



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS

of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

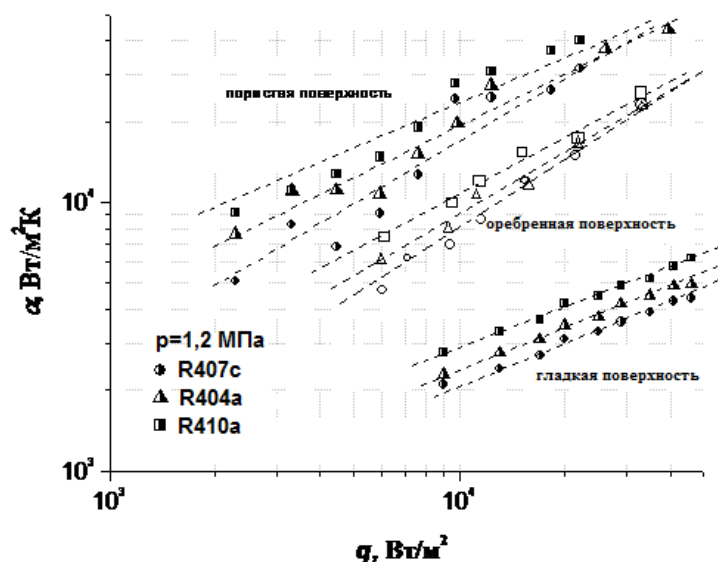


Рисунок 2 – Сравнение интенсивности теплообмена при кипении фреонов R407c, R404a и R410a

Как видно из рис. 2, коэффициенты теплоотдачи при кипении исследуемых хладагентов на поверхности со спеченным капиллярно-пористым покрытием значительно выше, чем на гладкой (в 4 раза) и оребренной (в 1,5 раза), что позволяет сделать вывод о преимуществе пористых покрытий. Применение испарительных трубок с нанесенным капиллярно-пористым покрытием приведет к снижению массогабаритных показателей установок за счет интенсификации теплообмена и меньших размеров трубок по сравнению с оребренными. Интенсификация процесса теплообмена при кипении фреонов наблюдалась во всем исследованном диапазоне тепловых нагрузок.

Список использованных источников

1. Смирнов, Г.Ф. Теплообмен при парообразовании в капиллярах и капиллярно-пористых структурах / Г.Ф. Смирнов, А.Д. Цой. – Москва: Издательство МЭИ, 1999. – 439с.
2. Овсянник, А.В. Моделирование процессов теплообмена при кипении жидкостей / А.В. Овсянник. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – 284 с.
3. Исследование тепло- и массопереноса при фазовых превращениях однокомпонентных и смесевых озонобезопасных хладагентов: отчет о НИР (заключит.) / ГГТУ им. П.О. Сухого; рук. темы А.В. Овсянник. – Гомель, 2015. – 101 с. – № ГР 20141921.

УДК 621.182

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Малгаждаров Алибек Нурланович

alim.0777@mail.ru

Студент Евразийского национального университета им.Л.Н.Гумилева,
Астана, Казахстан

Научный руководитель – М.Г.Жумагулов

В последние годы наблюдается существенный рост потребности в энергетических ресурсах, что создает необходимость повышения энергоэффективности действующих теплогенерирующих установок. Наиболее высокого уровня энергоэффективности котельной можно достигнуть только за счёт комплексного подхода к решению конструктивных, технологических, технико-экономических и экологических проблем.

Усилия по повышению эффективности работы котельного оборудования необходимо направить на сокращение потерь тепловой энергии с уходящими газами, потерь в результате химического и механического недожога, изоляции котельного оборудования и трубопроводов.

Анализ тенденции развития современного котлостроения показывает, что в последние годы производители котельного оборудования направляют свои усилия на: повышение КПД котлов за счёт изменения конструктивных решений; применение новых конструкционных материалов, снижение себестоимости котлов за счёт упрощения их конструкции; установку встроенных экономайзеров и пр.

Основным показателем эффективности работы котла является его КПД, который зависит от многих факторов, но в первую очередь определяется его конструкцией.

