

Отзыв

Официального оппонента на диссертацию А.И. Папченкова «**Экспериментальные исследования теплотехнических характеристик термосифонов котлов утилизаторов**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика**.

На рассмотрение представлена диссертационная работа, включающая введение, пять глав с выводами, заключение, список литературы из 103 наименований, в том числе 3 статьи автора в ВАКовских журналах, 1 коллективная монография и два патента РФ на полезную модель. Имеется также 5 приложений. Основной текст диссертации изложен на 146 страницах, 56 рисунках и 20 таблицах. Общий объем составляет 178 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулированы их цели и задачи, отражена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, защищаемые автором.

В первой главе рассмотрены базовая конструкция и принцип действия двухфазного термосифона. Представлено описание и принцип работы котлов утилизаторов с термосифонами. Проведен аналитический обзор известных работ по теме диссертации, связанных с процессами теплообмена при кипении и конденсации. Отмечено отсутствие сведений о расчетных моделях, учитывающих влияние термического сопротивления твердых пылевых отложений на стенке термосифонов, находящихся под воздействием отходящих технологических газов, имеющих высокую температуру. Обсуждено вредное влияние неконденсирующихся газов на эффективность работы термосифонов. На основании выполненного анализа сделаны выводы и сформулированы задачи исследований.

Во второй главе приводится техническая характеристика объекта исследования - установки для утилизации тепла газов отходящих из действующей медеплавильной печи на медеплавильном комбинате «Святогор», (г.Красноуральск). Установка представляет собой теплообменник с термосифонами, в которых в качестве теплоносителя используется деаэрированная вода, и котел – утилизатор. Установка снабжена оригинальными, специально сконструированными

вспомогательными устройствами для измерения температуры в различных точках внутри термосифона и на его поверхности, температуры и теплового потока отходящих газов, а также расхода котловой воды, поступающей из барабана – сепаратора в контур охлаждения котла - утилизатора.

Описана методика измерений. Выполнен спектральный анализ материала стенок труб термосифонов и определена степень их эрозионного износа после 14-месячной эксплуатации, которая объясняется высокой запыленностью отходящих газов. С помощью микрорентгеноспектрального анализа установлен химический состав пылевых отложений и измерена их теплопроводность. Рассчитаны скорость движения водяного пара и стекающей пленки жидкости в термосифоне в зависимости от величины тепловой нагрузки. Расчетным путем также определена величина допустимого давления в термосифоне, ограниченного прочностью стенок трубы.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований и расчетов тепловых параметров отдельных термосифонов и группы термосифонов. Показана динамика изменения температуры внутри и на поверхности термосифонов по их высоте. Установлено, что имеют место гармонические колебания температуры в результате воздействия системы газоимпульсной очистки. Отмечено также наличие распределенного перепада температур по высоте термосифона, связанного с наличием градиента температуры в потоке отходящих газов.

Для оценки характеристик теплообменника-рекуператора с термосифонами разработана методика расчета его тепловых параметров при заданной температуре отходящих газов. Проведен анализ процессов теплообмена и термических сопротивлений на всех участках устройства. Учтено взаимодействие встречных потоков пара и жидкости внутри термосифонов, а также условия внутреннего и внешнего теплообмена в зонах кипения и конденсации. Представлены результаты сравнения расчетов с экспериментальными данными, которые имеют удовлетворительное соответствие.

В этой же главе дан анализ причин аварийных ситуаций, связанных с кризисом работы термосифонов. В их числе указаны: увеличение температуры газов выше предельных значений, нарушение циркуляции охлаждающей воды, в результате которого повышается давление внутри термосифонов, а также влияние отложений пыли на теплообменных поверхностях.

В четвертой главе представлена модель переходных процессов в термосифоне, которые имеют место при воздействии возмущений путем изменения температуры отходящих газов, в частности, при останове печи. Определена постоянная времени переходного процесса при резком изменении температуры. Установлено, что основное влияние на величину постоянной оказывают теплоемкость стенок термосифона и находящейся в нем воды, а также произведение коэффициентов теплопередачи и площади теплообменной поверхности в зоне кипения и конденсации. Показано удовлетворительное совпадение результатов моделирования с экспериментальными данными.

В пятой главе представлены практические рекомендации, направленные на повышение эффективности и надежности термосифонов, которые способствуют увеличению сроков безаварийной эксплуатации теплоутилизационных установок. Предложен новый способ вакуумирования и заполнения термосифонов теплоносителем без привязки к запуску металлургического агрегата, а также соответствующие изменения в конструкции термосифонов. Предложены технические решения, связанные с изготовлением и эксплуатацией термосифонов. Отмечено, что соблюдение указанных рекомендаций позволило сохранить работоспособность всех 42 контрольных термосифонов, находившихся в промышленной эксплуатации в течение 14 месяцев. Для сравнения можно отметить, что количество неповрежденных термосифонов, изготовленных по старой технологии, после окончания кампании печи составило 15% от первоначального количества (Глава 2, стр. 46-47).

Актуальность диссертационной работы заключается в направленности исследований на увеличение эффективности утилизации вторичных энергоресурсов (отходящих высокотемпературных газов медеплавильных печей) путем повышения надежности и рабочего ресурса котлов-утилизаторов с двухфазными термосифонами.

