

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии техногенной безопасности

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ
КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА
ТОНКОСТЕННЫЙ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННЫЙ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

Института Химии

Кирсанова Дмитрия Васильевича

Научный руководитель
доцент, к.х.н.

И. А. Никифоров

Заведующий кафедры
профессор, д.х.н.

Р. И. Кузьмина

Саратов 2019

Введение Бакалаврская работа Кирсанова Д.В. посвящена экономической оценке замены традиционных кожухотрубчатых теплообменников на тонкостенный интенсифицированный.

В настоящее время трудно переоценить важность теплообменных аппаратов в промышленности. Без их внедрения не осуществима почти ни одна современная технологическая схема. Свое применение они нашли практически во всех отраслях, начиная от пищевой, заканчивая космической.

Исходя из этой важности, было разработано огромное множество типов теплообменных аппаратов с различными характеристиками и сферами применения. Но, несмотря на все их разнообразие, каждый из них имеет свои достоинства и, что более важно, недостатки, которые необходимо выявить и устранить.

Таким образом, цель работы состоит в разработке технико-экономического обоснования замены двух кожухотрубных теплообменников, работающих в составе блока выработки пара установки ЭЛОУ АВТ-6 в составе ПАО «Саратовский НПЗ» на один теплообменник типа ТТАИ (тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный).

Целью работы является экономическая оценка замены традиционных кожухотрубчатых теплообменников на тонкостенный интенсифицированный. Выпускная квалификационная работа Кирсанова Дмитрия Васильевича «Экономическая оценка замены традиционных кожухотрубчатых теплообменников на тонкостенный интенсифицированный» состоит из 48 страниц и содержит следующие разделы:

Раздел 1 – Литературный обзор

Раздел 2 – Технологический расчёт

Раздел 3 – Экономический расчёт

Основное содержание работы. Первый раздел выпускной квалификационной работы посвящен литературному обзору, в котором предоставлена информация о способах нагрева технологических жидкостей, понятии теплообмена и основных видах теплообменных аппаратов.

Нагревание является одним из наиболее распространенных процессов химической технологии. Нагревание необходимо для ускорения многих химических реакций, а также для выпаривания, перегонки, сушки и других процессов.

Тепловая энергия для проведения технологических процессов может быть получена различными способами и от разных источников.

Прямыми источниками тепла являются:

- 1) дымовые газы;
- 2) электрический ток.

В качестве промежуточных теплоносителей, воспринимающих тепло от указанных источников тепла и передающих его нагреваемому веществу, применяют:

- 1) водяной пар или горячую воду;
- 2) минеральные масла;
- 3) специальные теплоносители: перегретую воду, высококипящие жидкости и их пары, расплавленные неорганические соли и их смеси, некоторые углеводороды и металлы (в жидком состоянии).

Важнейшими условиями, от которых зависит выбор теплоносителя, является:

- 1) температура нагрева и возможность ее регулирования;
- 2) упругость пара и термическая устойчивость теплоносителя;
- 3) токсичность и химическая активность теплоносителя;
- 4) безопасность нагревания;
- 5) стоимость и доступность теплоносителя.

Нагревание насыщенным водяным паром широко применяется в химической технологии. При таком нагревании можно точно регулировать

температуру нагрева путем изменения давления пара; вследствие хорошей теплоотдачи от насыщенного пара аппараты могут иметь значительно меньшие поверхности нагрева, чем при нагревании, например, дымовыми газами.

Нагревание горячей водой применяют значительно реже, чем водяным паром, хотя по своим теплотехническим свойствам вода почти не отличается от пара.

Нагревание специальными теплоносителями. Для получения температур выше 180° наиболее рационально использовать перегретую воду или пары высококипящих жидкостей, обладающих низкой упругостью, и пары термически стойких жидкостей, отличающихся высокой теплоёмкостью.

Нагревание электрическим током. При помощи электрического тока можно достичь весьма высоких температур нагрева; например, в электропечах для сжигания атмосферного азота температура равна 3200° .

Нагревание дымовыми газами наиболее распространено; при этом можно достигнуть температуры 1000° и выше. Вместе с тем обогрев дымовыми газами имеет и существенные недостатки.