Недостатком многих находящихся в эксплуатации водогрейных и паровых котлов является малоэффективная теплоотдача в топке и обусловленные этим высокая температура уходящих газов (до 200 - 250°C) и низкий КПД (до 85...87 %). Для решения этой проблемы широкое развитие могут получить методы интенсификации топочного теплообмена путём изменения геометрии топочного пространства с учётом процессов аэродинамики, распределения температурных градиентов, скоростей и полноты протекания химических реакций. Одним из путей повышения эффективности использования топлива в котлах, и соответственно повышения их КПД и уменьшения газовых выбросов в атмосферу (включая CO₂, NO_x, и др.), является интенсификация теплообмена и соответственно теплоотдачи в топочной камере.

С точки зрения интенсификации теплообмена и надёжной стабилизации факела целесообразна установка вторичных излучателей – твердых нагретых до высоких температур тел, являющихся как бы "тепловыми зеркалами", передающими излучение к поверхностям нагрева [1].

Одним из методов интенсификации топочного теплообмена является достижение максимальной степени черноты топки. Это может быть осуществлено путем создания многокамерной топки, в которой происходит позонное отделение реагентов от продуктов сгорания, с параллельным повышением радиационного теплообмена.

На основании этого предлагается метод использования вторичных излучателей, которые не только позволяют изменить аэродинамику хода дымовых газов, обеспечив их повторный дожог, но и за счет переизлучения, компенсируя временное затенение топки, повысить ее черноту и интенсификацию теплообмена.

Надо отметить, что смысл предлагаемого метода заключается в том, что он включает не только изменение аэродинамики топки и увеличение площади теплопередающих поверхностей, но и интенсификацию лучистого теплообмена [2].

Действие вторичных излучателей, разработанных в институте технической теплофизики НАН Украины, основано на том, что они воспринимают тепло селективным излучением и конвекцией от продуктов сгорания и передают его полным спектром излучения к водоохлаждаемым поверхностям, расположенным в топке. Находясь в стационарном режиме при неизменной температуре, промежуточные излучатели весь падающий на них тепловой поток переизлучают на поверхности экрана в виде отраженного тепла и собственного излучения.

Установка вторичных излучателей в топочной камере котла обеспечивает интенсификацию лучистого теплообмена, за счет чего увеличивается теплоотдача в топке и соответственно повышается КПД котлов и уменьшается расход топлива. Кроме того, введение в зону факела вторичных излучателей позволяет снизить максимальные температуры в ядре зоны горения, за счёт чего уменьшается образование и соответственно выбросы токсичных веществ, в первую очередь оксидов азота. В результате снижения как максимальных температур в зоне горения, так и температур на выходе из топки и за котлом, облегчаются условия работы, повышается надёжность и увеличивается срок эксплуатации котла.

Введение в корень факела газов рециркуляции обеспечивает повышение температуры в топке, изменение кинетики сжигания топлива и изменение термодинамических характеристик котла.

Изменение термодинамических характеристик котла позволяет при одинаковых расходах топлива сократить время набора температуры котловой воды примерно на 15–20%, что в эксплуатационных условиях дает экономию приблизительно 3,5% природного газа за счет сокращения времени набора температуры и при выходе горелки на номинальную мощность.

Стабилизация процесса горения позволяет обеспечить бесперебойную безопасную работу оборудования, его плавный пуск, а повторный дожог дымовых газов и поддержание оптимального режима горения сокращают выбросы СО в пять раз и оксидов азота в два раза. Подбор вторичных излучателей производится исходя из типа и мощности котла, объема и конфигурации топочной камеры, особенностей горелочного устройства и вида топлива.

После проведения лабораторных и промышленных испытаний [2] появляется возможность использования вторичных излучателей для модернизации котлоагрегатов. В лабораторных условиях была проведена экспериментальная проверка показателей работы котла «Виктор-100», серийно выпускаемого Броварским заводом коммунального оборудования, мощностью 100 кВт на дизельном топливе.

