

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

Проект интенсификации теплопередачи аппарата воздушного охлаждения

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»
код и наименование направления, специальности

Института химии

Князева Александра Валерьевича

Научный руководитель

д.т.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

Подпись, дата

Ю.Я. Печенегов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

Подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Задача повышения эффективности АВО является **актуальной** проблемой, так как они находят широкое применение в нефтегазовой, химической и во многих других отраслях промышленности. **Целью работы** является улучшение эксплуатационных характеристик аппарата воздушного охлаждения керосина на основе применения эффективного оребрения теплопередающих продуктовых труб.

Для этого был проведен поиск литературы, анализ и систематизация литературных данных, включающих статьи в периодических изданиях, как отечественных, так и зарубежных, учебников.

Магистерская работа состоит из 3 разделов: исследования различных вариантов конструктивного исполнения теплопередающей стенки АВО (литературный обзор), тепло-аэро-гидравлических расчетов и технико-экономических расчетов.

В **разделе 1** рассмотрены разные виды АВО и исследованы различные варианты оребрения труб в теплообменниках данного типа.

В **разделе 2** показаны тепловые, аэродинамические и гидравлические расчеты двух теплообменников воздушного охлаждения при разных скоростях вращения вентилятора. Проведен сравнительный анализ этих АВО и выбран более эффективный по теплогидравлическим характеристикам вариант.

В **разделе 3** приведено экономическое обоснование выбора теплообменника с более эффективным видом оребрения труб.

Основное содержание работы

На текущий момент аппараты воздушного охлаждения (АВО) прочно завоевали себе нишу среди эффективных промышленных теплообменников. Данный тип теплообменников широко используется везде, где есть необходимость в использовании экологически чистых теплообменных аппаратов и в условиях нехватки или высокой стоимости получения химически чистой воды.

Использование АВО позволяет убрать из эксплуатационных затрат на теплообменное оборудование такие дорогостоящие статьи расходов, как:

- затраты на химическую подготовку и прокачку воды,
- борьбу с замерзанием в зимний период эксплуатации,
- затраты на очистку сточных вод.

Основными эксплуатационными затратами АВО являются затраты на электроэнергию, потребляемую электродвигателями вентиляторов и затраты на промывку наружных и внутренних поверхностей теплообмена.

Неравномерность подвода воздуха, особенно при повышении его температуры в летний период, даже при условии чистой ребренной поверхности, может являться причиной недостаточной глубины охлаждения керосина. Загрязнение трубного и межтрубного пространства в процессе эксплуатации ещё больше усугубляет ситуацию.

Основным недостатком АВО являются низкие по сравнению с водой теплофизические свойства теплоносителя-воздуха: коэффициенты теплоемкости и теплопроводности при 20°C у воздуха меньше чем у воды в 4 и 23 раза соответственно. Это обуславливает развитые, большие по площади поверхности теплообмена со стороны воздуха, что ведет к повышению металлоемкости аппарата и, соответственно, росту капитальных затрат на его производство.

АВО широко внедрены в процессах нефтехимии: производстве этанола, ацетальдегида, стирола, полипропилена и др. Однако большее число АВО из всех производств использует нефтеперерабатывающая промышленность для конденсации и охлаждения фракций нефти: гудрона, битума, газойля, дизельного топлива, бензина и керосина.

В нефтепереработке нефть разгоняют на отдельные фракции, различающимися температурами кипения. Такое разделение производят в специальных установках первичной перегонки нефти с помощью таких процессов как: нагревание, дистилляция, ректификация, конденсация и охлаждение.

