

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

Аппарат воздушного охлаждения для бензина

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Овчинникова Александра Андреевича

Научный руководитель

профессор, 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. Выпускная квалификационная работа посвящена решению проблемы большого потребления электроэнергии двигателями вентилятора и насоса аппарата воздушного охлаждения, предназначенного для охлаждения прямогонной бензиновой фракции установки АВТ.

Организация промышленного производства теплообменных аппаратов воздушного охлаждения (АВО) в бывшем СССР приходилось на конец пятидесятых годов, и основными потребителями их являлись нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность, имеющая наиболее водоемкие производства. Внедрение АВО позволило снизить водопотребление в 10-20 раз на 1 т перерабатываемой нефти.

Интенсивное развитие газовой и нефтеперерабатывающей промышленности с середины 70-х годов, строительство широкой сети внутрисоюзных и континентальных газопроводов, продолжающееся и в настоящее время, возросшие требования защиты окружающей среды от загрязнения водными стоками и поддержания экологического равновесия стали новыми факторами расширения области применения АВО, прежде всего в топливно-энергетическом комплексе, атомной энергетике, электроэнергетике. При транспортировке природного газа АВО является единственным теплообменником, который позволяет обеспечить надежное функционирование газоснабжающего комплекса России независимо от условий окружающей среды и размещать компрессорные станции вне связи с источниками пресной воды.

Аппараты воздушного охлаждения удобны в эксплуатации, их очистка от загрязнений и ремонт не являются трудоемкими. Загрязнение и коррозия наружной поверхности, свойственные всем другим типам теплообменников, практически отсутствуют. В случае внезапного отключения электроэнергии продолжается теплосъем 25 – 30% тепла за счет естественной конвекции воздуха. Таким образом, даже при возникновении нештатных ситуаций вероятность возникновения аварий или пожаров невысока.

Актуальность данной работы обусловлена большим потреблением электроэнергии двигателями вентиляторов и насосов, установленных в

аппаратах воздушного охлаждения. Это связано с тем, что с конца пятидесятих годов прошлого столетия и по настоящее время конструктивные характеристики аппаратов практически не изменились и требуют модернизации. Потребление электроэнергии напрямую связано с гидравлическим сопротивлением охлаждаемой жидкости внутри труб и аэродинамическим сопротивлением охлаждающего воздуха, создаваемым в межтрубном пространстве секций аппарата.

Целью квалификационной работы является определение, по результатам расчетов теплогидравлических характеристик, наилучшего из двух рассматриваемых вариантов трубчатых поверхностей теплопередачи, которые обеспечивают наименьшее потребление электродвигателями вентиляторов и насосов электроэнергии.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- Изучить конструкцию аппарата и режимы его работы
- Сформулировать условия сравнения
- Тепловой расчет
- Гидравлический расчет
- Аэродинамический расчет
- Расчет металлоемкости конструкции
- Технико-экономический расчет
- Выбор наиболее эффективного варианта оребрения

Выпускная квалификационная работа бакалавра Овчинникова Александра «Аппарат воздушного охлаждения для бензина» представлена на 56 страницах и состоит из пяти глав:

- Глава 1 – Технологическая схема производства компонентов бензина;
- Глава 2 – Тепловые расчеты;
- Глава 3 – Аэродинамические расчёты;
- Глава 4 – Гидравлические расчёты;
- Глава 5 – Технико-экономический расчет.

Основное содержание работы. В первой главе выпускной квалификационной работы выполнен обзор научно-технической литературы по аппаратам воздушного охлаждения и их применению в нефтеперерабатывающей промышленности.

Рассмотрена принципиальная схема установки атмосферно-вакуумной перегонки нефти (АВТ). Изучены режимы её работы, температуры подогрева отбензиненной нефти в змеевиках трубчатой печи, паров, уходящих из отбензинивающей колонны и паров, уходящих из основной колонны, а также давления в отбензинивающей и основной колоннах.

Исследованы АВО, применяемые для понижения температуры потока бензиновой фракции полученной на установке. Изучена конструкция, условия эксплуатации, варианты компоновки секций и принцип работы аппаратов горизонтального и зигзагообразного типа.