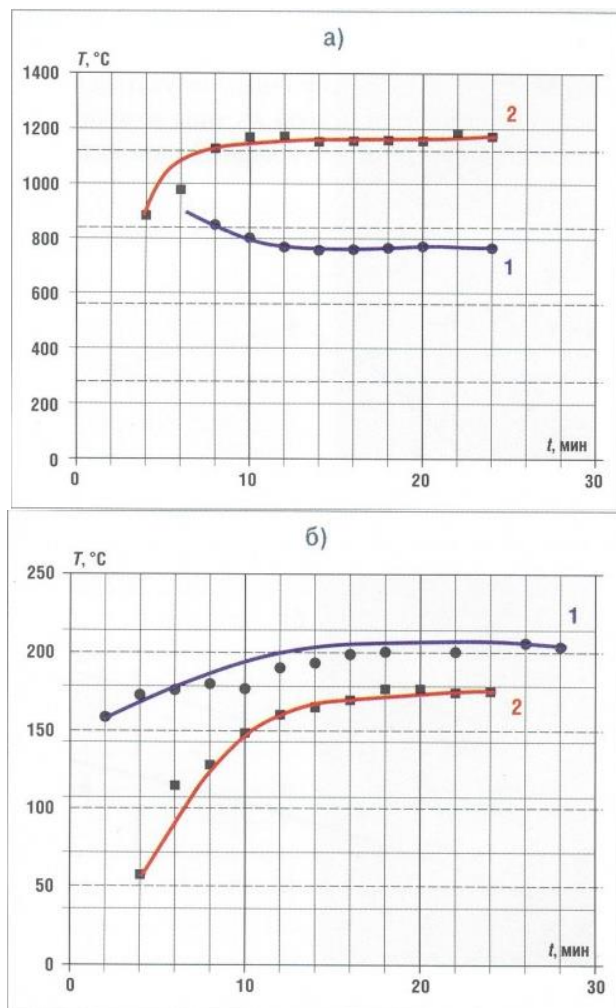


Рисунок 1 – Результаты лабораторных испытаний котла «Виктор-100» на дизельном топливе,
1 – без излучателя, 2 – с излучателем

а) изменение значений температуры в топке котла;

б) изменение значений температуры уходящих дымовых газов.

Определено, что после установки вторичного излучателя в топке котла происходит увеличение температуры, в среднем на 400°C (рис. 1 а), при этом температура уходящих дымовых газов снижается на 50°C (рис. 1 б). В начальный период времени температура уходящих из котла дымовых газов значительно ниже, при этом температура в топке выше, чем без излучателя, что объясняется тем, что в первый период времени теплота тратится на разогрев вторичного излучателя.

Как видно из графика (рис. 1 б) время стабилизации процесса выхода котла на рабочий режим не превышает 5 минут. Предлагаемый метод оказывает также положительное влияние на работу котла, устраняя образование конденсата при «холодном» пуске, тем самым предохраняя его конструкцию от коррозии и локальных перегревов.

Отчетливо видно, что после установки вторичного излучателя в топку изменяется распределение температуры по ее объему, в частности отсутствуют зоны локального перегрева, снижается температура на выходе из топки и на фронте котла.

Полученные в ходе экспериментальных работ и промышленных испытаний данные показывают, что установка вторичных излучателей позволяет: увеличить теплоотдачу в топке котла на 10...30%; уменьшить расход топлива (природного газа) в котлах; снизить образование оксидов азота на 20...30%; снизить температуру уходящих газов на 60 – 90 °С; повысить надежность эксплуатации и увеличить срок службы котлов (на 10...20%, или на 3 - 5 лет) за счет снижения максимальных температур в зоне горения на 30 – 70 °С. Технология не требует больших капитальных вложений и эксплуатационных расходов, срок окупаемости составляет 1 - 2 года в зависимости от типа котла.

Наличие в топке вторичных излучателей повышает устойчивость горения газа, особенно при растопке котла и пониженных нагрузках. Наибольший эффект от применения вторичных излучателей был получен при омывании их потоком раскаленных продуктов горения. При этом возникает внутренняя рециркуляция продуктов сгорания, что способствует интенсификации теплообмена и снижению объема вредных выбросов в атмосферу. Таким образом, при наличии вторичных излучателей и правильном расположении их экран получает дополнительное количество тепла от этих поверхностей, кроме излучения от газов.

Ограниченность финансовых средств и возможностей ввода более совершенных энергоустановок требует поиска путей продления ресурса действующих блоков на основе их модернизации. Одним из быстрореализуемых путей модернизации оборудования является создание блоков повышенной эффективности (БПЭ).

БПЭ представляет собой блок «котел-турбина», в котором увеличен отпуск электроэнергии относительно проектного значения при пониженном удельном расходе топлива.

