

Реферат

Выпускная квалификационная работа xx страниц, xx рисунков, xx таблиц, xx источников.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, компримированный газ, привод вентилятора, газоперекачивающий агрегат, дожимная компрессорная станция.

Объект исследования: аппарат воздушного охлаждения компримированного газа.

Результаты исследования: проведен анализ действующей схемы процесса охлаждения газа на дожимной компрессорной станции, что привело к необходимости разработки принципиально новых решений и способов регулирования режимов работы аппаратов воздушного охлаждения. Также описаны варианты модернизации данной системы при строительстве газоперекачивающих агрегатов путём управляемого регулирования работы аппаратов на кольцо и работы на охлаждения газа, рассчитан и подобран аппарат воздушного охлаждения под заданные эксплуатационные характеристики.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
										2

Список сокращений

ГКС – газокompрессорная станция

ГПА – газоперекачивающий агрегат

АВО – аппарат воздушного охлаждения

ДКС – дожимная компрессорная станция

УКПГ – установка комплексной подготовки газа

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение

ЭВМ – электронная вычислительная машина

СУ – система управления

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ				Лист 3

Оглавление

Реферат	2
Список сокращений	3
Введение.....	5
1 Обзор литературы	6
2 Объект и методы исследования	7
2.1 Общие сведения о воздушном охлаждении	7
2.2 Основные элементы конструкции аппаратов воздушного охлаждения	8
2.3 Основные типы аппаратов воздушного охлаждения	15
3 Расчётно-конструкторская часть	21
3.1 Расчет теплового баланса.....	23
3.2 Основное уравнение теплопередачи.....	25
3.3 Коэффициент теплопередачи.....	26
3.4 Расчеты сопротивлений аппарата.....	30
3.5 Расход электроэнергии на привод вентилятора.....	31
3.6 Технологическая схема охлаждения газа.....	32
4 Финансовый менеджмент.....	34
4.1 SWOT-анализ.....	34
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	41
4.3 Бюджет научно-технического исследования	46
5 Социальная ответственность	55
5.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	56
5.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	60
5.3 Охрана окружающей среды	60
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	62
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
Заключение	65
Список литературы	66
Приложение	68

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

4

Введение

Теплообменное оборудование используется во многих сферах нашей промышленности и везде играет ключевую роль, помогает промышленным отраслям нормально функционировать. Но трудно переоценить ту роль, которая отведена теплообменным агрегатам в нефтяной и газовой промышленности. Без внедрения теплообменных агрегатов не было бы возможно разрабатывать ключевые месторождения газа и нефти в нашей стране.

Сегодня область применения аппаратов воздушного охлаждения, ввиду их универсальности и экономичности, достаточно широка. Они работают в установках синтеза аммиака, в производстве метанола, хлорорганических продуктов, поливинилхлорида, в технологических линиях по производству азотной и серной кислот и, разумеется, в нефтехимии. Появилась область, где требуются специализированные аппараты воздушного охлаждения, рассчитанные на высокие давления, – это компрессорные станции на линиях транспортирования природного газа.

Эти агрегаты используют для транспортировки газа, поскольку в охлажденном состоянии газ уменьшается в объеме. Соответственно при помощи охлаждения можно организовать более эффективную транспортировку газа.

До сих пор эффективная работа различных отраслей зависит от модернизации теплообменных агрегатов. В частности, при помощи модернизации системы воздушного охлаждения можно существенно повысить экономическую эффективность функционирования газовой отрасли.

Целью данной работы является разработка методов, позволяющих модернизировать системы воздушного охлаждения газа на компрессорной станции, а также повысить экономические показатели данных систем.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

1. Обзор литературы

Анализ литературы показывает, что ряд мероприятий государственного и отраслевого уровней направлен на применение энергосберегающих режимов эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения (АВО), широко применяющихся в нефтегазовой отрасли, на компрессорных станциях газопроводов.[16]

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 и затраты на очистку сточных вод. 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.[17]

Тем не менее, эффективность работы АВО зависит от того, насколько точно заданы параметры работы. Многие из этих агрегатов работают в климатических зонах, которые отличаются либо экстремально низкими, либо экстремально высокими температурами. И при производстве теплообменников учитываются только самые крайние температурные значения.

Соответственно, если большую часть года агрегат работает при экстремально высоких температурах, это берется как средний показатель и под него делается расчет тепловой мощности. Не учитывается, насколько неэффективно будет строиться работа агрегата в периоды, когда температура будет отличаться от заданной. [1]

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Подп. и дата	Инв. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

2. Объект и методы исследования

2.1 Общие сведения о воздушном охлаждении

Первые теплообменные аппараты воздушного охлаждения стали применять в США на газобензиновых заводах в конце 1940-х – начале 50-х годов, а в 1959 году был пущен в эксплуатацию первый отечественный конденсатор воздушного охлаждения на Московском нефтеперерабатывающем заводе. В начале 80-х годов воздушное охлаждение стало использоваться не только в нефтеперерабатывающей, но и в других отраслях промышленности: химической, пищевой, целлюлозно-бумажной и др.



