

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Сравнительный анализ работы теплообменного оборудования различных  
типов для выработки пара**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВАРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы  
направления 18.03.01 «Химическая технология»  
код и наименование направления, специальности  
Института химии

Гусейнова Эмиля Адалетовича

Научный руководитель

К.х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

И.А. Никифоров

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

Д.х.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2022

**Введение** Бакалаврская работа Гусейнова Э.А. посвящена выявлению наиболее эффективных и перспективных теплообменных аппаратов и сравнительному анализу работы теплообменного оборудования различных типов в составе блока выработки пара установки ЭЛОУ АВТ-6 ПАО «Саратовский НПЗ».

Практически все без исключения химические процессы используют нагрев сырья за счет пара. Полученные в результате технологического процесса продукты, как правило, требуют нагревания или испарения с целью получения газовой фазы процесса.

В сегодняшней промышленной компании, на изготовление аппаратов, которые служат для нагрева и охлаждения, затрачивается до 30% общего расхода металла на все технологические установки. Актуальностью работы является необходимость повышения эффективности теплообмена за счет применения более совершенных теплообменных аппаратов. Благодаря увеличению эффективности работы подобных аппаратов, становится возможным сокращение расходов топлива и электроэнергии, затрачиваемой на тот или иной технологический процесс. По этой причине исследованию устройства и работы этих аппаратов необходимо уделять особый интерес.

Высокоэффективными аппаратами с целью генерации пара считаются теплообменные аппараты в общем виде, среди которых есть испарители, нагреватели, кипятильники, в которых нагрев или нагрев и частичное испарение осуществляются за счет использования высокотемпературных потоков нефтепродуктов и специальных теплоносителей (водяной пар, пары углеводородов, специальные высококипящие жидкости и др.). В таких аппаратах нагрев или испарение одной среды является целевым процессом, тогда как охлаждение горячего потока является побочным и обуславливается необходимостью нагрева исходного холодного потока. Примером аппаратов этой группы могут служить нагреватели сырья, использующие тепло водяного пара, кипятильники, при помощи которых в низ ректификационной колонны подводится тепло, необходимое для ректификации, и т. д.;

В зависимости от конкретных условий применения, к промышленным теплообменным аппаратам выдвигаются различные требования:

- обеспечение наиболее высокого коэффициента теплопередачи при возможно меньшем гидравлическом сопротивлении;
- компактность и наименьший расход материала;
- надежность и герметичность в сочетании с разборностью и доступностью поверхности теплообмена для механической очистки от загрязнения;
- унификация узлов и деталей;
- технологичность механизированного изготовления широких рядов поверхностей теплообмена для различного диапазона рабочих температур, давлений и т. д.

Цели работы:

1) В результате обзора литературы выявить наиболее эффективные и перспективные теплообменные аппараты

2) Произвести сравнительный анализ работы теплообменного оборудования различных типов в составе блока выработки пара установки ЭЛОУ АВТ-6 ПАО «Саратовский НПЗ».

**Основное содержание работы.** Первый раздел выпускной квалификационной работы посвящен литературному обзору, в котором предоставлена информация о применении теплообменного оборудования в химической технологии.

В упрощенном варианте устройство теплопередачи с паровым питанием представляет собой горизонтальный или вертикальный резервуар трубчатой формы с верхними и нижними трубами, внутри которых находятся трубы меньшего размера.

При генерации пара из воды необходимо следить за эффективностью процесса, так как коэффициент полезного действия позволяет оценить насколько эффективно работает данная технология генерации. Все эти предпосылки и привели к использованию теплообменников, как самых эффективных аппаратов по выработке тепла, так как почти вся тепловая энергия теплоносителя передается другому потоку в непрерывном потоке.

Ключевыми элементами кожухотрубчатых теплообменных аппаратов являются трубные пучки, решетки, корпус, крышки, патрубки.

Кожухотрубчатые теплообменники - наиболее распространенная конструкция теплообменной аппаратуры. По ГОСТ 9929 стальные кожухотрубчатые теплообменники бывают следующих типов: ТН - с неподвижными трубными решетками; ТК - с температурным компенсатором на кожухе; ТП - с плавающей головкой; ТУ - с U-образными трубами; ТПК - с плавающей головкой и компенсатором на ней. Кожухотрубчатые аппараты могут быть теплообменниками, холодильниками, конденсаторами и испарителями.

Выделим основные преимущества и недостатки кожухотрубчатых теплообменников. Преимущества: самый широкий диапазон применения по рабочим параметрам; самые низкие требования к чистоте воды; более высокая стойкость к гидроударам; относительная простота конструкции и дешевизна. Недостатки: температурные деформации; относительно низкий коэффициент теплопередачи

Предприятием «Теплообмен» в 1990 г. был разработан кожухотрубный теплообменник, не только не уступающий, но и зачастую превосходящий по комплексу потребительских свойств, современные, в т.ч. импортные, пластинчатые аппараты. На этот теплообменник в 1993 г. Госстандартом Украины были утверждены технические условия и с тех пор, не претерпевая принципиальных изменений, но постоянно совершенствуясь, эти аппараты, получившие название ТТАИ (аббревиатура слов «тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный») достаточно успешно конкурируют с современными пластинчатыми теплообменниками.

