

Министерство образования и науки Российской Федерации,
Министерство образования и науки Республики Таджикистан,
Российская Академия наук,
Представительство Россотрудничества в Республике Таджикистане,
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ,
Филиал НИУ "МЭИ" в г. Душанбе

Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий



**Материалы
Девятая Международная теплофизическая
школа, 6-11 октября 2014 г., Таджикистан**



Душанбе-Москва-Тамбов – 2014

Министерство образования и науки Российской Федерации,
Министерство образования и науки Республики Таджикистан,
Российская Академия наук,
Представительство Россотрудничества в Республике Таджикистане,
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ,
Филиал НИУ "МЭИ" в г. Душанбе

Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий

Материалы
**Девятая Международная теплофизическая
школа, 6-11 октября 2014 г., Таджикистан**



Душанбе-Москва-Тамбов – 2014

Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий

Материалы Девятая Международная теплофизическая школа, 6-11 октября 2014 г., Таджикистан

В настоящий сборник включены материалы, представленные на Международную конференцию “ Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий ”.

Материалы воспроизведены с авторских оригиналов, в
связи

с чем Оргкомитет конференции не несет ответственности за допущенные опечатки и стилистические погрешности

Наш адрес: 734002, г.Душанбе, ул.Мирзо Турсунзода, 82, Таджикистан.

Web –sidy: <http://www.df.mpei.ru> и [http://www. Mahmadali Safarov.tj](http://www.MahmadaliSafarov.tj)

E-mail: mahmad1@list.ru

Телефоны: 221 82 31 (раб.); 221 82 53 (раб); 95 163 15 85 (моб.)



*Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»*



Тамбовский государственный технический университет

Филиал Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» в г.Душанбе

СОДЕРЖАНИЯ

История Всесоюзных и Международных теплофизических школ.....9

Письмо, поздравительные и пожелание участников МТФШ-9....13

Пленарные доклады

1.ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ

Мищенко С.В., Пономарев С.В., Аль-Бусаиди С.С.С.....38

2.ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Гортышов Ю.Ф., Щелчков А.В., Яркаев М.З., А.Х.А.Аль-Джанаби, Попов И.А.....46

3.О НАГРЕВЕ ПЛЕНКИ ЧЕРЕЗ ПОГЛОЩАЮЩЮЮ ПОДЛОЖКУ ЛАЗЕРНЫМ ПУЧКОМ С ГАУССОВЫМ ПРОФИЛЕМ

Джаманкызов Н.К., Акимжанова Ч.С., академик АН КР Жумалиев К.М.....57

4.РАСЧЕТ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ РАДИОАКТИВНЫЙ ГРАФИТ–УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ ПРИ НАГРЕВАНИИ

Сидаш И.А., Барбин Н.М., Терентьев Д.И., Алексеев С.Г., Порхачев М.Ю.....67

5.ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ГРУНТОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ МЕТОДОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЛН

Ивлиев А.Д., Гой С.А., Куриченко А.А., Петров А.С.....75

6.ТЕРМОДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ГАММА- И АЛЬФА – ФАЗ СПЛАВОВ ЖЕЛЕЗО–МАРГАНЕЦ, ЖЕЛЕЗО–ХРОМ И ЖЕЛЕЗО–НИКЕЛЬ

Мирзаев Д.А., Мирзоев А.А., Мирзоев Р.А.....78

7.ТЕМПЕРАТУРНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И МАГНИТОАКТИВНЫЙ СЛОЙ ЛИТОСФЕРЫ ТАДЖИКИСТАНА

107.ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ворсин И.В., Губсков Ю.А., Минин Ю.В.....646

108.ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

Урусова Индира Руслановна.....648

109.АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Никифоров А.С., Приходько Е.В., Кинжибекова А.К., Карманов А.Е.....659

СЕКЦИЯ № 5.Новые энерго- и ресурсосберегающие технологии, материалы, топливо и нетрадиционные источники энергии.