Рисунок 1. Внешний вид аппарата воздушного охлаждения

Внедрение систем воздушного охлаждения позволило снизить расход оборотной воды на ряде современных нефтеперерабатывающих заводов на 60 – 70%, на заводах азотной промышленности на 40 – 45%, на заводах хлороорганической промышленности на 60%, при этом снижение объемов сточных вод составляет 25 – 30% [2]. Площадь, занимаемая аппаратами воздушного охлаждения, составляет 1,4 – 2,45% территории завода, тогда как для сооружения водного хозяйства необходимо 12 – 15% этой территории.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Опыт применения АВО и технико-экономические расчеты показывают, что воздушное охлаждение уменьшает расход охлаждающей воды, улучшает состояние окружающей среды и часто является более экономичным, чем водяное, особенно в северных районах страны. Грамотный выбор типа и размера каждого теплообменного аппарата, правильная его установка и рациональная эксплуатация существенным образом влияют на величину первоначальных затрат при сооружении установок и последующих эксплуатационных расходов. Также следует иметь в виду, что далеко не в любой местности пресная вода является доступным и дешевым теплоносителем.

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.[3]

2.2 Основные элементы конструкции аппаратов воздушного охлаждения

Аппараты воздушного охлаждения состоят из следующих основных узлов (Рис.2):

- теплообменных секций;
- осевого вентилятора с приводом;
- устройств для регулирования расхода охлаждающего воздуха;
- опорных и оградительных конструкций.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
					КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата						8

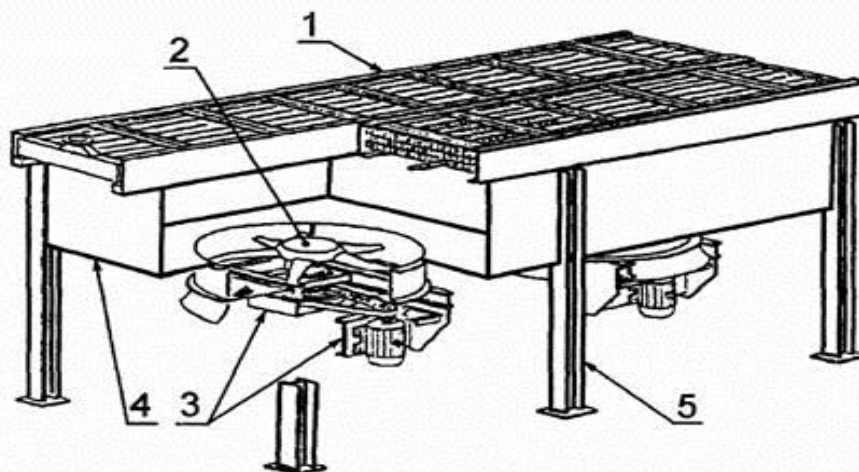


Рисунок 2. Принципиальная схема аппарата воздушного охлаждения

Основным элементом аппаратов воздушного охлаждения являются теплообменные секции, теплообменную поверхность которых komponуют из оребренных труб, закрепленных в трубных решетках в четыре, шесть либо восемь рядов. 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 монтируют на раме, опирающейся на опорные стойки аппарата, и фиксируют с одного конца, что обеспечивает свободное тепловое расширение элементов секций при нагревании.

Охлаждение различных жидких теплоносителей воздухом было бы экономически невыгодно, если бы в трубных секциях устанавливались обычные гладкие трубы: невысокая скорость охлаждающего потока в сочетании с невысокой плотностью и теплопроводностью воздуха обуславливают небольшие значения коэффициентов теплоотдачи со стороны воздуха. Относительно низкие коэффициенты теплоотдачи со стороны воздуха по сравнению с коэффициентами для охлаждаемых или конденсируемых жидкостей могут быть частично компенсированы развитием поверхностей со стороны воздуха. Такая возможность появляется, если использовать

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

оребранные трубы, площадь наружной поверхности которых в 10 – 25 раз больше площади их внутренней поверхности.[2]

Форма ребер может быть различной (рис.3), причем могут использоваться ребра для труб, объединенных в группы по две, три трубы и более [5].

