

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Рекуперация тепла отходящих дымовых газов с помощью
рекуперативного теплообменника**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ (ДИПЛОМНОЙ) РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

Института химии

Корнеева Юрия Алексеевича

Научный руководитель

к.ф.-м.н., с.н.с., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

А.Ф.Крылов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2016

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что отходящие дымовые газы, которые образуются при работе паровых и водогрейных котлов, технологических печей, сушильных установок выбрасываются при высокой температуре. Это объясняется тем, что при низких температурах окружающей среды дымовые газы начнут конденсироваться прямо в трубах, что приведет к преждевременной коррозии и износу оборудования. В итоге теряется часть явного и 100% скрытого тепла, выделившегося при сжигании топлива. Тепло отходящих дымовых газов необходимо утилизировать с целью повышения экономической эффективности технологического процесса и из соображений охраны окружающей среды. Возвращение части энергии, расходуемой в технологическом процессе, для повторного использования в том же процессе (рекуперация) при необходимости рационального использования природных топливных ресурсов является важной технической задачей.

Цели данной работы:

- составление технологического процесса использования тепла дымовых газов;
- осуществление теплового, конструктивного, гидравлического расчетов контактного теплообменного аппарата, в котором тепло отходящих дымовых газов способствует нагреванию оборотной воды до определенной температуры;
- расчеты рекуперативного теплообменного аппарата, в котором нагретая оборотная вода отдает приобретенное тепло расходной воде.

Конкретные инженерные задачи:

- определение объема и поверхности насадки контактного теплового аппарата, которые обеспечивают нагрев воды до заданных параметров; выбор типоразмера контактного аппарата и определение высоты засыпки насадки в этот аппарат;

- выбор теплообменного аппарата, в котором обратная вода нагревает до нужной температуры холодную воду, перекачиваемую в своем водном контуре;

В газифицированных котлах, печах, сушилках температура уходящих продуктов сгорания составляет 140 - 160°C. В связи с этим теряется часть явного и 100% скрытого тепла (энергии парообразования / конденсации содержащегося в продуктах сгорания водяного пара), выделившегося при сжигании топлива. Снижение этой температуры - главный путь повышения топливоиспользования [1]. Тепло отходящих газов можно и необходимо утилизировать с целью повышения экономической эффективности технологического процесса и из соображений охраны окружающей среды. Возвращение части энергии, расходуемой в технологическом процессе, для повторного использования в том же процессе называется рекуперацией. В последнее время идет активная работа над созданием высокоэффективных теплообменников нового типа [2], а также оборудования для их производства и последующее внедрение в промышленность. В рекуперативных теплообменниках теплота отходящих газов непрерывно передается к нагреваемой среде. В представленной работе речь идет о применении смесительного теплообменника, используемого для утилизации тепла отходящих дымовых газов, образующихся при сгорании углеводородного топлива, на котором работают котлы. Предложенная технологическая схема утилизации тепла разработана на основе изучения существующих патентов по проблеме теплоутилизации. В работе приводятся подробные тепловой, конструктивный и гидравлический расчеты смесительного теплообменного аппарата, основанные на использовании формул и справочных данных.

Работа состоит из следующих структурных элементов:

- введение;
- литературный обзор (состоит из двух разделов);
- практическая часть (состоит из семи разделов);
- заключение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В представленной работе речь идет о применении смесительного теплообменника, используемого для утилизации тепла отходящих дымовых газов, образующихся при сгорании углеводородного топлива, на котором работают котлы. Для повышения работоспособности дымовых труб, через которые дымовые газы выбрасываются в атмосферу, необходимо, чтобы пары воды, находящиеся в них, не начали конденсироваться в дымовых трубах при самых низких температурах окружающей среды. В результате принято выбрасывать в атмосферу дымовые газы вместе с парами воды при температуре выше 100°C , а теплоту парообразования, т. к. она не используется в теплообменных процессах, считать вредной. Поэтому длительное время для упрощения тепловых расчетов всевозможных термических печей, в том числе водяных и паровых котлов, учитывалась только низшая теплота сгорания топлива [3]. Идея использовать тепло отходящих дымовых газов не нова и всегда волновала умы изобретателей и рационализаторов, а зарегистрированные патенты всегда можно использовать для дальнейшего усовершенствования технологических схем утилизации тепла [4].