Первым вопросом повышения эффективности является определение места расположения турбинных экономайзеров (ТУЭ). В существующих условиях эксплуатации энергоблока возможно два варианта установки турбинного экономайзера:

1. В конвективном газоходе котла между котельным экономайзером и РВП;
2. В воздуховоде котла на уровне горячего воздуха.

Добиться повышения эффективности блока удастся путем размещения в конвективный газоход котла БПЭ между котельным экономайзером и РВП специального теплообменника для охлаждения дымовых газов частью потока питательной воды системы регенерации турбины. Таким теплообменником может являться турбинный экономайзер (ТУЭ), включенный в байпас регенерации турбины. Уменьшение отбора пара на регенеративные подогреватели высокого давления позволяет получить дополнительную мощность без повышения расхода пара в «голову» турбины, а отбор теплоты от дымовых газов парогенератора – повысить КПД котла. Реализация этой идеи позволяет добиться увеличения мощности энергоблока до 8 % и снижения удельного расхода топлива на 0,5–2 %.

Однако для реализации такой схемы потребуются комплексная модернизация всей

конвективной шахты котлоагрегата с применением интенсифицированных поверхностей нагрева, чтобы высвободить пространство для установки ТУЭ без потери тепловосприятости основного котлового экономайзера, что в конечном итоге приведет к существенным капитальным затратам [3]. Такой подход может быть оправдан в случае совпадения сроков штатной замены конвективных поверхностей нагрева и предлагаемой модернизации.

Во втором варианте компоновки турбинный экономайзер, согласно принятого решения, устанавливается в воздуховоде котла на линии горячего воздуха. В результате подогрев воды осуществляется теплом воздуха, идущего на горение после РВП. Турбинный экономайзер изготавливается из труб с поперечным спирально-ленточным оребрением и имеет минимальные аэродинамические сопротивления, не приводящие к существенному возрастанию мощности дутьевого вентилятора.

В данном варианте рассмотрен энергоблок мощностью 110 МВт с котлоагрегатом ТГМЕ-464 и турбиной Т-110/120-130 Саратовской ТЭЦ-5, для которого предлагается наиболее простая схема реализации идеи БПЭ, позволяющая получить эффект с минимальными капитальными затратами на модернизацию блока [4].

Модернизация котла ТГМЕ-464 не затрагивает конвективную шахту и осуществляется путем установки турбинного экономайзера в воздуховоде котла на линии горячего воздуха.

Энергоблок «котел-турбина» может функционировать в обычном режиме, так как существует обводной воздуховод в обход ТУЭ, а может переходить на работу в режиме повышенной эффективности. Для этого производится байпасирование части основного потока питательной воды из системы регенеративного подогрева на участке перед ПВД. Нагрев байпасируемой части потока питательной воды происходит в ТУЭ за счет отбора тепла у дутьевого воздуха, нагретого за счет теплоты отходящих дымовых газов. После прохождения через ТУЭ байпасируемая часть потока подмешивается к основному потоку питательной воды и направляется на вход в основной котловой экономайзер. В этом случае расход пара из отборов турбины на обогрев ПВД уменьшается пропорционально уменьшению расхода питательной воды через ПВД, а высвободившийся пар направляется в конденсатор турбины, вырабатывая при этом дополнительную электрическую мощность. Таким образом, повышение мощности блока достигается без увеличения расхода пара на турбину, т.е. при неизменной паропроизводительности котла. Однако увеличение сброса пара в конденсатор ведет к некоторому снижению экономичности (КПД) турбины, тогда как снижение температуры уходящих дымовых газов повышает КПД котлоагрегата. Чем это повышение КПД котла больше снижения КПД турбинной установки, тем выше экономичность работы блока в целом при одновременном увеличении его электрической мощности.

Размещение ТУЭ в воздуховоде котла неизбежно приведет к снижению температуры горячего воздуха, поступающего в горелки, что вызовет ухудшение процесса горения и увеличение расхода топлива на котел. Поэтому возникает задача подогрева воздуха в РВП до более высокой температуры за счет теплоты уходящих газов. Эту цель можно достичь путем интенсификации теплообмена и повышения тепловосприятости РВП за счет установки в нем интенсифицированной набивки из чередующихся дистанционирующих гофрированных листов и заполняющих листов, выполненных с просечно-вытяжной перфорацией. Площадь поверхности теплообмена и количество проходов для газов и воздуха увеличивается из-за наличия в набивочных листах перфорации.