Нагревание отходящими газами и жидкостями дает возможность использовать остающееся в них тепло, ибо в ряде процессов отходят газы и жидкости с высокой температурой.

Нагревание водяным паром. Нагревание «острым» паром. Наиболее простым способом передачи тепла является нагревание «острым» паром, т. е. паром, который вводят непосредственно в нагреваемую жидкость. Этот пар конденсируется и отдает тепло нагреваемой жидкости, а образующийся конденсат смешивается с жидкостью.

Нагревание «глухим» паром. Если свойства обогреваемого материала или условия проведения процесса не позволяют вести нагревание «острым»

паром, применяют устройства для нагрева через стенки, разделяющие пар и нагреваемую жидкость, т. е. ведут нагревание «глухим» паром.

Теплообменные аппараты – это специальные устройства, способные, охлаждать, нагревать или же изменять агрегатное состояние теплоносителя. В качестве теплоносителя могут выступать жидкости, газы или пары.

Теплообменные аппараты разделяют на поверхностные и смесительные. В первых, передача тепла от одного носителя к другому происходит через твердую стенку. Во втором же случае теплоносители находятся в непосредственном контакте. Поверхностные же теплообменники, в свою очередь, разделяют еще на два подтипа: рекуперативные и регенеративные.

Рекуперативный теплообменник – это теплообменный аппарат, движение теплоносителей в котором происходит в разных каналах, между которыми осуществляется теплообмен.

Регенеративный теплообменник – это теплообменный аппарат, в котором контакт теплоносителей с твердой стенкой происходит поочередно, а не одновременно, как в случае с рекуперативными.

Смесительный теплообменник – это теплообменный аппарат, где тепло- и массообмен протекает за счет прямого смешивания теплообменных сред.

Пластинчатые теплообменные аппараты – разновидность поверхностных рекуперативных теплообменников, в которых поверхностью теплообмена выступает тонкий лист, то есть пластина. Наиболее широкое применение имеют разборные пластинчатые теплообменники, которые состоят из отдельных пластин, соединенных специальными прокладками. За счет этой конструктивной особенности, они просты и оперативны в монтаже (демонтаже) и разборке (сборке).

Кожухотрубные теплообменные аппараты – разновидность поверхностных рекуперативных теплообменников, в которых теплообмен осуществляется через стенки устройства.

Передача тепла в кожухотрубном теплообменнике идет по стенкам трубчатых элементов, разделенными потоками теплоносителей. Один из которых подается внутрь прямых или волнистых труб (в трубное пространство), а другой, соответственно – между труб (в межтрубное пространство), обтекая их.

На протяжении последнего десятилетия кожухотрубные теплообменные аппараты перетерпели множество модернизаций и усовершенствований, например:

Кожухотрубный теплообменный аппарат с трубной решёткой из композитного материала. С целью повышение технологичности изготовления трубного пучка и сборки готового изделия автор предлагает следующее техническое решение: изготовление кожухотрубного теплообменного аппарата с трубной решеткой из композитного материала, который, в свою очередь, состоит из внешнего кожуха, представленного металлической трубой и пучка теплообменных трубок меньшего диаметра, вставленного в кожух. Пучок теплообменных трубок закреплен внутри корпуса с помощью трубной решетки, которая стягивает их в единый плотный трубный пучок. Трубная решетка изготовлена из композитного материала, изготовленного на полимерной основе. Преимуществами такого кожухотрубного теплообменного аппарата являются простота в изготовлении и надежность конструкции. Благодаря чему спектр его применения значительно расширяется.

Кожухотрубный теплообменный аппарат с гофрированными теплообменными трубками. С целью повышения эффективности процесса теплообмена автор предлагает следующее решение: изготовление кожухотрубного теплообменного аппарата с гофрированными теплообменными трубками, состоящего из кожуха, представленного металлической трубой и пучка гофрированных теплообменных трубок, вставленного в него. Особенностью такого

теплообменного аппарата выступает конфигурация изготовления теплообменных трубок. В результате такой конфигурации повышается эффективность процесса теплообмена за счет гофрирования. При этом такой кожухотрубный теплообменный аппарат является простым в изготовлении и обладает высокой надежностью, тем самым расширяя возможную область своего применения.

