

УДК 66.045.1

Изучение теплообменных аппаратов на нефтегазовом производстве

Алпатов Д.А.

Научный руководитель: Н.Г. Кац

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

Аннотация

Теплообменником называется теплотехнический аппарат, предназначенный для организации направленного обмена тепловой энергией между двумя различными, подвижными средами (теплоносителями), имеющими между собой разницу температур. Современные теплообменники получили большее распространение для осуществления различных тепловых процессов в таких областях как: металлургия, энергетика, химическая и пищевая промышленности и др. Изучение теплообменников в статье начинается с разбора принципа действия и основных этапов изготовления данных аппаратов. Далее, описывается их полная классификация, и приводятся конкретные примеры с описанием и изображением. Для улучшения качества теплообмена используются специальные комбинированные теплообменники, которые также рассматриваются в статье.

Ключевые слова: теплообменник, аппарат, тепловая энергия, тепловые процессы, химическая промышленность.

Research of heat exchangers in oil and gas production

Alpatov D. A.

Scientific adviser: N.G. Katz

A heat exchanger is a heat engineering device designed to organize a directed exchange of heat energy between two different, mobile media (heat carriers) that have a temperature difference between them. Modern heat exchangers are more widely used for various thermal processes in such areas as metallurgy, energy, chemical and food industries, etc. The study of heat exchangers in the article begins with an analysis of the principle of operation and the main stages of manufacturing these devices. Further, their full classification is described, and specific examples with descriptions and images are provided. To improve the quality of heat exchange, special combined heat exchangers are used, which are also discussed in the article.

Keywords: heat exchanger, apparatus, heat energy, thermal processes, chemical industry.

Введение

Переработка нефти является очень сложной и технически требовательной деятельностью. В аппаратах нефтегазопереработки происходят следующее множество различных процессов:

- 1) массообменные процессы (перегонка, ректификация, абсорбция, адсорбция, экстракция, кристаллизация и сушка);
- 2) тепловые процессы (нагревание, охлаждение, конденсация и выпаривание);
- 3) химические процессы (процессы объединенные законами химической кинетики и включающие разнообразные химические реакции);

4) гидромеханические процессы (перемещение жидкостей и газов, разделение жидкостей и газов и газовых неоднородных систем, перемешивание жидкостей);

5) механические процессы (измельчение, транспортирование, классификация и смешение твердых веществ).

Остановимся на тепловых процессах, для выполнения которых требуется наличие трубчатых печей и теплообменных аппаратов. Естественно, что чем более совершенными будут данные аппараты, тем эффективнее будут протекать нужные тепловые процессы. Кроме этого, поскольку классификация теплообменных аппаратов достаточно широка, нужно знать, какой именно аппарат будет лучше подходить для определенной цели в определенных условиях. Решение именно этих проблем будет описано ниже в данном научном труде.

Принцип работы теплообменного аппарата и изготовление устройства

Рассмотрим принцип действия теплообменника. Для этого представим конструкцию простейшего теплообменника (рис. 1). Элементарный прибор – это емкость с кожухом, охлаждающим и нагревающим. Рубашка окружает емкость и создает кольцевое пространство, в которое подается жидкость или пар (теплоноситель). Если в кольцевое пространство залить холодную воду, то среда в основной емкости охлаждается. Если рубашка будет наполнена теплоносителем, вещество в основном резервуаре будет нагреваться.