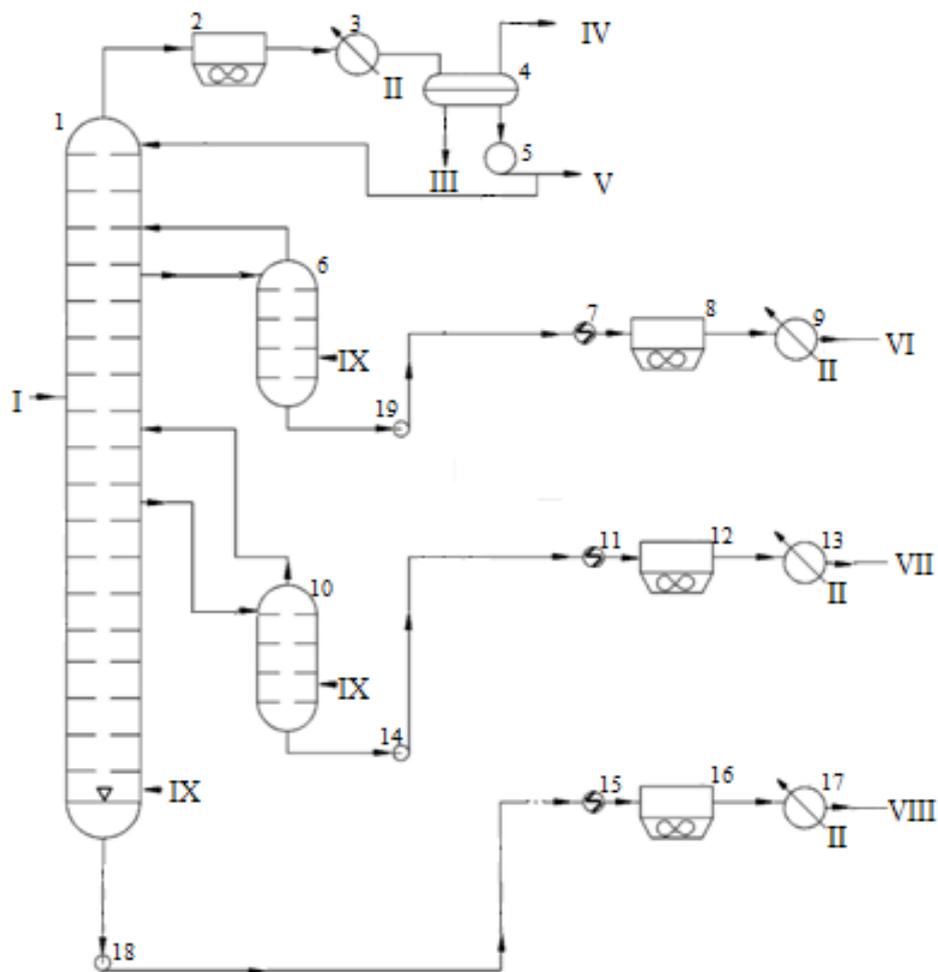
Прямая перегонка осуществляется при атмосферном или немного повышенном давлении, а остатков перегонки – под вакуумом. Атмосферные (АТ) и вакуумные (ВТ) трубчатые установки находятся отдельно друг от друга либо комбинируются в состав одной установки (АВТ). На установках атмосферной перегонки нефть традиционно разделяется на четыре основные фракции и остаток перегонки – мазут.

Получить представление об условиях работы АВО можно на примере установки атмосферной перегонки нефти, схема которой представлена на рисунке 1. Установка является двухколонной, с двукратным испарением сырья. Нефть нагревается в теплообменниках двигаясь в низ одним или несколькими потоками и поступает в первую ректификационную колонну (испарительную)(на рисунке не показана). Продуктом верхней части колонны является бензиновая фракция и углеводородный газ. Во второй колонне получают остальные фракции, а также мазут, и выводятся с установки.

После прохождения испарительной ректификационной колонны и трубчатой печи, частично отбензиненная нефть подается в основную ректификационную колонну 1 в виде парогазовой смеси.

Верхний отгон бензиновой фракции колонны 1 является тяжелым. На выходе из колонны 1 пары бензина и водяные пары конденсируются в АВО 2. Смесь, охлажденная в кожухотрубчатом теплообменнике 3, разделяется сепараторе 4 на газ, бензиновый и паровой конденсат. Часть бензина насосом 5 возвращается в качестве орошения в колонну 1 на ее верхнюю тарелку.

Рисунок 1 - Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти.