Предложенная схема установки утилизации тепла дымовых газов (приведена в Приложении А - Технологическая схема утилизации тепла дымовых газов) предполагает, что в контактном теплообменнике в вертикальном противотоке движутся дымовые газы и распыленная обратная вода, то есть дымовые газы и вода напрямую контактируют друг с другом. Для поддержания равномерного распыления обратной воды используются форсунки и специальная керамическая насадка.

Нагретая обратная вода, перекачиваемая в своем водном контуре самостоятельным насосом, отдает тепло, приобретенное в контактном теплообменнике, расходной воде в пластинчатом теплообменнике.

Для требуемого охлаждения обратной воды должна быть использована только холодная водопроводная вода, которая после нагрева в

данной установке доводится до кондиционной температуры в бойлерах существующих котельных и используется далее для горячего водоснабжения жилья или обеспечения горячим водоснабжением душевых заводов.

В контактном теплообменнике охлажденные дымовые газы дополнительно проходят каплеуловитель и, потеряв в итоге значительное количество влаги в виде конденсата паров воды, соединяются с частью горячих дымовых газов (10–20% от объема дымовых газов, отходящих от котла), направленных сразу от котла в дымовую трубу, образуя при этом смесь дымовых газов с низким влагосодержанием и с температурой, достаточной для прохождения дымовой трубы без конденсации остатка паров воды.

Объем оборотной воды непрерывно увеличивается за счет конденсата паров воды, находившихся в дымовых газах. Слив конденсата контролируется уровнемерами. В системах утилизации широко распространены самые простые по конструкции форсуночные газовые контактные теплообменники. В нашем случае, в зависимости от направления движения продуктов сгорания, используется вертикальный форсуночный теплоутилизатор. Вода, подаваемая из форсунок под давлением, образует факелы, имеющие различный угол распыления в зависимости от давления разбрызгиваемой воды, диаметра выходного отверстия и конструкции форсунок. Форсуночные камеры обладают минимальным гидравлическим сопротивлением по тракту продуктов сгорания (оно не превышает 160—220 Па).

Описанная схема довольно проста в монтаже, что является важным фактором при её эксплуатации и ремонте оборудования. А также хочется заметить, что на пути оборотной воды можно установить фильтр, деаэратор, декарбонизатор, блок нейтрализации кислот, что на схеме не указано.

Главной целью теплового расчета контактного теплообменного аппарата является определение объема насадки (ее геометрической поверхности), который обеспечивает нагрев воды до заданных параметров.

Пользуясь исходными данными из характеристик котельного агрегата, а также методикой расчета и справочными величинами, приведенными в [5], можно рассчитать количество утилизированной теплоты (теплопроизводительность контактного теплообменника). В нашем конкретном случае оно составляет 34,577 кВт. Проводимый далее конструктивный расчет необходим для выбора типоразмера контактного аппарата и определения высоты засыпки насадки в него. В итоге был выбран экономайзер ЭК-БМ1-1 (диаметром скруббера 1 м), который рассчитан на пропуск дымовых газов от котла паропроизводительностью 2,5 т/ч и допускает перегрузку 50 %. Чертеж экономайзера приведен в Приложении Б - Контактный экономайзер. Контактная камера экономайзера ЭК - БМ1-1 заполнена насадкой из кислотоупорных керамических колец Рашига, высота которой, согласно расчетам, составила около метра. Пленка жидкости на поверхности насадки представляет собой дополнительную поверхность контакта, которая иногда может быть основной поверхностью теплообмена.