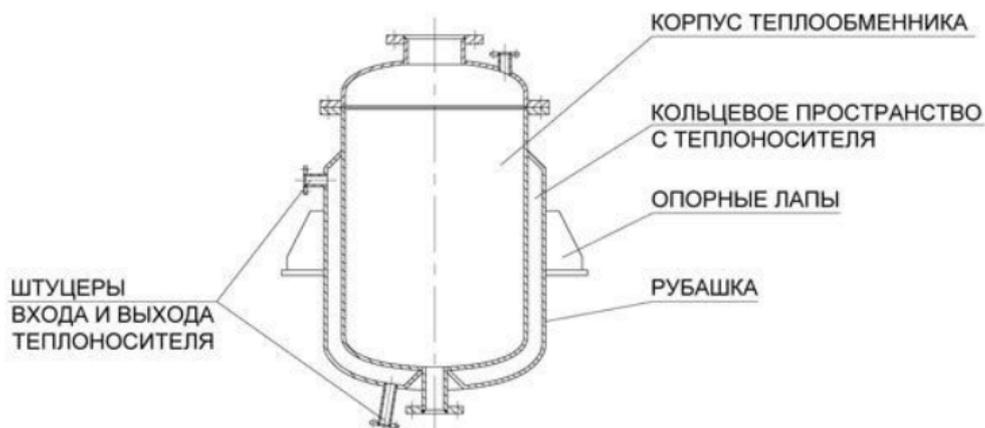


Рисунок 1 - Конструкция простейшего теплообменника

Перейдем к изучению изготовления теплообменников, поскольку этот процесс также достаточно сложен, ведь в нем следует учитывать как особенности протекания технологического процесса, для которого он изготавливается, так и физические особенности его изготовления. Для изготовления теплообменных аппаратов используют практически все

теплопроводные материалы, такие как сталь, алюминий, медь, графит, стекло полимерные материалы. Конструктивные особенности и материальное исполнение кожухотрубчатых теплообменных аппаратов в значительной степени определяются целевым их назначением в технологическом процессе.

Разработку технологического процесса начинают с подробного анализа конструкции теплообменного аппарата и требований нормативно-технической документации (НТД) на его изготовление: определяются группа аппарата, марки материалов по ГОСТ, способы заготовительных операций, условия сварки, требования к сварным швам, режимы термической обработки, методы межоперационного и окончательного контроля, условия испытания готового изделия. Далее проводится выбор заготовок и рациональных операций изготовления деталей, определение последовательности рабочих операций, а также выбор необходимого оборудования, инструмента и приспособлений. Завершается разработка технологического процесса определением необходимой квалификации рабочих для различных операций, трудоемкости работ по каждой операции и по всему процессу изготовления аппарата, продолжительности каждой операции, количества расходуемых вспомогательных материалов, размера необходимых производственных площадей и места сборки. На основе технологического процесса изготовления отдельных деталей и сборки аппарата разрабатывают технологические карты и инструкции [1].

Итак, процесс проектирования таких сложных изделий, как теплообменный аппарат, проводится поэтапно в следующей последовательности (согласно ГОСТ 2.103—68):

- 1) разработка технического задания на проектирование;
- 2) разработка технического предложения;
- 3) эскизное проектирование;
- 4) выполнение технического проекта;
- 5) разработка рабочей документации.

Основные типы теплообменных аппаратов

Основные типы теплообменных аппаратов можно подразделить на трубчатые и нетрубчатые. Трубчатые делятся на кожухотрубные и змеевиковые. Кожухотрубные в свою очередь делятся на теплообменники жесткого типа, плавающей головкой (рис. 2), U-образными трубками (рис. 3), с линзовым компенсатором (рис. 4) и секционные. Нетрубчатые разбиваются на спиральные, пластинчатые и блочные.