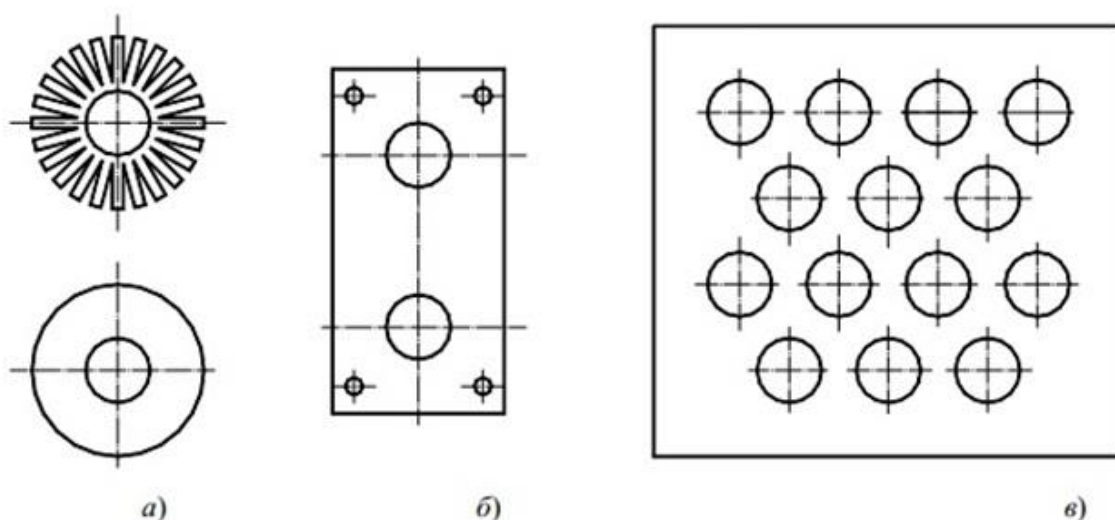


Рисунок 3. Различная геометрия ребра:

а – круглые ребра; б – прямоугольные ребра; в – прямоугольные ребра для пучков труб

Известно, что оребрение может изготавливаться различными способами: навивкой ленты в виде спирали вокруг трубы, запрессовкой пластин круглой или прямоугольной формы в неглубокие пазы на наружной поверхности трубы, приваркой или пайкой ребер или стерженьков к трубе (рис.4). Однако во всех приведенных случаях наблюдается ухудшение сцепления ребра с поверхностью трубы из-за явлений коррозии, особенно если ребра и основная труба изготовлены из разных материалов. Кроме того, указанные способы установки ребер характеризуются высокой трудоемкостью.[2]

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

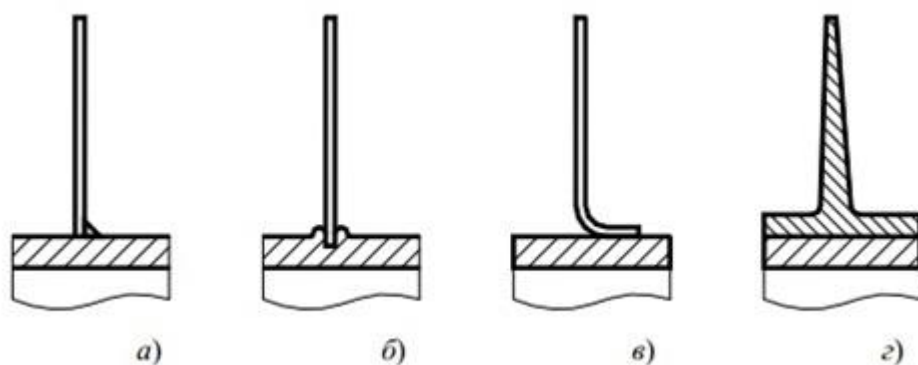


Рисунок 4. Способы крепления оребрения на трубах:

а – приварка и пайка плоских ребер; б – установка ребер в пазы; в – приварка L – образных ребер; г – выдавленные или накатанные ребра

В настоящее время наиболее практичными и технологичными являются оребренные трубы, изготавливаемые из сплошной толстостенной трубы (как правило, из алюминия или алюминиевых сплавов), подвергнутой механической обработке. Ребра нарезаются при пропускании трубы через ряд формовочных дисков. Процесс оребрения труб методом поперечно-винтового накатывания имеет высокую производительность, хорошо поддается механизации и автоматизации [6]. Оребрение другими способами не превышает 10 – 15% объема производства.

Внутри оребренной трубы может быть установлена внутренняя труба из любого требуемого для теплоносителя материала, при этом обеспечивается плотная посадка между вкладышем и оребренной частью. В этом случае труба является биметаллической. Для всех типов оребренных труб существуют предельные температуры, при превышении которых нарушается контакт между несущей трубой и ребром или оребренной трубой и вкладышем, что ограничивает температурные пределы эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения.

Трубы для стандартизованных отечественных аппаратов воздушного охлаждения имеют наружное оребрение двух типов исполнения.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № дубл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТГМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

11

Это:

- биметаллическая труба, состоящая из внутренней гладкой (стальной или латунной) и наружной (алюминиевой) с накатанным винтовым ребром (рис. 5, а): исполнение Б;
- монометаллическая (алюминиевая) труба с накатанным винтовым (спиральным) ребром (рис. 5, б): исполнение М.

