Калягина Е.А.	337
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОКУСКОВАНИЯ ОКАЛИНЫ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Куликов Д.А.	343
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ «ТЕРМОРОБОТ» В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ Табакowa А.И.	348
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В МЕТАЛЛУРГИИ Домнин К.И.	353
ПЕРЕВОД ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО Бойко А.Р.	357
КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ Красильников В.В.	361
ОБЪЕКТЫ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ Коньшев Л.А.	366
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПВС АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННОГО ГАЗА Леванов Д.В.	370
ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ Мицкевич И.И.	374
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ Турушпанова В.А.	378
ОБЪЕКТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЗАПУЩЕННЫЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ Фадеев В.В.	383

Хочется отметить, что вышеизложенный перечень проблем использования водорода в качестве топлива не является нерешаемой задачей для человечества, а это значит, что, возможно, в ближайшем будущем мы сможем увидеть расцвет водородной энергетики, ведь водород можно использовать без вреда для окружающей среды, а его производство может быть достаточно дешевым.

Библиографический список

1. Радченко Р.В. Водород в энергетике [Текст]: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 229 с.
2. Гамбург Д.Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение [Текст]: справочник / Д.Ю. Гамбург, Н.Ф. Дубовкин. – Москва : Химия, 1989. – 671 с.
3. Радченко Р.В. Общая энергетика: водород в энергетике [Текст] / учебное пособие для вузов / Р.В. Радченко [и др.]. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 230 с.
4. Postnauka: Проблемы водородной энергетики [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/95574>, свободный (дата обращения 11.11.2019).
5. Арцимович Л.А. Управляемые термоядерные реакции [Текст] / Л.А. Арцимович. – Москва : Гос. изд-во физико-математической лит-ры, 1963. – 496 с.
6. Postnauka: Водородная энергетика [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/41197>, свободный (дата обращения 23.11.2019).

УДК: 662.99

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Турушпанова В.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: valenta1298@mail.ru*

В статье проводится обзор различных путей внедрения технологии утилизации тепла уходящих дымовых газов в промышленных котельных установках. Проанализированы основные достоинства и ограничения, связанные с внедрением метода глубокой утилизации теплоты дымовых газов, а также современные способы их реализации.

Ключевые слова: теплоэнергетика, котельные установки, дымовые га-

зы, глубокая утилизация, точка росы, экономия ресурсов, топливо.

Индустриализация и постоянное стремление человечества к дальнейшему процветанию привели к большому росту потребления энергии. Несмотря на постоянное увеличение производства энергии и продолжающееся улучшение энергетической техники, выброс вредных веществ с дымовыми газами продолжает расти и даже угрожает превысить природную поглотительную способность атмосферы и биосферы. Большая озабоченность состоянием окружающей среды, рост платы за энергию и повсеместное ужесточение нормативов по ограничению уровня выбросов требуют улучшения качества оборудования, применяемого для измерений, испытаний и контроля.

Чтобы снизить потери энергии на 10-30 %, необходимо уменьшить количество избыточного воздуха, снизить температуру дымовых газов, установив охладитель между котлами и дымовой трубой, исключить подсос наружного воздуха через трещины и отверстия, использовать регулируемые горелки, многоступенчатые или малые горелки, когда нагрузка по теплу непостоянна [1].

Утилизация тепла уходящих газов является одним из основных способов повышения эффективности работы котлов на ТЭЦ, поэтому задача полезного использования тепла дымовых газов имеет особую важность. Глубокая утилизация тепла подразумевает снижение температуры дымовых газов ниже точки росы водяных паров с их последующей конденсацией. При этом утилизируется значительная часть скрытой теплоты конденсации, а конденсат после дополнительной обработки может быть использован для восполнения потерь воды в энергетическом цикле или теплосети.

Дымовые газы – раскаленные летучие продукты сгорания топлива, состоящие из горячих газов, содержащих окислы углерода, азота, водяной пар и несгоревшие частички топлива.

Дымовые газы могут иметь различный состав в зависимости от используемого вида топлива и от таких условий сгорания, как, например, коэффициент избытка воздуха. К теплофизическим свойствам дымовых газов при нормальном атмосферном давлении относят плотность, удельную (массовую) теплоемкость, теплопроводность, динамическую вязкость, кинематическую вязкость, число Прандтля.

С повышением температуры дымовых газов их плотность и число Прандтля уменьшают свои значения. Другие теплофизические свойства дымовых газов такие, как теплоемкость, теплопроводность и вязкость с ростом температуры увеличиваются.

Особенно сильно возрастают значения теплопроводности и кинематической вязкости [2].

В настоящее время температуру уходящих дымовых газов за котлом принимают не ниже 120-130 °С по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на боровых, газоходах и дымовых трубах и для увели-

чения естественной тяги, снижающей напор дымососа. При этом теплоту уходящих газов и скрытую теплоту парообразования водяных паров можно полезно использовать. В настоящее время существуют различные технологии реализации данного метода, апробированные в Российской Федерации и нашедшие массовое применение за рубежом [3].