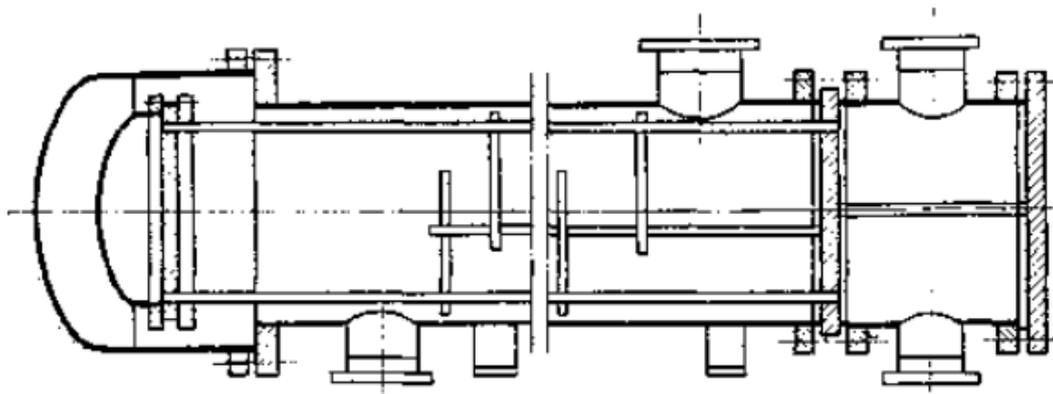


Рисунок 2 - Теплообменник с плавающей головкой

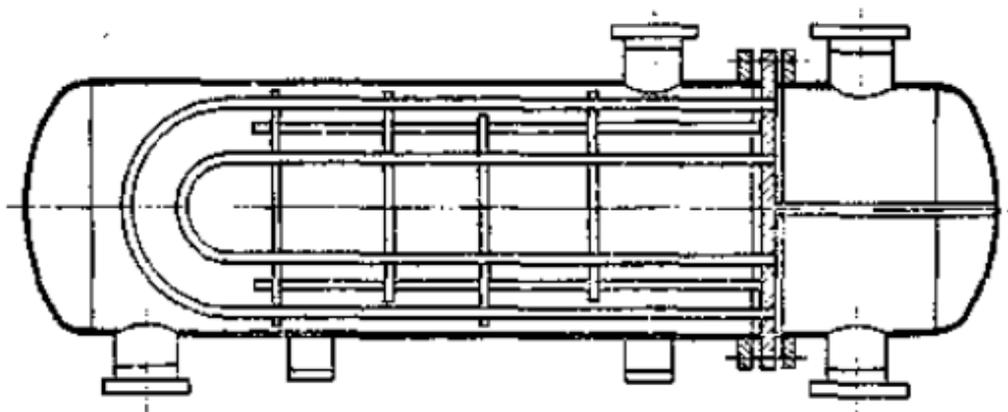


Рисунок 3 - Теплообменник с U-образными трубками

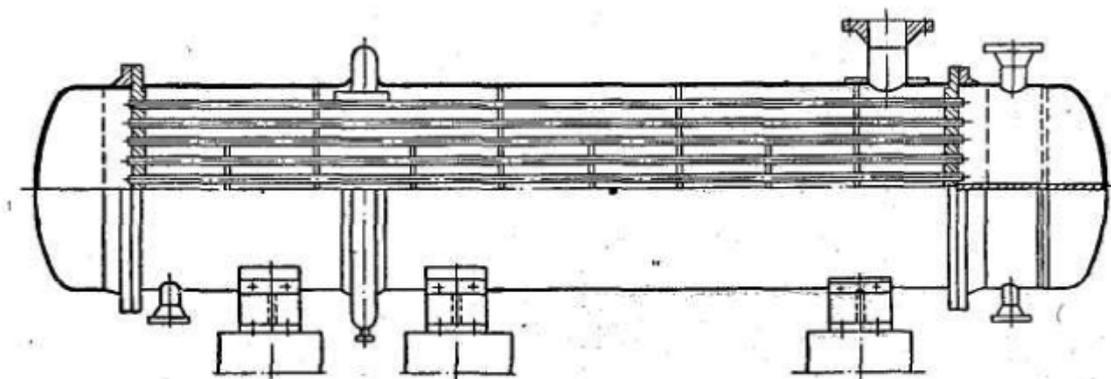


Рисунок 4 - Теплообменник с линзовым компенсатором на корпусе

В теплообменных аппаратах по возможности необходимо обеспечивать противоточное движение теплоносителей, но при изменении агрегатного состояния одно из теплоносителей взаимное направление движения продуктов не имеет существенного значение [2,3].