110.ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Исаева О.В., Комова Д.М.....670

111.О МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОАНАЛИЗАТОРА

М. Каримов, К. Каримов, М. Магомедов, М. Магомедов, М. Шамилова, А. Амирова, А. Маджидова, А.А. Аливердиев.....673

112.НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Коньшева Н.А., Чуриков А.А.....675

113.ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА

Любимова Д. А., Пономарев С. В., Дивин А.Г.....679

114.ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ

АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

**Никифоров А.С., Приходько Е.В., Кинжибекова А.К.,
Карманов А.Е.**

**Павлодарский государственный университет
им.С.Торайгырова, г.Павлодар, ул.Ломова 64, Казахстан
Инновационный Евразийский университет, г.Павлодар,
ул.Ломова 45, Казахстан**

Анализ современного состояния инженерной инфраструктуры объектов малой энергетики (автономных котельных установок) показал, что большая часть котельного оборудования устарела и требует комплексной модернизации основных фондов. Коэффициент полезного действия (КПД) данных агрегатов колеблется в пределах 60 %, а у некоторых среднестатистический коэффициент полезного использования энергии составляет не более 40 %. Таким образом, около половины тепловой энергии, генерируемой в котельных, теряется на непроизводительные цели (подготовка и сжигание топлива, подготовка и циркуляция воды, потери теплоты через неэффективную теплоизоляцию и др.). Особенно это характерно для котлов малой теплопроизводительности, работающих на самотяге, где эффективность может быть еще ниже.

Об актуальности данной темы в международном масштабе говорит, например, проведение I-ой Международно-практической конференции «Научное обеспечение отраслей жилищнокоммунального хозяйства», прошедшей 26–27 октября 2012 года в Астане.

В настоящее время в Казахстане проводятся работы по увеличению КПД котлов различной мощности на стадии проектирования [1]. Но при этом практически не проводятся

работы по исследованию и анализу тепловой работы котлов малой и средней мощности при их эксплуатации.

Известно, что около 30 % всей тепловой энергии в республике вырабатывается малыми котельными мощностью менее 100 Гкал/час [2]. Техничко-экономические показатели работы этих агрегатов находятся на низком уровне, что приводит к перерасходу 645 300 тонн условного топлива в год или 1,75 млрд. тенге, а также к дополнительным выбросам в окружающую среду.

Малые котельные Павлодарского региона включают в себя достаточно широкий спектр котлов, как по производителю, так и по году изготовления. Это такие котлы как «Универсал», «Энергия», «Тула», «Братск», «Минск», «Жалын», КВ, КТ и др.

Для примера рассмотрим водогрейные котлы типа КВ производства ТОО «Пётр и К» (г. Павлодар). Водогрейные котлы этого типа, мощностью 0,4; 0,6; и 1,0 Гкал, предназначены для сжигания твёрдого топлива (газообразное топливо – на заказ).

Рассмотрим эксплуатационные характеристики водогрейных котельных агрегатов, работающих в реальных условиях. Разберём отдельно недостатки, с которыми столкнулись авторы статьи при обследовании котельных.

Котлы

Котельные агрегаты, используемые в котельных Павлодарской области, согласно паспортам предприятий-изготовителей имеют КПД от 70 до 75 %. Но в условиях эксплуатации реальные КПД далеки от паспортных значений.

Так, тепловые потери в окружающую среду, превышают нормативные. Объяснение этого кроется:

- в расчётах при конструировании (проектируемая температура на поверхности принимается 45°C [3]),
- в неудовлетворительном состоянии обмуровки при эксплуатации (наблюдается нарушение не только теплоизоляционных свойств обмуровки, но и нарушение герметичности

котла, что влияет на потери теплоты теплопроводностью и с уходящими газами),

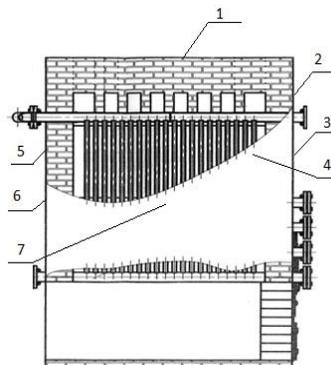
- в использовании материалов, неподходящих для нерасчётных условий.