Основным элементом аппаратов охлаждения являются теплообменные секции, теплообменную поверхность которых составляют из ребренных труб, закрепленных в трубных решетках в четыре, шесть либо восемь рядов. Трубы обычно располагают по вершинам равностороннего треугольника, так как коридорное расположение обеспечивает намного более низкую теплоотдачу. К трубным решеткам присоединены крышки, внутренняя полость которых служит для распределения охлаждаемого потока жидкости по трубам. По сторонам секций установлены боковые рамы, которые удерживают трубы, трубные решетки и крышки в определенном положении. Секции располагают горизонтально, вертикально или наклонно, что определяет тип АВО.

Также рассмотрены предпочтительные виды теплопередающей, ребренной трубчатой поверхности теплопередачи в секциях аппарата воздушного охлаждения. Ребренные трубы — основной конструктивный элемент аппарата воздушного охлаждения, определяющий эффективность его работы, металлоемкость и стоимость. Главным показателем эффективности ребренных труб является коэффициент теплоотдачи. Поперечное расположение ребер относительно оси трубы обеспечивает максимально развитую поверхность

теплообмена за счет уменьшения шага ребер и их толщины. Задачи интенсификации теплообмена решались в основном созданием оребренных труб повышенного коэффициента оребрения. Поэтому обращено внимание на виды ребер, их геометрию и методы их крепления с несущей трубой.

Во второй главе выпускной квалификационной работы, в соответствии с поставленной задачей выполнен тепловой расчет для двух вариантов оребрения теплообменных труб секций аппарата, предназначенного для охлаждения бензиновой фракции установки АВТ. Параметры оребренных труб представлены в таблице 1. Первый вариант – секции, компонованные стальными эллиптическими трубами со стальными эллиптическими ребрами, и второй вариант – секции, компонованные круглыми стальными трубами с круглыми стальными ребрами. Контакт ребер с трубой в обоих вариантах обеспечивается горячим цинкованием, что позволяет считать механическое соединения монолитным. Массовый расход бензина, активная длина оребренных труб, температура бензина в входе и выходе из аппарата, а также количество секций были приняты за постоянную величину как условие сравнения, что делает данные секции взаимозаменяемыми. Общие данные для аппарата:

- Температура бензина на входе 110°C, на выходе 50°C
- Температура воздуха 25°C
- Теплообменный аппарат типа АВГ горизонтального исполнения
- Длина труб 4 м
- Осевой вентилятор ЦАГИ УК-2М
- Угол установки лопастей 20°
- Частота вращения вентилятора 7,08 с⁻¹.

Таблица 1 – Параметры оребренных труб

Параметры	Эллиптические трубы	Круглые трубы
Коэффициент оребрения	12	14
Высота, шаг, толщина, мм	13 × 2 × 0,5	13 × 3 × 0,5
Наружный диаметр, мм	меньший 18 большой 55	26
Толщина стенки, мм	1,5	2,0

По исходным данным выполнен тепловой расчёт для секций со стальными эллиптическими трубами и ребрами, и секций с круглыми трубами и ребрами.

Цель расчета аппарата заключается в определении расчетной площади поверхности теплообмена из эллиптических ребренных труб и сравнении ее с установленной площадью из этих же труб в известных габаритных размерах аппарата АВГ. Расхождение в значениях площадей не должно превышать 10 %. Расчет выполняется методом последовательных итераций и сочетает на отдельных этапах элементы теплового конструкторского и теплового поверочного расчетов. Переменным параметром является расход бензина по трубному пространству, что реализуется заданием различной скорости бензина внутри труб до тех пор, пока не будет достигнута сходимость площадей теплообмена. Результаты проведенного теплового расчета секций с эллиптическими и круглыми трубами приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты теплового расчета секций с эллиптическими и круглыми трубами

Параметры	Аппарат с эллиптическими трубами	Аппарат с круглыми трубами
Тепловая мощность, Вт	1 679 169	
Расход бензина, кг/ч	41421	
Расход воздуха, кг/ч	310890	306070
Температура воздуха на выходе, °С	44,30	44,62
Расчетная площадь поверхности теплообмена, м ²	2556,0	1791,6
Площадь поверхности, м ²	2736,0	1794,6
Запас поверхности, %	6,6	0,2
Число труб, шт.	459	387

По результатам расчета запас площади теплообмена секций с эллиптическими трубами составил 6,6%, секций с круглыми трубами 0,2%. Тепловая мощность в обоих случаях составляет 1,68 МВт.