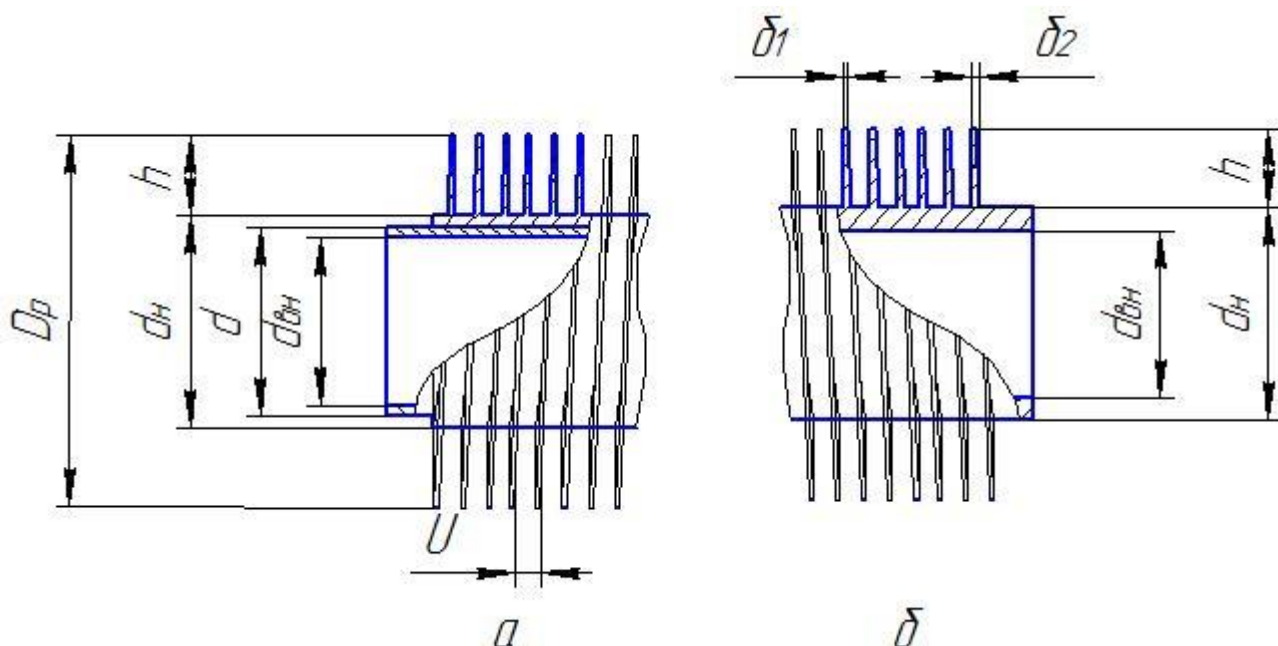


Рисунок 5. Геометрические параметры оребренных труб:
а – биметаллическая труба; б – монометаллическая труба.

В зависимости от вида материала оребренных труб различают варианты исполнения аппарата – Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, М1У, М1А. Материалы, применяемые для изготовления аппаратов, приведены в табл. П.1,2. Аппараты материального исполнения М1А изготавливаются только для невзрыво- и непожароопасных, а также не обладающих токсичностью сред.

Вторым значимым элементом конструкции АВО является вентилятор, который, вращаясь в полости коллектора, нагнетает воздух через межтрубное пространство секций. Значительные расходы воздуха в аппаратах воздушного охлаждения при сравнительно небольших статических напорах (100 – 400Па) обеспечиваются осевыми вентиляторами с числом лопастей 4 – 8 и диаметром 0,8 – 6,0 м. Для лучшей организации движения воздушного потока служит цилиндрический коллектор, которым закрыты лопасти вентилятора. Коллектор

соединяется с теплообменными секциями при помощи диффузора, форма которого способствует выравниванию потока воздуха по сечению теплообменной секции. Диффузор и коллектор вентилятора крепятся к раме, на которой установлены теплообменные секции. Осевой вентилятор с приводом смонтирован на отдельной раме.[2]

Опорные конструкции, на которых монтируются элементы аппарата, выполняются металлическими или железобетонными и включают продольные и поперечные опорные балки, выполняемые, как правило, из стандартных двутавров, стойки (обычно отрезки стандартных труб на опорных пластинах), косынки и ребра жесткости. Стойки смонтированы на фундаменте и закреплены на нем анкерными болтами.

В связи с переменным характером нагрузки аппарата, зависящей от технологического режима, температуры и влажности воздуха, вентиляторы должны иметь возможность регулирования расхода воздуха в широком диапазоне.

Регулирование воздушного охлаждения способствует экономии энергии и сырья, увеличению сроков службы и повышению надежности работы АВО, эффективному ведению технологического процесса. Самой существенной статьей эксплуатационных расходов АВО является электроэнергия, потребляемая приводом вентилятора. При рациональном регулировании экономия электроэнергии может достигать 60% от потребляемой двигателями при номинальном тепловом потоке.