При этом в абсолютном большинстве применяются материалы, не отвечающие конъюнктуре рынка и современным требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

Проведенные замеры температур на поверхности котлов показали, что при эксплуатации не выполняется условие по температуре на поверхности обмуровки. Так, при обследовании котлов марки «Жалын» КВ-Р-500-115 и КВ-Р-350-115 температура на внешней поверхности обмуровки была распределена достаточно равномерно и составила в среднем 60°C. При этом не были взяты в расчёт поверхность двери на загрузочном окне и поверхность перепускного газохода из нижней камеры в верхнюю на лицевой стороне котла. Стоит отметить слабую изоляцию этих зон (двери на загрузочном окне и перепускного газохода), средняя температура на поверхности которых составила 130,5 °С. Кроме того, металлические газоходы, расположенные в помещении котельной также имеют высокую температуру на поверхности (в среднем 96 °С).

Кроме замеров температуры на поверхности упомянутых водогрейных котлов был произведён общий осмотр состояния обмуровки и анализ надёжности работы. Осмотр обмуровки показал, что кладка из шамота, применяемая в качестве обмуровки в этих котлах, находится в удовлетворительном состоянии; внутренняя поверхность обмуровки имеет некоторое количество сколов, не влияющее на эксплуатационные характеристики в целом. Котлы «Жалын» покрыты стальными листами, скреплёнными сваркой, что создаёт дополнительные трудности при ремонте обмуровки.

Замеры температур на внешней поверхности обмуровки котлов фирмы «Пётр и К» показали, что их значения значительно превышают нормативные, а поля температур неравномерны по внешней поверхности обмуровки котла, что создаёт дополнительные температурные напряжения в обмуровке и снижает срок работы обмуровки.



На рисунке 1 показан общий вид котла КВ-0,4, где цифрами обозначены зоны температурных полей, численные значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Температуры в различных зонах на поверхности обмуровки

Значение температуры, °С								
Потолок	Стены							
зона 1	Фронт		Левая стена		Правая стена		Задняя стена	
	зона 2	зона 3	зона 4	зона 7	зона 4	зона 7	зона 5	зона 6
Котёл №1								
310	79	94	100	88	115	123	128	144
Котёл №2								
305	55	75	85	77	92	91	110	118

Рисунок 1 – Водогрейный котёл, мощностью 1 Гкал

Если говорить о состоянии обмуровки, то на котлах «Жалын», покрытых снаружи металлическими листами не наблюдалось присосов воздуха в котёл. На котлах же КВ-0,4 были чётко различимые трещины на фронтальной и тыльной частях котла и на своде. Трещины в обмуровке имеют шири-

ну до 3-4 мм и длину до 40 см. Такое состояние обмуровки говорит о присосах воздуха в котёл и повышении потерь тепла с уходящими газами.

Часть котлов, эксплуатирующаяся в котельных Павлодарской области, не имеет конвективной части (например, котлы марки КТ). Конвективная часть повышает экономичность работы котлоагрегатов. Кроме этого, нарушение общего состояния и герметичности обмуровки наблюдается при гидравлических ударах, вызванных подачей подпиточной (холодной) воды в экранные поверхности. При наличии конвективной части подпиточная вода направляется в менее теплонапряжённую конвективную часть и последствия гидроударов не так серьёзны для обмуровки котлоагрегата.

Топливо

Топливо является второй важной составляющей работы котельных агрегатов. КПД котла, установленный предприятием-изготовителем, соответствует определённому виду топлива. Однако, при эксплуатации котлов можно говорить об использовании целого ряда топлив. Например, для Павлодарской области: в качестве каменного угля – Экибастузского, Сарыкольского, угля месторождения Каражыра и бурого – Майкубенского угля. При этом, как правило, котлы проектируются на сжигание Экибастузского угля, то есть все остальные угли являются непроектными и КПД котельного агрегата при работе с ними будет ниже.