Кожухотрубные теплообменные аппараты

Следует уделить особое внимание разбору кожухотрубных аппаратов, так как они занимают около 80% от всех теплообменных аппаратов. Типы основные параметры и

размеры стальных кожухотрубных теплообменных аппаратов установлены ГОСТом 9929. ГОСТ распространяется на аппараты диаметром от 159 до 3000 мм с поверхностью теплообмена до 5000 м², работающие при температурах от -60 до +600°С и условным давлением до 16 МПа. Поверхность теплообмена обычно изготавливается из труб диаметром 20 и 25 мм, длиной девять и менее метров, т.к. при большей длине затруднена чистка трубок.

В теплообменных аппаратах жесткого типа трубные решетки и корпус жестко закреплены (рис. 5). Он состоит из распределительной коробке 1, помещенной в корпуса 2, днища 3, трубной решетки 4, трубного пучка, собранной из трубок 5, между которыми установлены перегородки 6.

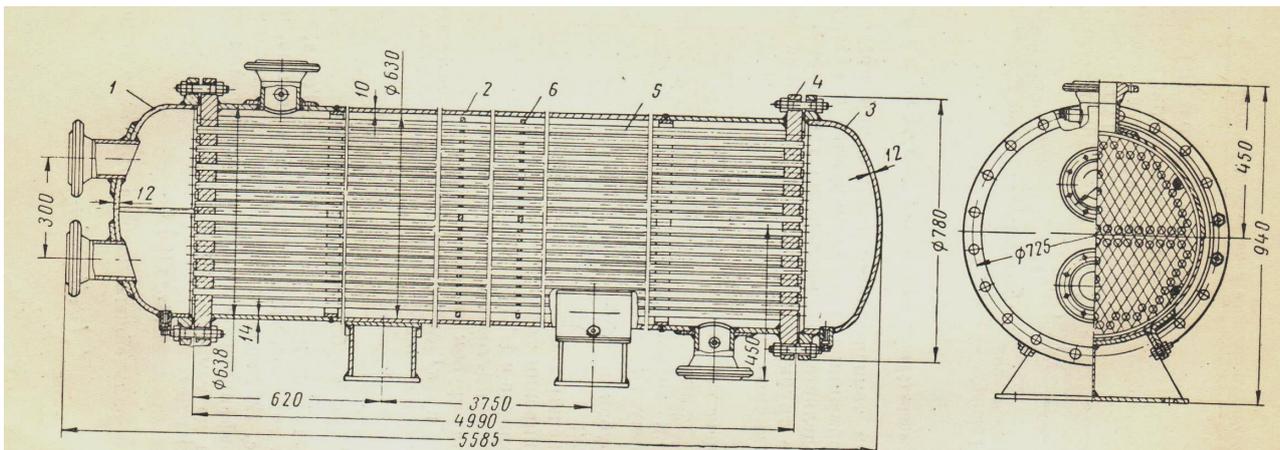


Рисунок 5 - Теплообменник кожухотрубный жесткого типа

Трубки в трубной решетке крепятся либо развальцовкой, либо сваркой, либо и тем и тем. Порядок их расположения может быть представлен либо по вершинам нормального треугольника, что встречается чаще всего, поскольку позволяет увеличивать площадь теплообмена, либо коридорно по квадрату (рис. 6).

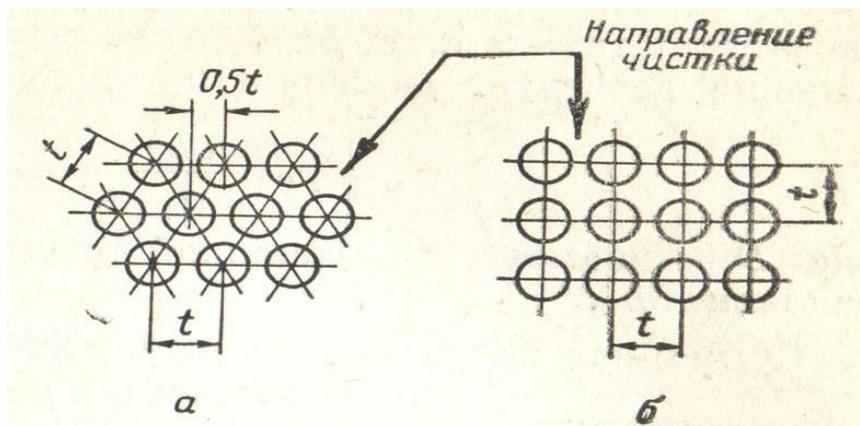


Рисунок 6 - Расположение трубок в трубной решетке (а – по треугольнику; б – по квадрату)