Система регулирования должна обеспечивать требования технологии независимо от изменения режима работы вентилятора. Регулирование расхода воздуха производится несколькими способами:

- 1) изменением частоты вращения вентиляторов;
- 2) перепуском части технологического потока по байпасным линиям через регулирующие клапаны;

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ				
------------------------	--	--	--	--

Лист
13

Наиболее распространенным способом регулирования является изменение расхода охлаждающего воздуха, которое осуществляется:

- путем регулирования расхода воздуха изменением числа оборотов является наиболее практичным и экономичным способом;
- путем регулирования угла поворота лопастей вентилятора. Применяются колеса с углом установки лопастей от 10 до 30°. Изменение угла производится вручную при остановленном вентиляторе переустановкой каждой лопасти отдельно или автоматически при использовании пневматического или электромеханического привода. Ступенчатое изменение угла поворота лопастей с остановкой вентилятора предусматривают для сезонного регулирования. Возможность автоматического непрерывного изменения угла поворота лопастей позволяет осуществить оптимальное регулирование, при котором положение лопасти в каждый момент времени соответствует определенной температуре воздуха. Автоматическое регулирование позволяет поддерживать выходную температуру охлаждаемого продукта с точностью до $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- установкой специальных жалюзийных устройств, располагаемых как до вентилятора, так и после теплообменных секций. Жалюзийные устройства могут снабжаться ручным или пневматическим приводом. При повороте жалюзийных элементов уменьшается расход воздуха и увеличивается диапазон рабочих режимов. Несмотря на то что использование жалюзи является самым распространенным способом регулирования расхода воздуха, оно не обеспечивает экономии энергетических затрат, так как создается дополнительное аэродинамическое сопротивление на пути воздуха, даже при полном открытии регулировочного устройства. Кроме того, такое регулирование сопровождается снижением КПД вентилятора. В отдельных случаях мощность, потребляемая электродвигателем из сети, может снижаться на 10 – 20%, но не исключено ее увеличение.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

14

В современных конструкциях АВО применяют совместное регулирование несколькими способами, сочетание которых дает возможность обеспечить экономию электроэнергии и стабилизацию выходной температуры.[2]

2.3. Основные типы аппаратов воздушного охлаждения

В зависимости от назначения теплообменников аппараты воздушного охлаждения делят на конденсаторы (КВО) и холодильники (ХВО). Применяемые в настоящее время АВО принципиально отличаются друг от друга расположением трубных секций и типом и количеством воздухоподающих устройств.

Существует несколько типов конструктивного оформления АВО (способа расположения теплопередающей поверхности), различающихся компоновкой теплообменных секций.

Аппараты горизонтального типа (АВГ) (рис.6) характеризуются горизонтальным расположением теплообменных секций, а вентиляторы у них могут устанавливаться над секциями или под ними. Компонуются АВГ из отдельных секций с одним, двумя, тремя вентиляторами. (рис. 7.)

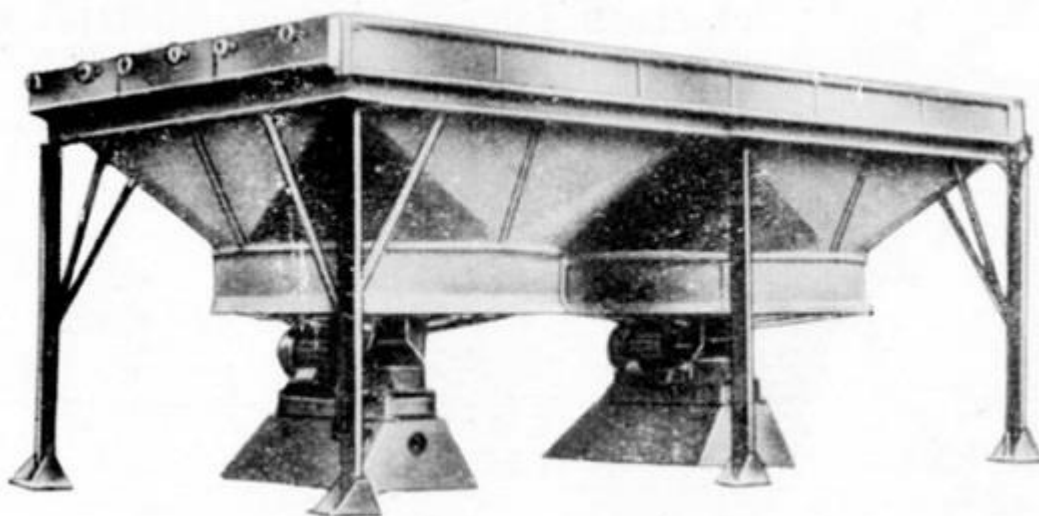


Рисунок 6 Аппарат горизонтального типа с двумя вентиляторами.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТГМ-16/22.00.00.00 ПЗ