Здесь стоит отметить и эксплуатационные режимы, которые тоже разработаны для работы котельного агрегата на конкретном виде угля: начиная с технологической карты горения до периода очистки газоходов от золовых частиц др. На рисунке 2 показан элемент трубы из котельного пучка котла КВ-0,4. Труба вышла из строя вследствие пережога, вызванного значительными отложениями золошлаковых частиц на внешней поверхности и накипью на внутренней поверхности. Поверхность образца покрыта значительным количеством продуктов коррозии, образование которых про-

изошло в результате работы данного элемента в течение двух месяцев с нарушением герметичности, то есть с протеканием воды через образовавшиеся дырки в топочную камеру.

При эксплуатации котлов на расчётном топливе в процессе горения образуется шлак, который в жидком виде движется вниз и накапливается на колосниковой решётке. По мере подхода шлака к решётке он охлаждается воздухом, затвердевает и создаёт защитный теплоизоляционный слой, препятствующий пережогу колосников. Использование нерасчётного топлива при соблюдении тех же температурных режимов способствует зашлаковке нижней части слоя на колосниковой решётке. Данный процесс в свою очередь приводит к снижению подачи воздуха на горение и возможному недожогу, возникающему вследствие обволакивания кусков топлива шлаком и удаления их из зоны горения без доступа воздуха. Кроме того, нередко происходит прогорание колосников и аварийные ситуации на котлоагрегате.

Анализ, проведённый авторами работы [4] показывает, что при работе котельных на разных видах топлива наименьший КПД имеет котёл при сжигании Экибастузского угля, наибольший – при сжигании Карагандинского. Достаточно высокий КПД имеет котёл при сжигании Майкубенского угля. Экибастузский уголь относится к углям, где минеральная и органическая части практически неотделимы. Поэтому Экибастузский уголь сжигать в слое нельзя, так как механический недожог при сжигании его в слое достигает 25-30 %, что приводит к низким значениям КПД котлоагрегатов.

Ухудшению качества топлива способствует также хранение угля на открытых складах. Хранение угля с возможностью доступа атмосферных осадков без системы сушки топлива приводит к сжиганию топлива с неконтролируемой влажностью. Влага, превращаясь при горении в пар, отнимает часть теплоты сгоревшего топлива, ещё более снижая эффективность тепловой работы котлов.



Рисунок 2 Элемент трубы из котельного пучка котла КВ-0,4

Ситуация усугубляется тем, что при поставках угля типа «рядового» в топливе может присутствовать значительное количество фракций менее 20 мм, неподходящего для сжигания на колосниковой решётке. Для сжигания такой фракции персонал котельной смачивает уголь, получая кашеобразное состояние, которое не проваливается (не просыпается) через колосники. Таким образом, в топочной камере образуются дымовые газы, насыщенные водяными парами. Эта ситуация приводит к низкотемпературной коррозии хвостовых поверхностей нагрева, даже при высокой температуре уходящих газов. Так, коррозия конвективной части котлов КВ-0,4 наблюдалась при температуре уходящих газов около 300°С.

Вода

На части котлов, исследованных авторами статьи, система подготовки воды отсутствовала, а вода для подпитки котлов бралась из систем водоснабжения населённых пунктов или из скважины. Таким образом, полное отсутствие системы удаления солей жёсткости из подпиточной воды, а порой и использование воды, насыщенной солями приводит к возникновению значительных отложений на внутренней по-

верхности поверхностей нагрева. Это однозначно ухудшает процесс теплоотдачи в котле, увеличивает расход топлива и снижает КПД котлов в целом. На рисунке 3 показаны отложения на внутренней поверхности трубы котельного пучка котла КВ-0,4. До демонтажа труба эксплуатировалась в котле в течение 2,5 лет в период отопительных сезонов.