Кроме этого, важно уметь рассчитывать количество трубок, исходя из площади трубной решетки, приходящуюся на одну трубку:

$$n = K \frac{\pi D^2}{4 * 0,866t^2} \approx K \frac{\pi D^2}{4t^2}, \text{ где:}$$

t – шаг расположения трубок;

D – диаметр круга, в котором размещаются трубки;

K = 0,7-0,85 – коэффициент заполнения.

Кроме кожухотрубных теплообменников жесткого типа, как мы уже знаем, имеются и другие подвиды. Они нужны, поскольку при теплообмене возникают температурные напряжения в трубках и корпусе. Как раз таки компенсацию возникающего напряжения проводят с помощью них.

Во многих теплообменниках используется подвижная решетка с применением внутренних поперечных перегородок (рис. 7). Эта конструкция обеспечивает поперечное обтекание труб и увеличивает скорость потока и, следовательно, повышает эффективность теплообмена.

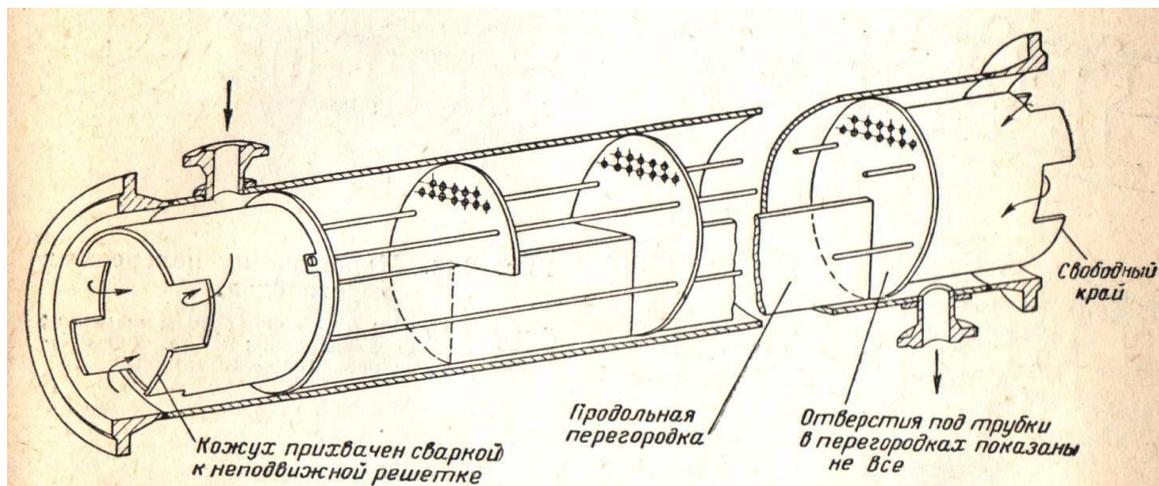


Рисунок 7 - Схема установки перегородок в теплообменнике

Толщина перегородок 5–8 мм. Отверстия для прохода труб через перегородку делают обычно на 1,5–3,0 мм больше номинального диаметра трубок. Перегородки устанавливают на расстоянии от 200 мм до длины наружного диаметра трубки, умноженной на 50.

Перегородки имеют различную конструкцию (рис. 8). Чаще всего применяют перегородки, имеющие секторный вырез (рис. 8, б). При такой конструкции жидкость в корпусе получает вращательное движение, попеременно вращаясь то по, то против часовой стрелки.