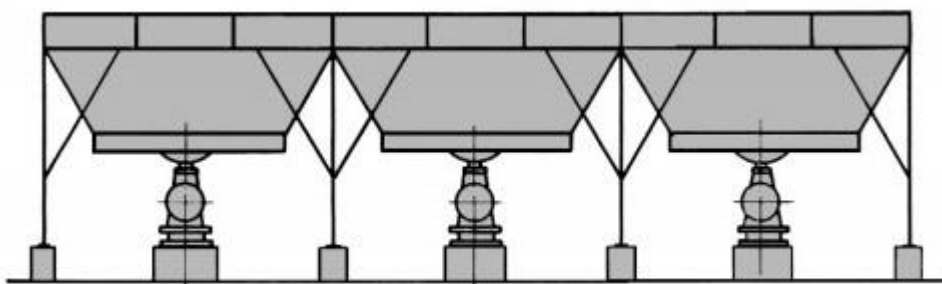


Рисунок 7 Аппарат горизонтального типа с тремя вентиляторами.

Выбор варианта компоновки секций определяется величиной необходимой поверхности теплообмена и допустимым гидравлическим сопротивлением трубного пространства. Аппараты горизонтального типа наиболее универсальны, и их можно использовать как для охлаждения, так и для конденсации, а при необходимости и совмещать эти процессы в одном аппарате. К достоинствам АВГ относится простота конструкции, упрощающая их монтаж и обслуживание, к недостаткам – относительно большая занимаемая площадь.

В аппаратах вертикального типа теплообменные секции расположены вертикально, а вентиляторы сбоку (рис.8). Наиболее целесообразно применять

такие аппараты для проведения процессов полной или частичной конденсации продукта внутри труб. Однако большая высота аппарата служит причиной ограниченного применения. В отечественной практике в основном используются малопоточные вертикальные аппараты воздушного охлаждения с высотой труб в секции не более 3 м.

В мировой практике для процессов конденсации используются аппараты

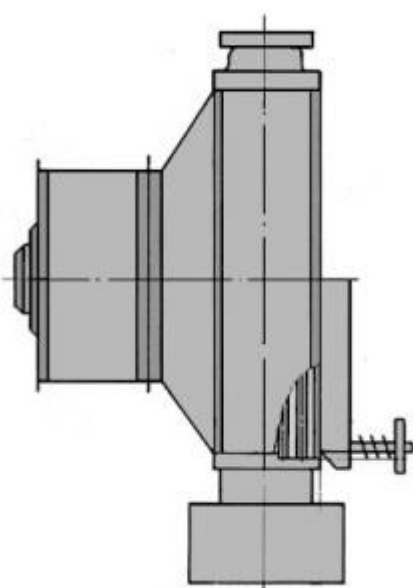


Рисунок 8. Аппарат вертикального типа

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТГМ-16/22.00.00.00 ПЗ

шатрового типа, в которых теплообменные секции располагаются на наклонных сторонах треугольной рамы, в основании которой установлены вентиляторы. Угол наклона трубных пучков составляет $20 - 40^\circ$ к вертикали. К недостаткам аппаратов шатрового типа следует отнести сложность опорных металлоконструкций, неудобство обслуживания и ремонта, неравномерность подвода воздуха по длине секций, а следовательно, неравномерный отвод тепла. В отечественных установках аппараты шатрового типа применяются достаточно редко и изготавливаются по специальному заказу.

Достаточно широкое распространение, как в отечественных производствах, так и за рубежом получили аппараты зигзагообразного типа (АВЗ), теплообменные секции которых установлены под углом друг к другу, а трубы расположены горизонтально (рис.9). Они характеризуются существенно большими значениями поверхности теплообмена, чем аппараты типа АВГ при той же занимаемой площади, и меньшей высотой, чем аппараты вертикального или шатрового типа.

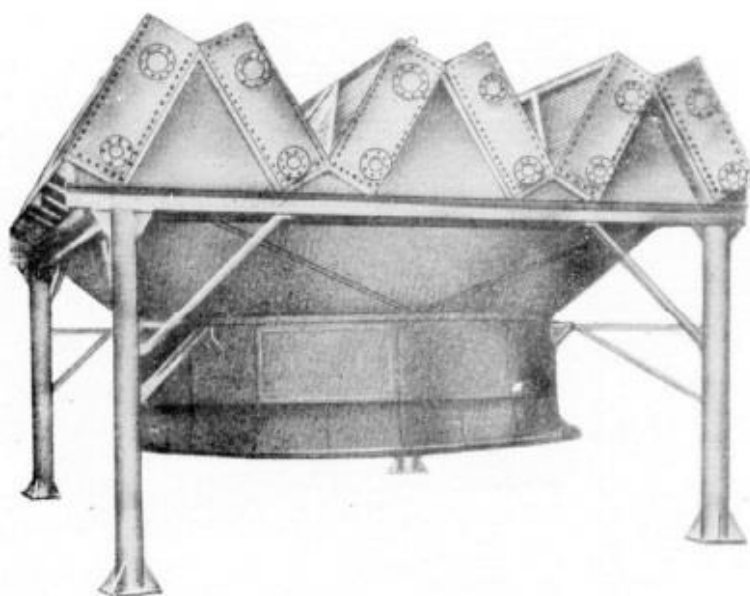


Рисунок 9. Аппарат зигзагообразного типа.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист
18