1 - ректификационная колонна; 2,8,12,16 - АВО; 3,9,13,17 - кожухотрубчатые водяные теплообменники; 4 - трёхфазный сепаратор; 5,14,18,19 - насосы; 6,10 - отпарные колонны; 7,11,15 - теплообменники;

Потоки I - Частично отбензиненная нефть; II - вода; III - конденсат; IV - углеводородные газы; V - тяжелый бензин; VI - керосиновая фракция; VII - дизельная фракция; VIII - мазут; IX - пар.

Фракции 180÷240 и 240÷350°С (или 180÷220 и 220÷350°С) выводятся из отпарных колонн 6 и 10 прокачиваются насосами 19 и 14 и охлаждаются в последовательно соединенных теплообменниках. Первая — керосиновая фракция

— в теплообменнике 7, АВО 8 и кожухотрубчатом водяном холодильнике 9; вторая — фракция дизельного топлива — в теплообменнике 11, АВО 12 и водяном холодильнике 13. В куб отпарных колонн вводится перегретый водяной пар.

Тяжелый остаток нефти в смеси с жидкостью, проходя нижние шесть тарелок в колонне, продувается перегретым водяным паром. Мазут с низа колонны насосом 18 нагнетается через теплообменник 15, АВО 16, кожухотрубчатый холодильник 17 и выводится с установки.

Включение в схему установки АВТ аппаратов воздушного охлаждения способствовало уменьшению первоначальных затрат на строительство объектов водоснабжения, очистных сооружений и канализации, а также эксплуатационных расходов до 30%.

Годы эксплуатации АВО дают информацию о возможности использования их при температуре воздуха от -30 до $+55^{\circ}\text{C}$, а также в регионах с сильным перепадом температуры. При этом АВО устраняет экологические проблемы, связанные со сбросом нагретых сточных вод, сточных вод загрязненных утечками нефтепродуктов, реагентами, используемыми в водоподготовительных установках и в процессе промывки теплообменного оборудования.

Широкое применение АВО в различных отраслях промышленности для охлаждения технологических продуктов и энергоносителей (сред с широким спектром теплофизических свойств), а также особенности технологических процессов обусловили появление целого ряда аппаратов воздушного охлаждения, отличающихся как по функциональному назначению, так и по конструкции.

Однако общий принцип действия АВО, основанный на использовании в качестве охлаждающей среды атмосферного воздуха, предопределил то, что основные конструктивные различия АВО заключаются в способе пространственного расположения теплопередающей поверхности и взаимном расположении теплой передающей поверхности и вентилятора, обеспечивающего перемещение охлаждающей среды.

Основные узлы аппарата воздушного охлаждения:

- теплообменные секции;
- вентилятор с приводом;
- опорная и ограждающая конструкция;
- устройств регулирования расхода воздуха.

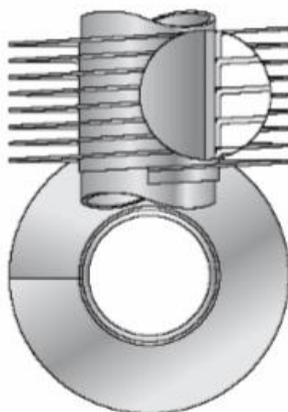
Оребренные трубы — основной конструктивный элемент аппарата воздушного охлаждения (АВО), определяющий эффективность его работы, металлоемкость и стоимость.

В производстве теплообменной аппаратуры применяются различные по элементам конструкции типы оребренных труб. Трубы могут иметь винтовые или продольные ребра, которые могут располагаться не только на наружной стороне трубы, но и на внутренней.

Главным показателем эффективности оребренных труб является коэффициент теплоотдачи. Поперечное расположение ребер относительно оси трубы обеспечивает максимально развитую поверхность теплообмена за счет уменьшения шага ребер и их толщины. Поэтому задачи интенсификации теплообмена решались в основном созданием оребренных труб повышенного коэффициента оребрения.

Типы сравниваемых аппаратов - АВГ, одновентиляторные, активная длина оребренных труб $L = 4$ м. Труба вида *I* с KLM-ребрами представлена на рисунке 2.