Корпус блока экономайзера состоит из трех секций. Нижняя секция имеет плоское днище и четыре несущие лапы. Там же имеется два штуцера: для отвода горячей воды и для дренажа и продувки водяного объема. Через среднюю секцию подводятся дымовые газы, там имеется люк для осмотра и закреплена решетка, на которую укладываются два слоя насадки: в шахматном порядке и в навал. В верхней секции находятся люки, предназначенные для осмотра и ремонта водораспределителя, для загрузки насадки каплеулавливающего слоя, патрубков для отвода осушенных и охлажденных газов. Продувание газа через контактный теплообменник связано с дополнительными затратами энергии. Для определения мощности, затрачиваемой на перекачивание газа, производится гидравлический расчет, чтобы подсчитать сопротивление тракта, зависящее от типа насадки и гидравлического режима работы контактного аппарата. Из расчета понятно, что полученным данным лучше всего удовлетворяет центробежный вентилятор марки В- Ц14-46 - 8К - 02 производительностью 11,95 м³/с, с

числом оборотов 16 с-1, снабженный электродвигателем АО2- 91 - 6 мощностью 55 кВт с коэффициентом полезного действия 0,92.

Ещё одним этапом работы является тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата. В связи с тем, что эффективность кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников близка, то выбор целесообразно сделать, сравнив их технические характеристики. Взяв за основу расчетные данные и технические характеристики каждого из 4 теплообменных аппаратов (двух кожухотрубчатых и двух пластинчатых), был сделан выбор в пользу пластинчатого теплообменного аппарата массой 485 кг. В выбранном теплообменнике компоновка пластин самая простая $S_x=35/35$, т.е. по одному ходу в каждом теплоносителе. В пользу выбора данного теплообменника учитывались также следующие его качества:

- высокая эффективность теплообмена и вследствие этого высокий КПД;
- надежность и устойчивость к внешним и внутренним воздействиям;
- простота монтажа и эксплуатации, низкие трудозатраты при ремонте оборудования;
- легкость очистки благодаря разборной конструкции;
- возможные изменения характеристик уже эксплуатируемого теплообменника.

И, наконец, экономический расчет, сделанный в завершении работы, подтверждает целесообразность использования теплоутилизатора. Был сделан вывод, что окупаемость такой установки составляет 0,63 года (7,5 месяца), а годовой экономический эффект при выбранном размере насадки определяется размером в 141832, 6 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными результатами работы можно считать составление технологической схемы утилизации тепла отходящих дымовых газов от котельного агрегата ПКН - 3Г и расчет параметров двух теплообменных аппаратов - контактного экономайзера ЭК - БМ1-1 и рекуперативного пластинчатого теплообменника. В ходе решения конкретных задач были сделаны следующие выводы:

1. Достоинствами экономайзера являются простота монтажа и высокая тепловая эффективность. В данном проекте годовой экономический эффект при выбранном размере насадки составил более 140 тыс. рублей, а срок окупаемости установки - 7,5 месяца.

К недостаткам экономайзера ЭК-БМ1-1 следует отнести то, что его невозможно эксплуатировать при скоростях дымовых газов более 2-3 м/с, иначе произойдет нарушение гидростатического режима контактной камеры. А также качество нагретой контактным способом воды не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51232-98 к питьевой воде. Для использования тепла нагретой оборотной воды необходим еще один рекуперативный теплообменный аппарат.

2. С учетом вышеназванных соображений был выбран пластинчатый теплообменный аппарат с простой компоновкой пластин, массой $M_3=485$ кг, на преодоление гидравлического сопротивления в котором затрачивается чуть более 2 кПа. После нагрева воды в данной установке, её необходимо довести до кондиционной температуры в бойлерах существующих котельных и использовать далее для горячего водоснабжения жилья или обеспечения горячим водоснабжением душевых заводов.

3. Хотя отсутствие фундаментальных исследований в этой области не позволяет принять правильное решение в практике проектирования контактного теплоутилизатора и вызывает неуверенность в возможности их широкого использования для повышения экономичности теплогенерирующих установок, их следует внедрять в технологические

процессы. Глубокое охлаждение дымовых газов должно получать широкое распространение, что обусловлено энергосбережением и снижением вредных выбросов в атмосферу. Основная задача решения подобных проблем состоит в определении параметров, при которых обеспечивается надежная эксплуатация наружных газоходов и дымовых труб, отводящих в атмосферу охлажденные и частично осушенные в теплоутилизаторе продукты сгорания.