18

1АВГ–ВВ (для высоковязких продуктов), АВГ–Т (трехъярусный), АВГ–125, АВГ–160, АВГ–160Р, АВГП–160, АВГ–320, АВГ–75С, АВГ–100С (для охлаждения природного газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов) и др.;

– зигзагообразные (поверхность 1250 – 5300 м²) – АВЗ, 1АВЗ, 2АВЗ и модификации АВЗ–Д, 1АВЗ–Д, 2АВЗ–Д (с двумя двигателями и длиной труб 8 м);

– блочные – БМР (блочно-модульный с рециркуляцией нагретого воздуха), АВГБС–83, АВГБС–100 (для охлаждения природного газа), СВОК–1, СВОК–4А (для охлаждения газа в системах охлаждения компрессоров);

б) по количеству рядов труб в секции: четырех-, шести- и восьмирядные (за исключением АВГ–ВВ, где секции с пятью рядами труб, и блочных);

в) по числу ходов в трубном пространстве: одно-, двух-, трех- (кроме типа АВЗ), четырех-, шести- и восьмиходовые теплообменники;

г) по длине труб: с трубами длиной 1,5 и 3 м (тип АВМ), 4 и 8 м (тип АВГ), 6м (тип АВЗ) и 8 м (тип АВЗ–Д);

д) по величине коэффициента оребрения труб: с коэффициентом оребрения $\phi = 9, 14,6$ и 20 (АВМ, АВГ, АВЗ), 7,6 (АВГ–В), 15,5 (АВГ–ВВ), 22 (по специальному заказу);

е) по материалному исполнению:

– с биметаллическими трубами Б1, Б2, Б3, Б4, Б5 (внутренние трубы из углеродистой, легированной, коррозионно-стойкой стали или латуни; наружные – из алюминиевого сплава АД1);

– с монометаллическими трубами М1А, М1У – трубы целиком из алюминиевого сплава марок АМг2 или АД1;

ж) по величине давления охлаждаемого продукта: для применения при давлениях до 0,6, 1,6, 2,5, 4,0 и 6,4 МПа (а также аппараты специального назначения для охлаждения природного газа до 16 МПа);

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

3) по климатическому исполнению: для тропического климата (исполнение Т), для умеренного климата (исполнение У1), для холодного климата (исполнение УХЛ1).[2]

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

3. Расчётно-конструкторская часть

Целью расчета теплообменного аппарата является определение его геометрических размеров, тепловых и конструктивных показателей для конкретных технологических условий.

Исходными данными для расчета являются расход и температуры охлаждаемого или конденсируемого теплоносителя, теплофизические свойства теплоносителя, включая данные по фазовому переходу (если он происходит).

Исходные данные:

Место расположения аппарата: Каргасокский район, Мыльджинское месторождение.

Коэффициент оребрения: $\varphi = 20$.

Наименование рабочей среды: природный газ.

Давление пробное: $P_{пр} = 10,49$ мПа.

Давление рабочее: $P_p = 8,3$ мПа.

Температура теплоносителя на входе: $t_1 = 61^\circ$.

Температура теплоносителя на выходе: $t_2 = 19^\circ$.

Температура воздуха на входе: $t_{1в} = 20,8^\circ$.

Температура воздуха на выходе: $t_{2в} = 27,6^\circ$.

Количество охлаждаемого продукта: $V = 400000$ м³/ч.

Количество используемого воздуха: $V_{в} = 120000$ м³/ч.

Расчетные данные:

По таблице №1 выбираем:

Диаметр трубы у основания рёбер: $d_n = 27$ мм.

Диаметр основной трубы: $d = 25$ мм.

Внутренний диаметр трубы: $d_{вн} = 21$ мм.

Шаг рёбер: $U = 2,5$

Количество рёбер на 1 м трубы: 400 ± 5 .

Высота рёбер: $h = 15$ мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
										21

Толщина ребер в верхней части: $\delta_1 = 0,6$ мм.

Толщина ребер у основания: $\delta_2 = 1,1$ мм.

Диаметр ребер: $D_p = 57$ мм.