В аппаратах ТТАИ используют термодинамически целесообразно профилированные трубки. Такой профиль (плавно очерченные, строго определяемые по высоте, полукруглые выступы-канавки) обеспечивает рост тепловой эффективности, не отстающий от сопряжённого роста гидравлического сопротивления. Правильное выполнение профиля обеспечивает генерирование короткоживущих мелкомасштабных вихрей, не диффундирующих в ядро потока, а движущихся в пристенном ламинарном микрослое рабочей среды. Это исключает диссипацию энергии на дополнительную турбулизацию ядра потока, и обеспечивает полезное использование энергии этих микровихревых структур на перевод теплоотдачи с теплопроводности на конвективный теплоперенос. Такой профиль обеспечивает ещё и такое важное преимущество аппаратов ТТАИ, как эффект самоочистки поверхности теплопередающих труб.

Также снижению бесполезных потерь напора способствует принятое при создании аппаратов ТТАИ решение о применении входного и выходного патрубков межтрубной полости с диаметрами не только равными, но даже большими диаметра корпуса аппаратов.

В аппаратах ТТАИ применяется метод «плавающих» трубных решёток (причём, обеих) для установки трубного пучка в корпусе. Это позволяет не только снять термические напряжения в цепочке «корпус – трубный пучок», что повышает надёжность работы аппарата, но и обеспечивает возможность разборки аппарата путём извлечения трубного пучка из корпуса.

К числу особенностей аппаратов ТТАИ следует отнести и разработанный сложнородовой вариант исполнения теплообменника, когда среда межтрубного пространства подаётся в корпус аппарата не через один, а через два патрубка. Такое решение оказывается весьма эффективным в случаях существенно различающихся между собой расходов или располагаемых напоров сред.

Пластинчатые теплообменники разделяют по степени доступности поверхности теплообмена для механической очистки и осмотра на разборные, полуразборные и неразборные (сварные). Наиболее широко применяют разборные пластинчатые теплообменники, в которых пластины отделены одна от другой прокладками.

Полезная модель относится к теплообменной технике и может найти применение при теплообмене в двух средах и более: в газообразных, жидких и твердотекучих состояниях, а также с различными их сочетаниями относительно друг друга.

Смысл полезной модификации состоит в том, что на границе раздела двух сред рекуператора, герметично устанавливают тепловой мост, который в свою очередь обтекается двумя средами и основной теплообмен происходит через него. Такая конструкция позволяет значительно повысить КПД рекуператора за счет увеличения теплообмена между теплообменными средами.

Теплообменник с кольцевыми проходами работает следующим образом. Задачей изобретения является устранение указанных недостатков, улучшение технических характеристик и расширение функциональных возможностей теплообменного аппарата.

В ходе патентных поисков и анализа технической литературы обнаружено, что из рассмотренных вариантов модернизации, наиболее эффективно использовать теплообменники с закрученным каналом в виде шестигранника, так как такие каналы можно реализовать с стандартном теплообменнике при замене гладких, цилиндрических труб на закрученные. При этом эффективность по генерации пара в таком теплообменнике может вырасти до 1,2-1,5 раза,

однако вода поступающая в трубы должна быть хорошо очищена, чтобы исключить загрязнение такого теплообменника солями.

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 взят действующий, работающий в составе блока выработки пара, установки ЭЛОУ АВТ-6 в составе ПАО «Саратовский НПЗ» кожухотрубный теплообменный аппарат.

Произвели ориентировочный расчет требуемой поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника, что составило 53,5 м<sup>2</sup>

Из каталога был подобраны: пластинчатый теплообменник Н 0,75-80-01 с поверхностью пластины 0.75 м<sup>2</sup>, числом пластин N=160, площадью теплообмена F=80м<sup>2</sup> и массой m = 1880кг; теплообменный аппарат ТТАИ-18-735 3750кВт.

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

Основные преимущества ТТАИ, указанные в каталоге производителя:

Реализация совокупности этих технических решений позволила нам более, чем в десять раз уменьшить массу и габаритный объем аппаратов ТТАИ по сравнению с традиционными кожухотрубчатыми теплообменными аппаратами и разборными пластинчатыми. Основные преимущества использования аппаратов ТТАИ:

- экономия производственных площадей
- меньшая стоимость на стадии приобретения и существенно меньшая стоимость на стадии эксплуатации
- возможность размещения аппаратов в затесненных помещениях
- простота транспортировки - не требуется использовать

грузоподъемные средства

- монтаж может быть выполнен на легких, не силовых конструкциях без использования фундаментов

- простота технического обслуживания, легкое извлечение трубного пучка из корпуса

возможность создавать «планшетные» тепlopункты, совсем не занимающие полезные площади.