Таким образом, модернизация котлоагрегата будет включать замену набивки РВП и установку ТУЭ в воздуховоде. Такой объем работ может быть выполнен в сроки одного капитального ремонта с минимальными затратами.

В результате предлагаемой модернизации энергоблока будут достигнуты следующие показатели: КПД котла возрастет на 1,092 %, расход топлива увеличится на 0,013 м³/с, температура уходящих газов уменьшится со 129 до 108 °С, электрическая мощность блока увеличится на 0,83 МВт. Количество полезно использованной теплоты возрастет на 4,45 МВт при неизменном отпуске пара от котлоагрегата. Все это приведет к снижению

себестоимости вырабатываемой тепловой энергии и к снижению себестоимости вырабатываемой электрической энергии.

Вывод:

В настоящее время котельная техника развивается в основном по трём направлениям: повышение энергетической эффективности за счёт наиболее рационального использования топлива; интенсификация теплообменных процессов в различных элементах котлов; снижение вредных выбросов в атмосферу.

На сегодня наиболее предпочтительнее использовать комплексный подход для одновременного решения вопросов снижения выбросов вредных веществ и повышения энергоэффективности оборудования.

В отличие от энергосбережения, энергоэффективность решает вопросы не валового снижения расхода энергии, а более рационального ее использования. Одним из важных факторов, влияющим на энергоэффективность котла, является его КПД.

Для повышения энергоэффективности котлов применяются различные инженерные решения, которые позволяют избегать лишних капиталозатрат, повышение КПД установки и снизить температуру уходящих газов.

Одним из путей повышения энергоэффективности котла без ущерба для окружающей среды является установка в элементах котлах различного типа интенсификаторов теплообмена. Таким интенсификатором теплообмена может являться вторичный излучатель. Предложенным способом сжигания достигается хорошая равномерность нагрева, как по высоте, так и по длине рабочего пространства топочной камеры. Таким образом, установка промежуточных излучателей в топках оказывает влияние как на теплотехнические, так и на экологические результаты (КПД увеличивается на 1 – 3%, выбросы СО уменьшаются в 5 раз, выбросы NO_x - в 2 раза) [5,6].

Вторым путем повышения энергоэффективности котла является турбинного экономайзера (ТуЭ). В отличие от обычных блоков в котел БПЭ встроены теплообменники для дополнительного отбора тепла от дымовых газов. В этих теплообменниках осуществляется нагрев питательной воды, частично байпассирующей систему регенеративного подогрева. Соответственно в турбине БПЭ сокращен отбор пара на регенерацию и предусмотрен пропуск освободившегося пара в хвостовую часть турбины. Реализация БПЭ позволяет увеличить мощность блока на 4–8 % и снизить удельный расход топлива на 0,5–2 %.

Список использованных источников

1. Эстеркин Р.И. Перевод промышленных котлов на газообразное топливо [Текст] / Р.И.Эстеркин. 1967. 208 с.
2. Демченко В.Г. Технические возможности повышения эффективности эксплуатации котельного оборудования [Текст] / Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование. №5. 2007. с. 1.
3. Эффективность комплексной модернизации хвостовой части действующих пылеугольных котлов/ Медведев В.А. Липец А.У., Пономарева Н.В. – Теплоэнергетика. №8. 1999. с. 43-47.
4. Пономарева Н.В. Оптимизация теплопотребления и повышение энергоэффективности блока 110 МВт с котлоагрегатом ТГМЕ-464 [Текст] / Международный журнал экспериментального образования. №10 – 1. 2015. с. 32-33.
5. Басок Б. И., Демченко В.Г., Мартыненко М.П. Численное моделирование процессов аэродинамики в топке водогрейного котла со вторичным излучателем // Промышленная теплотехника. 2006. № 1. с. 17 –22.
6. Гришкова А. В., Красовский Б.М., Ракитин А.Ю. Уменьшение выбросов оксидов азота от водогрейных котлов путем внесения в топку промежуточного излучателя с оптимальными параметрами // Промышленная энергетика. 2004. № 5.с. 32 –33.