Кожухотрубный теплообменник с двумя кожухами. Согласно авторам, принципиальным отличием изобретенного кожухотрубного теплообменного аппарата является наличие двух кожухов: внутреннего и внешнего соответственно.

Способ восстановления латунных кожухотрубных теплообменников. Пользуются актуальностью не только разработки, связанные с введением в эксплуатацию нового оборудования, но, а так же не остаются незамеченными нововведения в области обслуживания уже стоящего в работе оборудования. Так был представлен способ очистки от отложений (80-90% карбонаты кальция и магния в разных модификация, в то числе кальцит и арагонит) любой плотности забитых или же вовсе не пригодных к эксплуатации теплообменных аппаратов, в котором в качестве теплоносителя используют воду.

ТТАИ (тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный) – по своей сути является усовершенствованным кожухотрубным теплообменным аппаратом.

Был разработан в 1990 г. Предприятием «Теплообмен». По своим потребительским качествам он не только не уступал современным пластинчатым теплообменным аппаратам, но и по многим параметрам превосходил их, далее изложены конкретные преимущества аппарата.

Коэффициент теплопередачи. Одним из главных достоинств, пластинчатых теплообменников, особенно подчеркиваемое производителями, это более

высокий коэффициент теплопередачи, по сравнению с кожухотрубными. Опирается это на более развитую турбулизацию потока и тонкостенность теплопередающих пластин. Однако, современные тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные (ТТАИ) обладают коэффициентом передачи намного большим. Стоит отметить, что эти цифры достигнуты не в лабораторных испытаниях, а на действующих предприятиях.

Компактность. Этот параметр наиболее важен для потребителя, чем коэффициент теплопередачи. Компактность так же, как и коэффициент теплообмена являлся преобладающим фактором при решении замены советских кожухотрубных теплообменников на импортные пластинчатые. Сейчас, пластинчатые теплообменники занимают большую площадь, чем кожухотрубные. Если же вести речь о ТТАИ, то они вообще не требуют места для монтажа. Так же к компактности, можно отнести вес конструкции. В советское время в этой категории лидировали пластинчатые теплообменники, с заметно меньшей массой. В настоящее время преимущество взяли кожухотрубные теплообменники ТТАИ.

Простота технического обслуживания. По данному критерию пластинчатые теплообменники имеют явные преимущества по сравнению с кожухотрубными, так как в них имеется возможность разобрать аппарат и передать в специализированный центр для очистки или замены пластин. Однако сейчас, имея более, чем полувековой опыт использования пластинчатых теплообменников, эксперты отмечают, что из-за выше отмеченного недостатка – массы оборудования, для монтажа/демонтажа требуется дорогостоящее оборудование и оснастка нескольких рабочих. Так же немаловажен тот факт, что при разборе пластинчатого теплообменника страдают многочисленные резиновые уплотнители (прокладки), которые, в среднем, по оценкам экспертов, из-за своей сложной формы строения составляют около 20 процентов стоимости нового теплообменника.

Изучив все вышесказанное, можно сделать вывод, что замена кожухотрубного теплообменного аппарата на ТТАИ весьма обоснована, в связи с технологичностью и некоторыми другими плюсами последнего. В качестве объекта для модернизации и переоснащения взяты два действующих, работающих в составе блока выработки пара, установки ЭЛОУ АВТ-6 в составе ПАО «Саратовский НПЗ» кожухотрубных теплообменных аппарата.

Рассчитана суммарная теплотворная способность обоих теплообменников, что составило 6 069 000 кДж/ч.

Из каталога производителя «ООО Теплообмен» был выбран теплообменный аппарат ТТАИ-18-735 3750кВт стоимостью 220 000 рублей.

При этом мы имеем приличный запас мощности для дальнейшей модернизации производства и запас площади теплообмена на случай снижения проходных сечений в каналах аппарата.

Таким образом, схожий по характеристикам пластинчатый теплообменный аппарат дороже ТТАИ на 264%, а кожухотрубный на 450%. Так же следует учитывать стоимость транспортировки, монтажа и запуска оборудования. Как правило, в зависимости от места и условий эксплуатации, эта цифра составляет не менее 30% от стоимости нового оборудования.

По занимаемой площади на предприятии, ТТАИ компактнее пластинчатого и кожухотрубного теплообменников на 42% и 87,5% соответственно.