По результатам расчетов таблицы делаем вывод, что наиболее оптимальным теплообменником является теплообменник ТТАИ, так как обладает меньшим весом, габаритами и большим запасом тепловой нагрузки.

Таким образом, схожий по характеристикам пластинчатый теплообменный аппарат дороже ТТАИ на 207%, а кожухотрубный на 354%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В результате обзора литературы выявлены наиболее совершенные теплообменные аппараты типа ТТАИ, которые предложено использовать в качестве замены используемого кожухотрубного теплообменника.

2. Проведен технологический расчет существующего теплообменного аппарата блока выработки пара установки ЭЛОУ АВТ-6 в составе ПАО «Саратовский НПЗ» и предложены варианты использования более совершенных аппаратов

3. Показано, что ТТАИ, при той же эффективности, дешевле пластинчатого теплообменного аппарата на 207%, а кожухотрубного на 354%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. - М. : Химия, 1968. – 848 с.

2 Чернобыльский И. И. Машины и аппараты химических производств: учеб. пособие / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский. - М. :Машиностроение, 1975. – 456 с.

3 Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, под общ. ред. чл. -корр. АН СССР П. Г. Романкова. - 10-е изд., испр. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

4 Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. Учебное пособие для студентов вузов. / И. В. Доманский [и др]. - Л. : Машиностроение, 1982. – 364 с.

5 Булыгин, Ю. А. Теплообменные аппараты в нефтегазовой промышленности: курсовое проектирование: учеб. пособие / Ю. А. Булыгин, С. С. Баратов. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 100 с.

6 Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский [и др]. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 5-е изд., стереотипное. М. : ООО «Издательский дом Альянс», 2010. - 496 с.

7 Барон, В. Г. Тонкостенные теплообменные интенсифицированные аппараты – альтернатива пластинчатым теплообменникам. / В. Г. Барон. // Теплоэнергоэффективные технологии. - 2003. - № 4. – С. 52-55.

8 Барон, В. Г. Тонкостенные кожухотрубные аппараты. / В. Г. Барон. // Вентиляция, отопление, кондиционирование. 2000. - № 3. – С. 62-64.

9 Барон, В. Г. Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов. / В. Г. Барон. // Новости теплоснабжения. - 2000. - С. 24-27.

10 Барон, В. Г. Непривычные особенности привычных кожухотрубных теплообменных аппаратов. / В. Г. Барон. // Холодильный бизнес. - 1999. - № 6. – С. 27-29.

11 Барон, В. Г. [Современные теплообменные аппараты. Несоответствие уровня техники уровню эксплуатации](#) / В. Г. Барон. // Аква-Терм. - №4. – 2005. - С. 48-50.

12 Дрейцер, Г. А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов / Г. А. Дрейцер // Новости теплоснабжения. - №5. – 2004. – С. 37-43.

13 Барановский, Н. В. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н. В. Барановский, Л. М. Коваленко, А. Р. Ястребенецкий. – М. : Машиностроение, 1973. – 288 с.

14 Машины и аппараты химических производств. / И. И. Поникаров [и др]. – М. : Машиностроение, 1989.– 368 с.

15 Пат. 178529 Российская Федерация. Теплообменный элемент рекуператора тепловой мост / А. Ю. Захаров. - Заявка № 2017104615 от 06.04.2018; опубл. 06.04.2018, Бюл. № 10.

16 Пат. 2724374 Российская Федерация. Теплообменный аппарат / В. А. Чернышов. - Заявка № 2018143023 от 06.12.2018; опубл. 23.06.2020, Бюл. № 18

17 Пат. 2386096 Российская Федерация. Сотовый теплообменник с закруткой потока / С. М. Вайцехович, А. Н. Лебедев, С. А. Лебедев. – Заявка №2008113822 от 11.04.2008; опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10.

18 Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, под ред. чл. – корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 9-е издание, перераб. и доп. – Л. : Химия, 1981. – 560 с.

19 Дытнерский Ю. И. Пособие по проектированию: Основные ПАХТ / Ю. И. Дытнерский. - 2-е издание, перераб. и доп. - М. : Химия, 1991. - 496 с.

20 Производственно-инжиниринговая компания ЗАО Ридан. [Электронный ресурс] / каталог пластинчатых теплообменников. – URL:

<http://www.ridan.ru/products/catalog-rpto> (дата обращения: 18.05.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

21 ООО Теплообмен. [Электронный ресурс] / каталог теплообменных аппаратов ТТАИ. – URL: <https://ttai.ru/catalog/Теплообменные-аппараты-ТТАИ/Подбор-аппаратов-ТТАИ> (дата обращения: 04.06.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.