В третьей главе выпускной квалификационной работы выполнен аэродинамический расчет, целью которого является определение потери давления охлаждающего воздуха при прохождении его через аппарат.

Потеря давления воздуха при движении через секции с эллиптическими трубами составляет 352,8 Па, с круглыми трубами 583,8 Па. Требуемая мощность на валу вентилятора для секций с эллиптическими трубами составляет 42 кВт, с круглыми трубами 65 кВт. На рисунке 1 проиллюстрировано обтекание воздухом эллиптических и круглых труб.

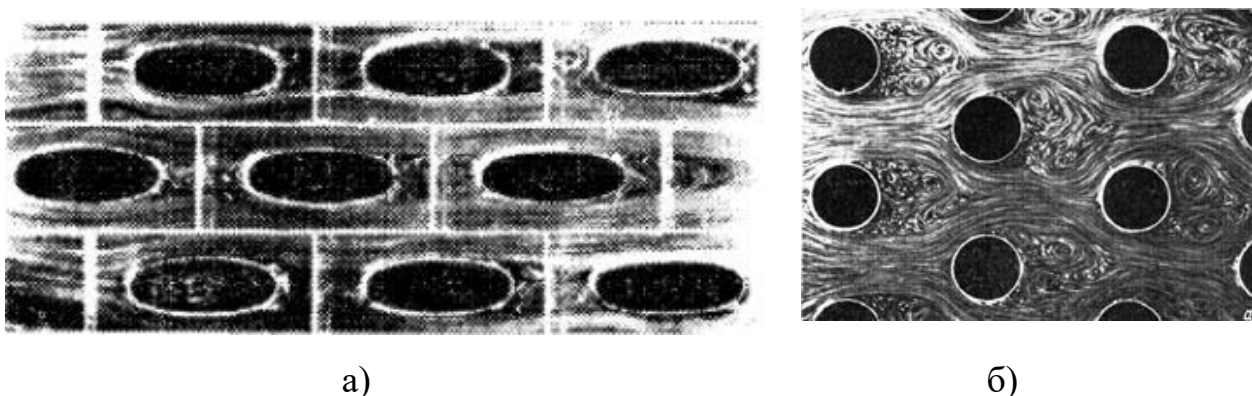


Рисунок 1 – кормовая рециркуляционная область потока в: а) эллиптических трубах; б) круглых трубах

Кормовая рециркуляционная область в эллиптических трубах меньше, чем в круглых, что сопровождается снижением аэродинамического сопротивления удобообтекаемых тел.

В четвертой главе по схеме, представленной на рисунке 2, выполнен гидравлический расчет, целью которого является определение потери давления охлаждаемого энергоносителя по трубному пространству и затрат мощности на его перемещение.

Гидравлическое сопротивление АВО в большей мере определяется потерями давления на трение и в местных сопротивлениях, зависит от конструкции теплообменника.

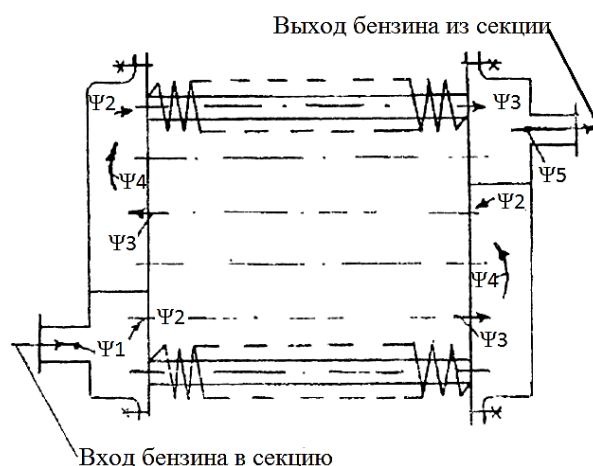


Рисунок 4.1 – схема к гидравлическому расчету трехходовой теплообменной секции

Потеря давления бензина при движении через секции с эллиптическими трубами составляет 224,0 Па, с круглыми трубами 766,7 Па. Требуемая мощность на валу насоса для секций с эллиптическими трубами составляет 0,0089 кВт, с круглыми трубами 0,0210 кВт.