При подсчете рассеивания теплоты было выявлено, что экономия при использовании ТТАИ вместо кожухотрубного теплообменного аппарата составляет 567 648 рублей в год или **379 %**.

ВЫВОДЫ

1. В результате обзора литературы выявлены наиболее совершенные теплообменные аппараты типа ТТАИ, которые предложено использовать в качестве замены традиционным кожухотрубным теплообменникам.
2. Проведен технологический расчёт существующих теплообменных аппаратов блока выработки пара установки ЭЛОУ АВТ-6 в составе ПАО «Саратовский НПЗ». Теплотворная способность теплообменников составила 6 069 000 кДж/ч.
3. Предложена замена двух существующих на один перспективный теплообменник типа ТТАИ, показана экономия массы, установочного пространства и экономия теплоты, что дало экономию денежных средств на уровне 570 тыс.руб/год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генкин, А.Э. Оборудование химических заводов: учебник для химико-технологических и химико-механических техникумов / А.Э. Генкин. - Изд. 3-е, доп. и перераб. - М.: Высшая школа, 1978. 272 с.
2. Гольденберг, И.С. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов: учебное пособие для техникумов / И.С. Гольденберг, Л.Я. Бызер, В.М. Ашмян, М.Л. Фрейдлин. - М.: Химия, 1967. 380 с.
3. Криворот, А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности: учебное пособие для техникумов / А.С. Криворот. - М.: Машиностроение, 1976. 376 с.
4. Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры [Текст]: справочник / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский; под ред. Н.Н. Логинова. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1970. 752 с.
5. Фарамазов, С.А. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация [Текст]: учебник для нефтяных и химико-механических техникумов / С. А. Фарамазов. - М.: Химия, 1978. 352 с.
6. «Пластинчатые теплообменники Альфа Лаваль. Есть ли предел совершенству?». «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, 2003 г., № 1, 116 с.
7. «Кожухотрубные теплообменные аппараты конца XX века». Барон В.Г. «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», Одесса, 2000 г., № 2 (5), 98 с.
8. «Тонкостенные теплообменные интенсифицированные аппараты – альтернатива пластинчатым теплообменникам». Барон В.Г. «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, 2003 г., № 4, 189 с.
9. «Тонкостенные кожухотрубные аппараты». Барон В.Г., «Вентиляция, отопление, кондиционирование (АВОК)», М., 2000 г., № 3, 67 с.
10. Пат. 2016112539 Российская Федерация.
Кожухотрубный теплообменный аппарат с трубной решёткой из композитного материала / Грохольский Д.Л. Заявка от 04.04.2016.
Опубл. 03.07.2017.

11. Пат. 2016112540 Российская Федерация.
Кожухотрубный теплообменный аппарат с гофрированными теплообменными трубками / Грохольский Д.Л. Заявка от 04.04.2016. Оpubл. 14.06.2017.
12. Пат. 2017104874 Российская Федерация.
КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК / РИЦЦИ Энрико. Заявка от 16.08.2018. Оpubл. 25.12.2018.
13. Пат. 2018110724. Российская Федерация. Способ восстановления латунных кожухотрубных теплообменников / Васильева Л.В., Васильев А.М., Темердашев З.А. Заявка от 26.03.2018. Оpubл. 24.04.2019.
14. «Тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные (ТТАИ). Общий анализ ситуации». Барон В.Г., «Энергосбережение». Донецк, 2002 г., № 7, 148 с.
15. «О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов». Дрейцер Г.А. Труды международного симпозиума по тепло-массообмену, Минск, 2004 г., 318 с.
16. «Некоторые вопросы проектирования автоматизированных тепловых пунктов». Баранов В.В. «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, 2002 г., № 2, 177 с.
17. «Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов». Барон В.Г. «Новости теплоснабжения», М., 2000 г., октябрь, с. 24-27.
18. «Тонкостенные теплообменные интенсифицированные аппараты – альтернатива пластинчатым теплообменникам». Барон В.Г. «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, 2003 г., № 4, с. 118 с.
19. «Непривычные особенности привычных кожухотрубных теплообменных аппаратов». Барон В.Г. «Холодильный бизнес», М., 1999 г., № 6, 104 с.