А чтобы сделать проекты, подобные данному, популярными, необходимо наличие побудительных мотивов в области энергосбережения.

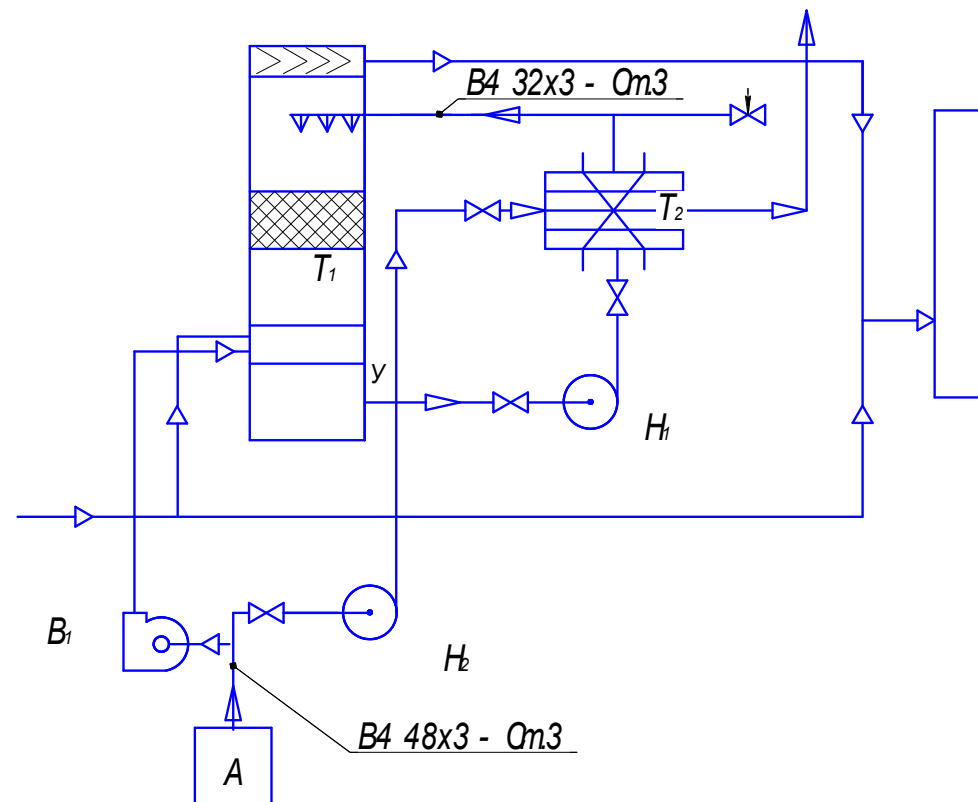
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудинов А.А. , Энергосбережение в теплогенерирующих установках. - Ульяновск: УлГТУ, 2011. - 139 с. - ISBN 5-89146-187-0
2. Злотин В.Е. , Злотин Д.В. , Калинин Н.М. Эффективные рекуператоры тепла нового поколения. // Новости теплоснабжения. - 2011. - №1. - С. 5-6
http://esco.co.ua/journal/2011_8/art135.pdf
3. Установка утилизации тепла дымовых газов / Н.Ф. Свиридов [и др.] // Энергосбережение. - 2002. - №4. - С. 15-16
4. Контактный нагреватель [Текст] : пат. SU 1553780 A1 : № 1315005, кл. В 01 D 47/06, 53/18 / Абрамов А.С., Яковлев А.Т. ; заявитель и патентообладатель Среднеазиатское отделение государственного научно - исследовательского и проектно-конструкторского института «ВНИПИЭнергопром». - № 1394005, кл. F 24 H 1/10 ; заявл. 22.06.88 ; опубл. 30. 03. 90, Бюл. 12. - 3 с.
5. Семёнов С.А., Литецкая Е.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Основы теории и проектирования контактных теплоутилизаторов: Учебно-методическое пособие / С.А.Семёнов, Е.В.Литецкая. – 2-е изд., исправл. и перераб. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 62 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологическая схема утилизации тепла дымовых газов