Метод глубокой утилизации теплоты дымовых газов позволяет увеличить КПД топливопотребляющей установки на 2-3 %, что соответствует снижению расхода топлива на 4-5 кг у.т. на 1 Гкал выработанного тепла. При внедрении данного метода большое значение имеют технические сложности и ограничения, связанные, в основном, со сложностью расчета процесса тепломассобмена при глубокой утилизации тепла уходящих дымовых газов и необходимостью автоматизации процесса, однако эти сложности решаемы при современном уровне развития техники.

При внедрении метода имеют значение следующие технические ограничения и сложности: сложность расчета процесса утилизации влажных газов, так как процесс теплообмена сопровождается процессами массобмена; необходимость поддержания заданных значений температуры и влажности уходящих дымовых газов во избежание конденсации паров в газоходах и дымовой трубе; необходимость избегать обмерзания поверхностей теплообмена при нагревании холодных газов.

В настоящее время применяются методы глубокой утилизации тепла уходящих газов путем использования рекуперативных, смесительных, комбинированных аппаратов, работающих при различных приемах использования теплоты, содержащейся в уходящих газах. При этом данные технологии используются на большинстве вводимых в эксплуатацию котлов за рубежом, сжигающих природный газ и биомассу.

Наиболее часто используемый метод глубокой утилизации тепла дымовых газов заключается в том, что продукты сгорания природного газа после котла (либо после водяного экономайзера) с температурой 130-150 °С разделяются на два потока. Приблизительно 70-80 % газов направляются по главному газоходу и поступают в конденсационный теплоутилизатор поверхностного типа, остальная часть газов направляется в байпасный газоход. В теплоутилизаторе продукты сгорания охлаждаются до 40-50 °С, при этом происходит конденсация части водяных паров, что позволяет полезно использовать как физическую теплоту дымовых газов, так и скрытую теплоту конденсации части содержащихся в них водяных паров. Охлажденные продукты сгорания после каплеотделителя смешиваются с проходящими по байпасному газоходу неохлажденными продуктами сгорания и при температуре 65-70 °С отводятся дымососом через дымовую трубу в атмосферу.

В качестве нагреваемой среды в теплоутилизаторе может использоваться исходная вода для нужд химводоподготовки или воздух, поступающий затем на горение. Для интенсификации теплообмена в теплоутилизаторе возможна подача выпара атмосферного деаэрата в основной газоход.

Необходимо также отметить возможность использования сконденсировавшихся обессоленных водяных паров в качестве исходной воды. Результатом внедрения данного метода является повышение КПД котла на 2-3 % с учетом использования скрытой теплоты парообразования водяных паров.

Метод повышает эффективность сжигания природного газа и снижает выбросы оксидов азота в атмосферу за счет их растворения в конденсирующихся водяных парах.

Известны серийно выпускаемые Костромским калориферным заводом калориферы типа КСк, состоящие из газовой поверхности теплоутилизатора, поверхность теплообмена которого выполнена из оребренных биметаллических трубок, сетчатого фильтра, распределительного клапана, каплеуловителя и гидронеуматического обдувочного устройства [4].

Калориферы типа КСк работают следующим образом. Дымовые газы попадают на распределительный клапан, который делит их на два потока, основной поток газа направляется через сетчатый фильтр в теплоутилизатор, второй – по обводной линии газохода. В теплоутилизаторе водяные пары, содержащиеся в дымовых газах, конденсируются на оребренных трубках, нагревая текущую в них воду. Образующийся конденсат собирается в поддоне и подается насосами в схему подпитки теплосети. Нагретая в теплоутилизаторе вода подается потребителю. На выходе из теплоутилизатора осушенные дымовые газы смешиваются с исходными дымовыми газами из обводной линии газохода и направляются через дымосос в дымовую трубу.

Для предотвращения конденсации остаточных водяных паров дымовых газов в газоходах и дымовой трубе, часть исходных газов через обводной канал подмешиваются к осушенным дымовым газам, повышая их температуру. При таком подмесе увеличивается и содержание водяных паров в уходящих дымовых газах, снижая эффективность утилизации тепла.

Известен теплоутилизатор, содержащий контактный теплообменник, каплеуловитель, газо-газовый теплообменник, включенный по схеме прямого тока, газоходы, трубопроводы, насос, датчики температуры, клапаны-регуляторы. По ходу оборотной воды контактного теплообменника последовательно расположены водо-водяной теплообменник и водо-воздушный теплообменник с обводным каналом по ходу воздуха.