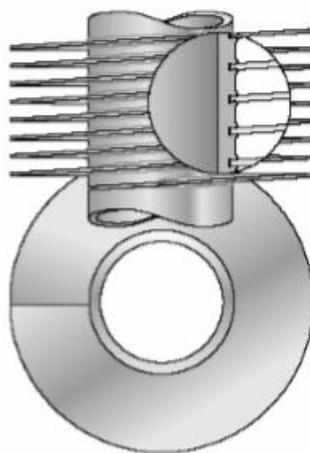
Рисунок 2 – Труба *I* с KLM-ребрами



Технология изготовления: основанию ребра придается форма буквы L и под давление накручивается вокруг несущей трубы. Каждое ребро прилегает к последующему и таким образом защищает несущую трубу от агрессивного воздействия окружающей среды. Такой способ изготовления труб дает возможность применять трубы с относительно тонкими стенками.

Труба вида II с круглыми стальными ребрами представлена на рисунке 3

Рисунок 3 - Труба II с круглыми стальными ребрами.



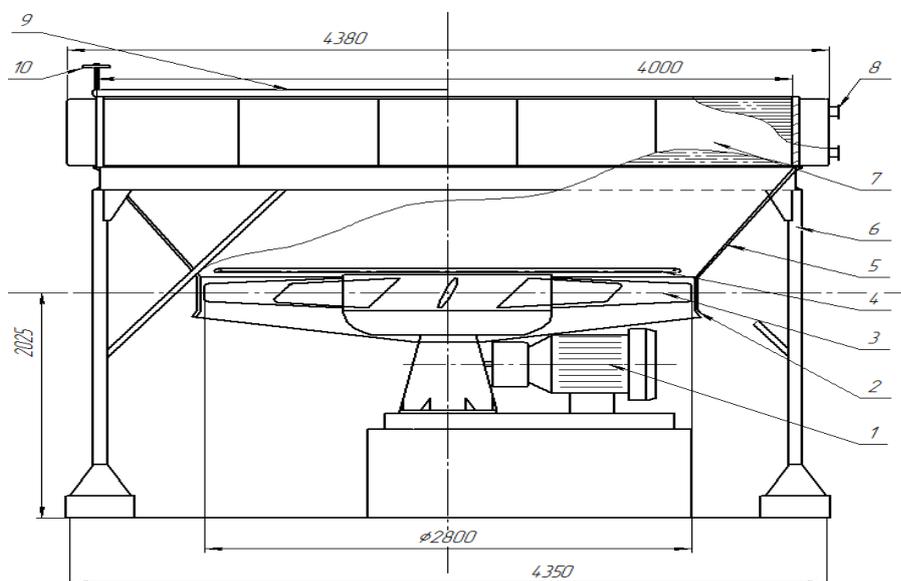
Технология изготовления: стальная лента накручивается спиралевидно на несущую трубу. Дополнительная горячая оцинковка обеспечивает высокий теплообмен и защиту от коррозии.

Цель сравнения заключается в определении оптимального по указанным в задании характеристикам аппарата из двух одинаковых по габаритам и нагнетателям охлаждающего воздуха, отличающихся конструкцией и геометрическими параметрами поверхности охлаждения теплообменных секций. Производится сравнение аппаратов, у которых теплообменные секции изготовлены из биметаллических труб с навитыми алюминиевыми KLM-ребрами (труба I) и стальных круглых труб с навитыми стальными оцинкованными ребрами (труба II).

Каждый из аппаратов состоит из трёх независимых горизонтальных теплообменных секций прямоугольной конфигурации с прямоугольным поперечным сечением (рис 4, 5). Аппарат имеет один осевой вентилятор с колесом ЦА-