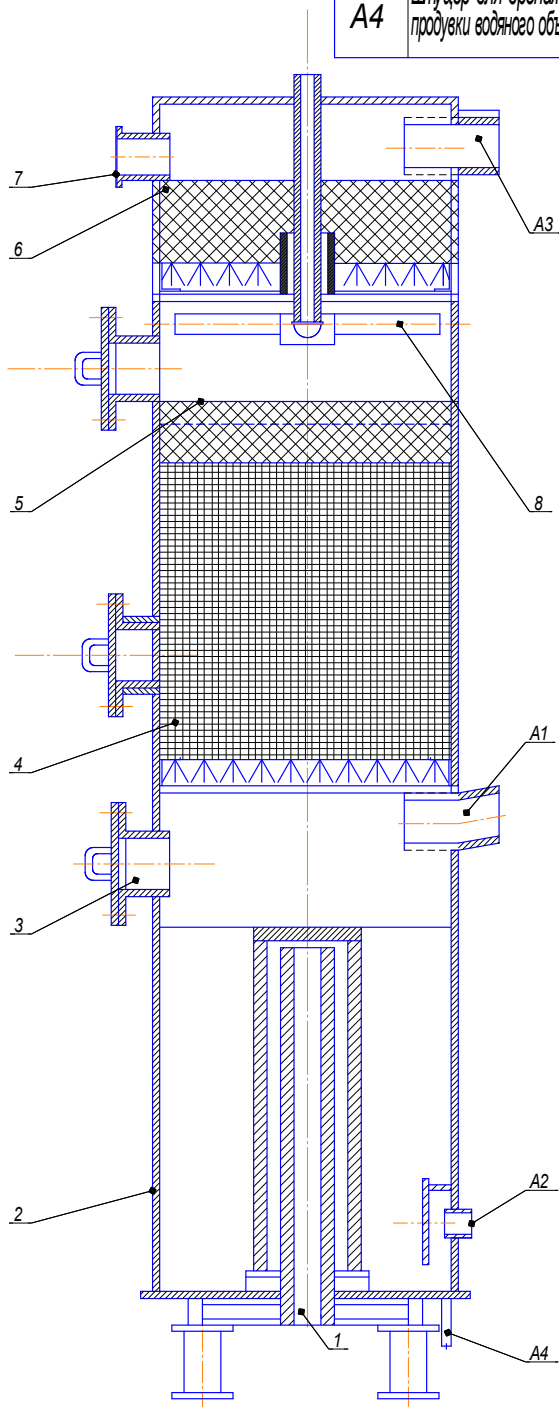
Условные обозначения		Наименование среды в трубопроводе
Буквенные	Графические	
B4		Вода обратная (подача)
B5		Вода обратная (возврат)
-		Дымовые газы



Обознач. поз.	Наименование	Кол.	Примечание
A	Аппарат	1	
H1	Насос центробежный	1	Q=0,08 м ³ /с H=29,6 м вод. ст. КПД=0,7
H2	Насос центробежный	1	Q=0,08 м ³ /с H=29 м вод. ст. КПД=0,7
T1	Теплообменный аппарат	1	Диаметр=1м Высота=4м Высота насадки=0,54
T2	Теплообменный аппарат	1	Площадь пластин=0,3м ² Длина канала=1,12м Эквив. диаметр канала=8мм
B1	Вентилятор	1	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Контактный экономайзер
Таблица штуцеров

Обозначение	Наименование	Кол-во	Проход условный Ду, мм	Давление условное ру, МПа
A1	Штуцер для газов - вход	1	100	0,5
A2	Штуцер для воды - выход	1	250	0,5
A3	Штуцер для газов - выход	1	50	0,5
A4	Штуцер для дренажа и продувки водяного объема	1	25	0,5



Техническая характеристика

1. Производительность - 0,32 Гкал ч;
2. Температура °С
газов на входе в теплоутилизатор:146
газов на выходе из теплоутилизатора45
холодной воды5
нагретой воды на выходе:49,5
- 3.Влагосодержание уходящих газов°С
0,091 кг\ кг;
- 4.Рабочие давление МПа: 0,5;
- 5.Габаритные размеры мм,
высота:4065
диаметр:1000
масса кг:315