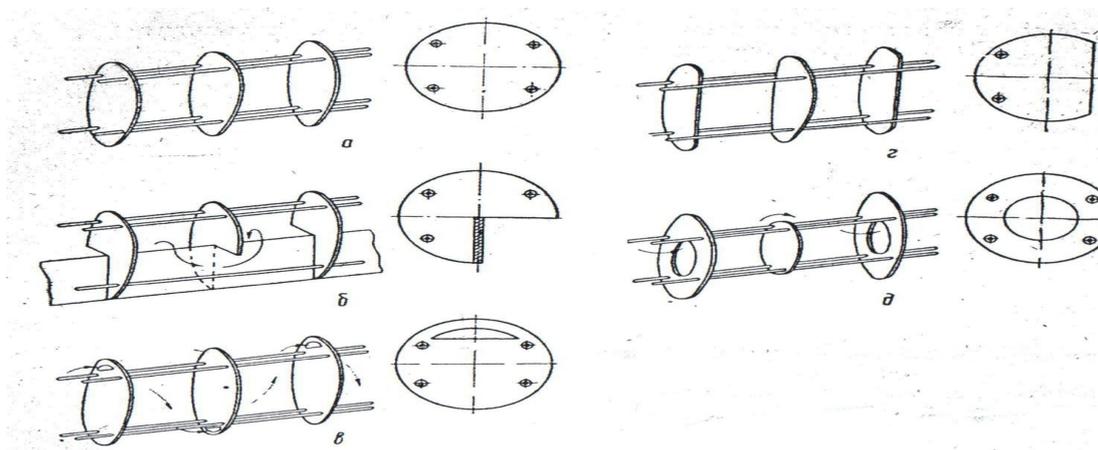


Рисунок 8 - Конструкции поперечных перегородок (а – сплошные; б – с секторным вырезом; в – с щелевым вырезом; г – с сегментным вырезом; д – кольцевые)

Сплошные перегородки без выреза применяют для чистых жидкостей. Жидкость в этом случае протекает через перегородку по кольцевым щелям между трубкой и отверстием в перегородке [4,5].

Комбинированные теплообменные аппараты

Технология конструкции теплообменников постоянно улучшается, так как этого требует более эффективное использование ресурсов, затрачиваемых на проведение тепловых процессов. В связи с этим, появляются комбинированные теплообменники, которые имеют следующие технологические особенности:

- 1) возможность применения листового металла для изготовления теплообменной поверхности;
- 2) интенсификация теплообмена за счет разрушения пограничного слоя;
- 3) повышение жесткости поверхности теплообмена путем выдавливания ребер;
- 4) высокий коэффициент использования металла.

Классификация и основные сведения нескольких данных аппаратов рассмотрим ниже.

Витые теплообменники

Такой тип состоит из пучков труб малого диаметра, спирально закрученных и соединенных с двумя трубными решетками (рис. 9). Они обеспечивают большую поверхность теплообмена и высокий коэффициент теплопередачи. Спирально намотанные трубки легко воспринимают температурные напряжения. Благодаря их малому диаметру они могут работать при сравнительно высоких давлениях, однако их, в основном, применяют в криогенной технике.