Уходящие газы по газоходу поступают на вход газо-газового теплообменника, последовательно проходя три его секции, затем на вход контактного теплообменника, где, проходя через насадку, омываемую оборотной водой, охлаждаются ниже точки росы, отдавая явное и скрытое тепло оборотной воде. Далее охлажденные и влажные газы освобождаются от большей части унесенной потоком жидкой воды в каплеуловителе, нагреваются и подсушиваются, по меньшей мере, в одной секции газо-газового теплообменника, дымососом направляются в трубу и выбрасываются в атмосферу. Одновременно нагретая оборотная вода из поддона контактного теплообменника насосом подается в водо-водяной теплообменник, где нагревает хо-

лодную воду из трубопровода. Нагретая в теплообменнике вода поступает на нужды технологического и бытового горячего водоснабжения или в низкотемпературный отопительный контур.

Далее обратная вода поступает в водо-воздушный теплообменник, нагревает, по меньшей мере, часть дутьевого воздуха, поступающего из-за пределов помещения по воздуховоду, охлаждаясь до минимально возможной температуры, и поступает в контактный теплообменник через водораспределитель, где отбирает тепло от газов, попутно промывая их от взвешенных частиц, и поглощает часть оксидов азота и серы. Нагретый воздух из теплообменника дутьевым вентилятором подается в штатный воздухоподогреватель или непосредственно в топку. Обратная вода по необходимости фильтруется и обрабатывается известными способами.

Нагретая в теплообменнике вода, поступающая на нужды горячего водоснабжения или в низкотемпературный отопительный контур, требует ее доведения до необходимой температуры, так как не может быть нагрета в теплообменнике выше температуры воды обратного контура, которая определяется температурой насыщения водяных паров в дымовых газах. Низкий нагрев воздуха в водо-воздушном теплообменнике не позволяет использовать этот воздух для отопления помещений.

Устройство утилизации тепла дымовых газов содержит газо-газовый поверхностный пластинчатый теплообменник, выполненный по схеме противотока, поверхностный газо-воздушный пластинчатый конденсатор, инерционный каплеуловитель, газоходы, дымосос, воздуховоды, вентиляторы и трубопровод.

Исходные дымовые газы охлаждаются в газо-газовом поверхностном пластинчатом теплообменнике, нагревая осушенные дымовые газы. Греющая и нагреваемая среда движутся противотоком. При этом происходит глубокое охлаждение влажных дымовых газов до температуры, близкой к точке росы водяных паров. Далее содержащиеся в дымовых газах водяные пары конденсируются в газо-воздушном поверхностном пластинчатом теплообменнике – конденсаторе, нагревая воздух. Нагретый воздух используется для отопления помещений и покрытия потребности процесса горения. Конденсат после дополнительной обработки используют для восполнения потерь в теплосети или паротурбинном цикле.

Недостатками этого способа является то, что утилизируется преимущественно скрытая теплота конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах. Если рекуперативный теплообменник охлаждает исходные дымовые газы до температуры, близкой к точке росы водяных паров, то нагрев уходящих осушенных дымовых газов будет избыточным, что снижает эффективность утилизации.

Библиографический список

1. Кривандин В.А. Теплотехника металлургического производства.

Теоретические основы / В.А. Кривандин. — Учеб. пособие для вузов. — Москва: МИСИС, 2002. — 608с.

2. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. — Москва: Энергия, 1977. — 344с.

3. Метод глубокой утилизации тепла дымовых газов [Электронный ресурс] // ЭнергоСовет <http://www.energsovet.ru/> URL: <http://www.energsovet.ru/entech.php?id=3>

4. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках / А.А. Кудинов. — Ульяновск: УлГТУ, 2000. — 139с.

УДК: 662.99

ОБЪЕКТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЗАПУЩЕННЫЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Фадеев В.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ifadeevvlad@mail.ru*

В статье затронута проблема исчерпаемости ресурсов. Рассмотрен экологический аспект сжигания углеродосодержащего топлива. Проводится обзор водорода как современного экологичного топлива. Проанализированы основные достоинства и ограничения, связанные с внедрением водорода в качестве альтернативного источника энергии. Рассмотрен объект, введенный в эксплуатацию.

Ключевые слова: теплоэнергетика, альтернативные источники энергии, водородная энергетика, водород, топливо.

В России разведаны обширные запасы углеводородных энергоресурсов – нефти, газа и угля на сегодняшний день достаточно много. Однако все не так радужно в перспективе. Добыча нефти и газа становится более дорогой, а потребление этих продуктов, особенно нефти, целесообразнее в ее последующей химической переработке. Также добыча нефти и газа все время усложняется, что ведет к росту цен. Следует учитывать также различного рода конъюнктурные и политические соображения. Такая тенденция удорожания добычи характерна и для других видов топлив.

Помимо этого, переработка традиционных видов углеводородных топлив в тепло и электроэнергию на угольных ТЭС сопровождается колоссальными выбросами вредных веществ в атмосферу. Это приводит к глобальным климатическим изменениям, к которым относятся глобальное потепление, или парниковый эффект, связанный, главным образом, с выбросами оксида

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть I

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 24

Под общей редакцией

М.В. Темлянцева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

В.Е. Хомичева

Подписано в печать 11.06.2020 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 28,2 Уч.-изд. л. 30,6 Тираж 300 экз. Заказ № 99

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