В работе получен ряд новых научных результатов, наиболее значительными из которых являются:

- впервые измерены тепловые параметры термосифонов в действующем котле – утилизаторе;
- предложены технические и организационные решения, позволяющие повысить надежность работы термосифонов;

- предложена адекватная модель переходных процессов в термосифоне, как объекте регулирования, при резком изменении температуры отходящих газов;
- предложен новый способ заполнения и герметизации термосифонов с соответствующим изменением их конструкции.

Практическая значимость диссертации, определяется тем, что полученные результаты позволили, в частности, повысить надежность и рабочий ресурс термосифонов, используемых в котле-утилизаторе тепла отходящих газов отражательной медеплавильной печи. Они могут быть использованы и на других аналогичных установках в металлургической промышленности. Проведенные исследования позволили также выработать рекомендации для проектирования более эффективных котлов – утилизаторов. Документы, подтверждающие практическое значение диссертации, представлены в Приложениях.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждена:

- использованием современных средств и апробированных методов измерения физических параметров и химических свойств исследуемых объектов, а также методов обработки результатов;
- использованием поверенных измерительных приборов
- удовлетворительным соответствием экспериментальных данных с результатами расчетов, сделанных автором.

Вопросы и замечания по работе.

1. Фраза: “ ... теплоутилизационных установок, включающих термосифоны в качестве поверхностей нагрева” (Введение, стр. 7) отражает роль термосифонов в теплоутилизационных установках не вполне корректно. Во-первых, термосифоны имеют как нагреваемые, так и охлаждаемые поверхности в зонах испарения и конденсации. Во-вторых, термосифоны используются здесь, прежде всего, как эффективные теплопередающие устройства, о чем сам автор отметил в Главе 1 на стр.15.
2. Неправильно применять по отношению к термосифонам термин “перспективный”. Эти устройства были изобретены еще в 19-м веке и сразу нашли практическое применение. Сейчас они также широко используются в различных отраслях техники. А вот повышение надежности и использование

термосифонов для энергосбережения – это дело действительно перспективное.

3. Почему для изготовления термосифонов выбрана сталь 10? Известно, что это углеродистая конструкционная сталь предназначена для работы в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 450 °С. В то время как температура отходящих газов достигает 1300 °С. Не сказывается ли это на рабочем ресурсе?

4. Формула 1.1 (стр. 26) определяет удельное термическое сопротивление, а не термическое сопротивление термосифона, как указывает автор.

5. Формула 1.19 предложена для коэффициента теплоотдачи при конденсации в горизонтальных трубах. Почему автор использовал ее для вертикально расположенной зоны конденсации термосифонов?

6. В качестве основной причины разрушения термосифонов автор указывает высокое внутреннее давление, которое их стенка не выдерживает. Способствует ли этому эрозия стенки (стр. 69) под воздействием сильно запыленного потока отходящих газов? Обнаружены ли следы коррозии на внутренней поверхности термосифонов, которая также может способствовать снижению прочности?

7. На рис. 3.2 показана динамика изменения температуры стенки термосифона в адиабатной зоне. Однако на схемах (рис.1.2 и рис.2.3) исследуемые термосифоны ее не имели. Что автор имеет здесь ввиду, говоря об адиабатной зоне.

8. В главе 3 (стр. 88) указана степень заполнения термосифона 1/3. Чем обоснована такая величина? Известно, что объем теплоносителя в термосифонах должен составлять не менее 40% объема зоны нагрева (испарения).

9. Автор указывает (стр.132), что для откачки воздуха из термосифона использовался вакуумный насос НВР-1, создающий предельное остаточное давление газа 0,26 кПа. Это не верно. В технической характеристике этого насоса данная величина равна 1,33 кПа (10 мм.рт. ст).

10. Список цитируемых источников имеет достаточно глубокую ретроспективу. Однако самый поздний из них датирован 2013 годом. С чем это связано?

Указанные вопросы и замечания не снижают общей положительной оценки научной и практической значимости представленной диссертации. Работа выполнена на современном научном уровне. Ее результаты достаточно обоснованы и соответствуют современным физическим и техническим представлениям. Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах из списка ВАК, одной монографии и защищены двумя патентами РФ на полезные модели.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Выводы.

1. Диссертационная работа А.И. Папченкова “ Экспериментальные исследования теплотехнических характеристик термосифонов котлов-утилизаторов “ полностью соответствует требованиям п.9 Положения ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям.
2. В диссертационной работе А.И. Папченкова разработаны и сформулированы новые научно-обоснованные технические решения, внедрение которых обеспечит существенный вклад в развитие энергосберегающих технологий за счет использования высокоэффективных теплопередающих устройств - двухфазных термосифонов.
3. А. И. Папченков заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент,
Зав. лабораторией теплопередающих устройств
Института теплофизики
Уральского отделения Российской академии наук,
Лауреат государственной премии РФ в области науки и техники,
доктор технических наук Майданик Юрий Фольевич

ФГБУН Институт теплофизики УрО РАН,
Россия, 620016, г. Екатеринбург,
ул. Амундсена, 107
Тел. 8 343 267-87-99

Подпись Ю.Ф. Майданика заверяю:



Ученый секретарь, к.т.н.
Мезенцев П.Е.