Другие условия

Необходимо отметить такую важную часть процесса горения как подачу воздуха для сжигания топлива. Как правило, котлы даже малой и средней мощности имеют дутьевые вентиляторы (а порой и дымососы). Эффективность и режимы работы дутьевых вентиляторов определяются лишь субъективным взглядом эксплуатационного персонала, основанном на опыте их работы. Если учесть, что котлы работают на номинальных параметрах непостоянно, то можно утверждать, что подача воздуха для процесса горения далека от оптимальной. К этому стоит добавить, что предприятия-производители котельных агрегатов не дают рекомендаций по выбору дымовых труб, что приводит либо к недостатку, либо к избытку воздуха.

Важным моментом при эксплуатации водогрейных котлов является и водоразбор из системы отопления. Так, при работе двух котлов 0,4 ГКал подпитка котлов составила 0,5 м³/сут. Такая ситуация ведёт к дополнительному расходу топлива, возможности гидроударов при попадании относительно холодной воды в котёл. При протечках в тепловой сети расход подпиточной воды доходит до 1,5 м³/сут. При отсутствии автоматики на подаче подпиточной воды это приводит к необходимости постоянного слежения за уровнем воды в расширительном баке, что в реальных условиях эксплуатации не представляется возможным. В результате возможного упуска уровня воды в расширительном баке происходит завоздушивание всей системы отопления, что потребует дополнительных сил и времени для решения данной проблемы.

Выводы

Водогрейные котлы, установленные в котельных сельской местности, отличаются простотой конструкции, высокой ремонтпригодностью и отсутствием какой-либо автоматизации. С другой стороны, простота их конструкции и отсутствие автоматики резко снижает КПД котла. При этом, тепловые потери в окружающую среду превышают нормативные в 1,5–3 раза, температура уходящих газов превышает расчётную на 60-80 °С.

Топливо, используемое в рассматриваемых котлах, часто является не расчётным и даже в течение одного отопительного сезона возможна его смена. В настоящее время покупка топлива для отопительных котельных определяется двумя факторами: стоимостью топлива и надёжностью поставок.



Рисунок 3 - Отложения на внутренней поверхности трубы

В котельных в обязательном порядке следует проводить анализ используемой воды, устанавливать устройства по ее подготовке и предусматривать схемы регенерации фильтров (при технической необходимости). КПД котельных агрегатов в реальных условиях эксплуатации значительно ниже заявляемых предприятием-изготовителем. Таким образом, учёт КПД эксплуатируемых котлоагрегатов необходимо рассматривать только в комплексе с условиями эксплуатации ко-

тельной, что даст действительную картину полезного использования теплоты водогрейными котлами.

Литература

1. Абдуллаев Т. К., Абдуллаев К. А., Орумбаев Р. К., Орумбаева Ш. Р. Математическая модель для расчёта коэффициента трения и теплообмена при турбулентном течении в каналах сложного поперечного сечения // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2011. – № 6. – С. 11–14.
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 апреля 2011 года № 473. Об утверждении Программы модернизации жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан на 2011–2020 годы. – Астана, 2011. – 25 с.
3. Правила технической эксплуатации котельных с установленной мощностью до 100 гкал/час. – Астана: Агентство Республики Казахстан по делам строительства жилищно-коммунального хозяйства, 2011.
4. Никифоров А. С. Разработка мероприятий по повышению эффективности системы теплоснабжения пристанционных посёлков. Отчёт кафедры «Промышленная энергетика» Казахский Государственный технический университет. – Павлодар, 1993. – 33 с.

**Теплофизические исследования и измерения при
контроле качества веществ, материалов и
изделий**

**Материалы
Девятая Международная теплофизическая
школа, 6-11 октября 2014 г., Таджикистан**

Компьютерный верстка Хасанов Обид.

*Подписано в печать 20.08.14. Формат 60x84/16. Бумага офисная.
Гарнитура Times New Roman Tj. Усл. печ. л.52,5. Печать
офсетная Тираж 300. Заказ №105 Цена договорная*



**ООО «Ходжи Хасан»
г. Душанбе, ул Носири Хусрав-6/1
тел.:224-27-35. 224-27-33**