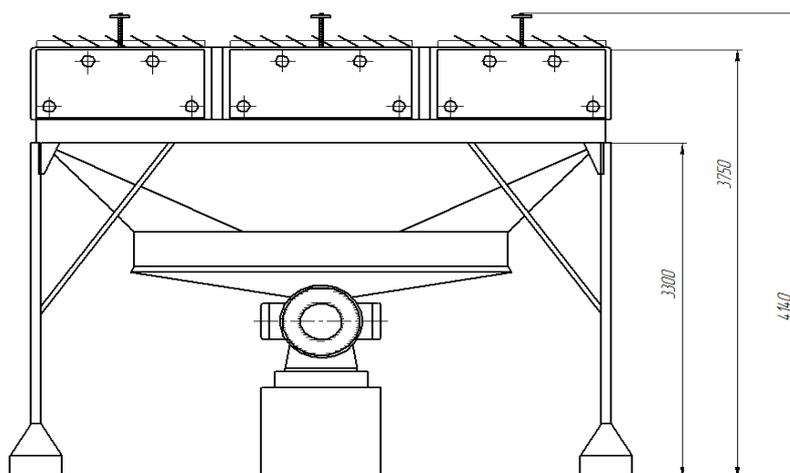
ГИ УК-2М, диаметр которого 2,8 м и частота вращения $\omega = 213 \text{ мин}^{-1}$ ($3,55 \text{ с}^{-1}$), 425 мин^{-1} ($7,08 \text{ с}^{-1}$).

Рисунок 4 - Аппарат воздушного охлаждения АВГ



1 - привод вентилятора, 2 - коллектор, 3 - колесо вентилятора, 4 - узел увлажнения воздуха, 5 - диффузор, 6 - металлоконструкция, 7 - секция, 8 - штуцер подвода/отвода охлаждаемого продукта, 9 - жалюзи, 10 - устройство управления жалюзи.

Рисунок 5- Аппарат воздушного охлаждения АВГ



Результаты теплогидравлических расчетов представлены в таблице 1.

Для частоты вращения колеса вентилятора $\omega = 425 \text{ мин}^{-1}$ были получены следующие основные показатели аппарата:

Таблица 1 - Характеристики АВО для $\omega = 425 \text{ мин}^{-1}$

	Для аппарата с II трубами	Для аппарата с I трубами
Показатель	Значение	
Q , кВт	1497,7	1783,3
V_p , м ³ /ч	265917	301776
G_1 , кг/ч	40068	49776
N_n , кВт	0,02	0,042
$\Sigma\Delta p_2$, Па	327,9	402,8
N_b , кВт	39,1	42,1
Δt_2 , °С	17,5	18,6
δF , %	0,99	2,24

Для частоты вращения колеса вентилятора $\omega = 213 \text{ мин}^{-1}$ по изложенной методике были получены следующие основные показатели аппарата:

Таблица 2 - Характеристики АВО для $\omega = 213 \text{ мин}^{-1}$

	Для аппарата с II трубами	Для аппарата с I трубами
Показатель	Значение	
Q , кВт	1031,4	1045,5
V_p , м ³ /ч	127000	122000
G_1 , кг/ч	25491	25836
$\Sigma\Delta p_1$, Па	721	508
N_n , кВт	0,01	0,007
N_b , кВт	5,02	6,16
Δt_2 , °С	24,3	25,4
δF , %	1,23	-0,15

Результаты технико-экономических расчетов.

Суммарные затраты составляют:

для аппарата из труб с KLM-ребрами - 1081960 рублей.

для аппарата из труб со стальными круглыми ребрами - 1161658

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены теоретические основы работы АВО и исследованы различные варианты конструктивного исполнения теплопередающей стенки АВО.

2. Определены теплогидравлические характеристики АВО площадь теплообмена и тепловая мощность для двух видов оребрения. Для труб с KLM-ребрами $F = 2365 \text{ м}^2$; $Q = 1783,3 \text{ кВт}$, а для труб со стальными круглыми ребрами $F = 1795 \text{ м}^2$; $Q = 1497,7 \text{ кВт}$. При одинаковых затратах мощности, тепловая мощность аппарата из труб с KLM-ребрами на 4-12% превышает этот показатель аппарата, состоящего из стальных труб со стальными навитыми приварными ребрами.

3. Технико-экономические расчеты показали, что при использовании АВО с *I* – трубами снижаются затраты на электроэнергию (976100 руб/год), по сравнению с АВО с *II* – трубами (1030280 руб/год). Выгода составляет 54180 руб/год.

4. По совокупности показателей выяснено, что АВО из биметаллических труб с KLM-ребрами имеет значительное преимущество по сравнению с АВО из монометаллических стальных оребренных труб.