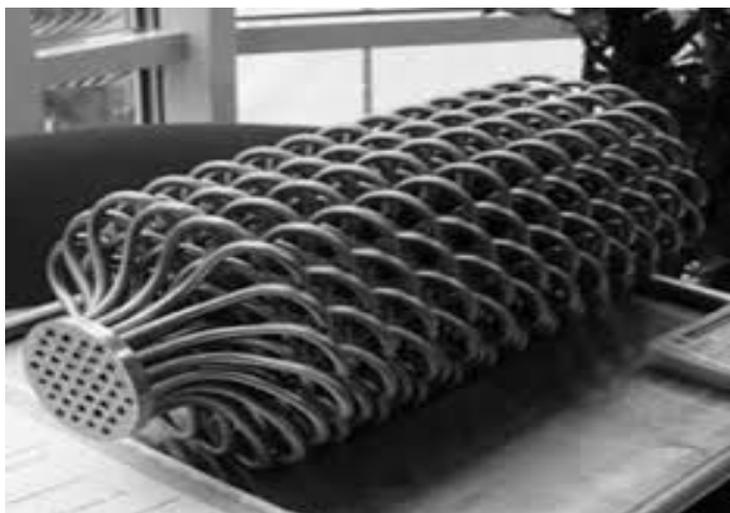


Рисунок 9 - Витой теплообменник

Спиральные и блочные теплообменники

Данные теплообменники более громоздкие и металлоемкие по сравнению с кожухотрубчатыми (рис. 10). Их используют при высоких температурах и давлениях, когда применения кожухотрубчатых нежелательно.

Спиральные теплообменники состоят из двух спиральных каналов, навитых вокруг центральной перегородки. Одно из назначений таких теплообменников – нагревание и охлаждение высоковязких жидкостей.



Рисунок 2 - Спиральный теплообменник

Пластинчатые теплообменники

Состоят из ряда тонких параллельных рифленых пластин, между которыми движутся теплоагрегаты (рис. 11). Пластины подвешены на горизонтальной штанге и при помощи нажимной плиты они сжимаются в один пакет через прокладки. Рифленые пластины повышают жесткость системы и повышают коэффициент теплопередачи за счет турбулизации потока.

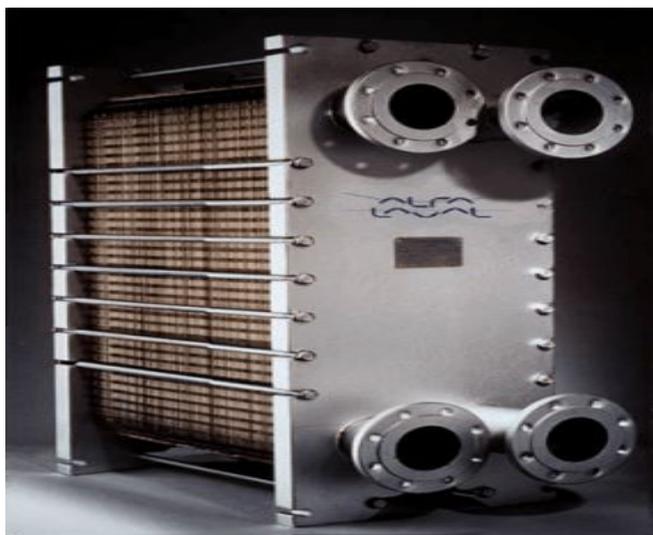


Рисунок 11 - Пластинчатые теплообменники

Заключение

Теплообменный аппарат – это надежная, производительная и безопасная конструкция. Современные теплообменники применяются во многих областях промышленности, включая нефтегазовую отрасль, где значению теплообменников уделяется значительная роль. Рассматривая конкретные цифры, можно утверждать, что на таких предприятиях число теплообменников может достигать тысячи штук. В среднем же эта цифра составляет около 400 теплообменников.

Таким образом, теплообменник – это отличное решение для проведения теплообменных процессов на нефтегазовом производстве. Данный научный труд поможет получить знания об этих устройствах, которые достаточно востребованы в нашем мире.

Список используемой литературы

- 1) Ю. М. Бродов, К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков. Теплообменники энергетических установок: справочное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2013, 192с.
- 2) Н.Г. Кац. Теплообменные аппараты технологических систем нефтегазовых установок: учебное пособие. Самара: СамГТУ, 2012, 28с.
- 3) Теплообменник в нефтепереработке: характеристики, конструкция [Электронный ресурс]. URL: <https://asuneft.ru/oborudovanie/teploobmennik-v-neftepererabotke-harakteristiki-konstruktsiya.html> (дата обращения 09.12.2020).
- 4) Г.Ф. Быстрицкий. Общая энергетика: энергетическое оборудование. Часть 2, 2-е издание: справочное пособие, 2017, 110с.
- 5) Теплообменные аппараты [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nn.e8company.ru/poleznaya-informatsiya/teploobmennye-apparaty> (дата обращения 10.12.2020).