В пятой главе выполнен расчет суммарных затрат на аппарат, которые складываются из затрат на материал и оборудование для изготовления аппарата и затрат на электроэнергию, потребляемую электродвигателями вентилятора и насоса.

Выполнен расчет металлоемкости трубного пучка для секций, компонованных эллиптическими трубами с эллиптическими ребрами и круглыми трубами с круглыми ребрами.

В обоих аппаратах материал для труб и их оребрения сталь марки 10, состав которой приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав стали 10

Si, %	Mn, %	Cu, %	As, %	Ni, %	S, %	C, %	P, %	Cr, %
0.17-0.37	0.35-0.65	0.25	0.08	0.25	0.04	0.07-0.14	0.035	0.15

Стоимость 1 кг стали такой марки, по литературным данным, принята 26 рублей. Стоимость электроэнергии принята 2,90 [руб/кВт·ч].

Результаты проведенных расчетных исследований комплекса процессов теплоотдачи и гидро- и аэродинамики, протекающих в трубном пучке секций

аппарата воздушного охлаждения бензиновой фракции, а также результаты технико-экономического расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетных исследований

Критерий сравнения	Аппарат с эллиптическими трубами и ребрами	Аппарат с круглыми трубами и накатными ребрами
Площадь внутреннего поперечного сечения f_x , м ²	0,0315	0,0163
Число труб хода $n_{\text{хода}}$, шт	51	43
Число труб в секции $n_{\text{сек}}$, шт	153	129
Число труб в аппарате $n_{\text{ап}}$, шт	459	387
Площадь теплообмена $F_{\text{ап}}$, м ²	2736	1794,6
Коэф. теплоотдачи α , Вт/(м ² ·К)	воздух:50,8 бензин:350,6	воздух:61,1 бензин:617,8
Коэф. теплопередачи k , Вт/(м ² ·К)	17,44	22,6
Потеря давления бензина ΔP , Па	403	945,76
Потеря давления воздуха ΔP , Па	353,8	583,8
Скорость бензина в трубах ω , м/с	0,19	0,388
Масса теплообменных секций, кг	3322	2632
Капитальные затраты, руб.	86372	68432
Эксплуатационные затраты, руб/год	1068720	1655640
Суммарные затраты, руб.	1155092	1724072

Суммарные затраты на аппарат с эллиптическими трубами на 33% меньше, чем на аппарат с круглыми трубами.

Заключение.

- Выполнен тепловой расчет. Запас площади теплообмена секций с эллиптическими трубами составил 6,6%, секций с круглыми трубами 0,2%. Тепловая мощность в обоих случаях составляет 1,68 МВт;
- Выполнен аэродинамический расчет. Потеря давления воздуха при движении через секции с эллиптическими трубами 352,8 Па, с круглыми трубами 583,8 Па. Требуемая мощность на валу вентилятора для секций с эллиптическими трубами составляет 42 кВт, с круглыми трубами 65 кВт;
- Выполнен гидравлический расчет. Потеря давления бензина при движении через секции с эллиптическими трубами 224 Па, с круглыми трубами 766,7 Па. Мощность на валу насоса для секций с эллиптическими трубами 0,0089 кВт, с круглыми трубами 0,021 кВт;

- Выполнен расчет суммарных затрат на аппарат. Суммарные затраты на аппарат с эллиптическими трубами на 33% меньше, чем на аппарат с круглыми трубами;
- По результатам комплекса проведенных расчетных исследований целесообразен выбор эллиптических стальных труб со специальными эллиптическими ребрами;
- Некоторые полученные результаты выполненной работы опубликованы в трудах секции «Энергоресурсосбережение» конференции «Энергия-2017».

В связи со всем сказанным настоящая работа имеет практическое значение, поскольку экономически целесообразен выбор эллиптических стальных труб со специальными эллиптическими стальными ребрами. Из-за меньшей потери давления воздуха при прохождении через аппарат с секциями с эллиптическими трубами и ребрами стоимость электроэнергии на 35,4% ниже.