Площадь теплообмена 1 м трубы:

• по оребрению $F_{тр} = 1,69$ м²

• по неоребренной поверхности $F_n = 0,085$ м²

Используемые в расчетах константы:

Теплопроводимость воздуха: $\lambda_b = 24,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$

Теплопроводимость природного газа: $\lambda = 34 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$

Кинематическая вязкость воздуха: $\nu_b = 1,51 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Кинематическая вязкость природного газа: $\nu = 5,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Плотность воздуха: $\rho_b = 1,2045 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Плотность природного газа: $\rho = 0,737 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Удельная теплоёмкость воздуха: $C_b = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Удельная теплоёмкость природного газа: $C = 2,22 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Поверхность корпуса аппараты контактирующая с

воздухом: $F_{корп} = 9930$ м²

Большая и меньшая разность температур между теплоносителями на концах теплообменника:

$$\Delta t_6 = t_1 - t_{1B} = 61 - 20.8 = 40,2^\circ$$

$$\Delta t_M = t_{2B} - t_2 = 27.6 - 19 = 8,6^\circ$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

22

3.1 Расчет теплового баланса

Основными уравнениями теплового расчета АВО являются уравнение теплового баланса и основное уравнение теплопередачи. Оба эти уравнения решаются совместно, причем для определения тепловой нагрузки применяется уравнение теплового баланса, а для определения поверхности теплообмена служит основное уравнение теплопередачи.

Рассчитаем тепловую нагрузку:

$$Q = V \cdot p \cdot C \cdot (t_1 - t_2)$$

Если считать, что тепло передается воздуху, и учитывать потери тепла в окружающую среду, тогда:

$$Q = Q_B + Q_{\text{пот}}$$

При передаче тепла воздуху:

$$Q_B = V_B \cdot p_B \cdot C_B \cdot (t_{2B} - t_{1B}) = 120000 \cdot 1.2045 \cdot 1.005 \cdot (27.6 - 20.8) = 9,878 \cdot 10^5 \text{ Дж/ч.}$$

Рассчитаем средние температуры теплоносителя и воздуха:

$$t_{\text{вср}} = \frac{(t_{1B} + t_{2B})}{2} = \frac{(20.8 + 27.6)}{2} = 24,2^\circ.$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{(t_1 + t_2)}{2} = \frac{(19 + 61)}{2} = 40^\circ.$$

Рассчитываем температуру стенки:

$$t_{\text{ст}} = \frac{(t_{\text{вср}} + t_{\text{ср}})}{2} = \frac{(24.2 + 40)}{2} = 32,1^\circ.$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

23

Рассчитываем потери тепла в окружающую среду:

$$Q_{\text{пот}} = 1.16 \cdot (8 + 0.05 \cdot t_{\text{ст}}) \cdot F_{\text{корп}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{1\text{в}}) = 1.16 \cdot (8 + 0.05 \cdot 32.1) \cdot 9930 \cdot (32.1 - 20.8) = 1,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч.}$$

Тогда общая тепловая нагрузка:

$$Q = Q_{\text{в}} + Q_{\text{пот}} = 9.878 \cdot 10^5 + 1.25 \cdot 10^6 = 2,238 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч.}$$

Выбираем из таблицы №2 подходящую величину теплонапряженности аппарата воздушного охлаждения:

$$q = 5600 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

Определяем необходимую теплопередающую поверхность аппарата:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{2.238 \cdot 10^6}{5600} = 399,642 \text{ м}^2$$

По таблице №3 подбираем конкретный аппарат воздушного охлаждения (тип, количество рядов труб в секции, количество ходов по трубам, давление, коэффициент оребрения труб, коэффициент увеличения поверхности).

Полностью удовлетворяет искомым эксплуатационным условиям аппарат 2АВГ – 100:

Коэффициент оребрения: $\varphi = 20$

Давление условное: Русл. =10 мПа

Число секции: 3 шт.

Число рядов труб $Z = 6$

Число ходов по трубам: 1

Длина труб: 8 м

Количество рядов вентиляторов: 2 шт.

Теплопередающая поверхность аппарата: 421,65 м²

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	
КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
					24

3.2 Основное уравнение теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}$$

Где:

Коэффициент теплопередачи: $K = 0,354 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$

Полная поверхность теплообмена: $F = 421,65 \text{ м}^2$

Средняя разность температур теплоносителей по все поверхности теплообмена:

$$\Delta t_{\text{ср}} = (\varepsilon_{\text{п}} \cdot \Delta t_{\text{срПР}})$$

Рассчитываем среднюю разность температур при перекрестном токе:

$$\Delta t_{\text{срПР}} = \frac{(\Delta t_{\text{г}} + \Delta t_{\text{м}})}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{(40.2 + 8.6)}{\ln\left(\frac{40.2}{8.6}\right)} = 20,491^{\circ}$$

Поправочный коэффициент определяется графически в зависимости от вспомогательных величин R_1 и P :

$$R_1 = \frac{(t_1 - t_2)}{(t_{2\text{в}} - t_{1\text{в}})} = \frac{(61 - 19)}{(27.6 - 20.8)} = 6,176$$

$$P = \frac{(t_{2\text{в}} - t_{1\text{в}})}{(t_1 - t_2)} = \frac{(27.6 - 20.8)}{(61 - 19)} = 0,162$$

Определяем поправочный коэффициент : $\varepsilon_{\text{п}}$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

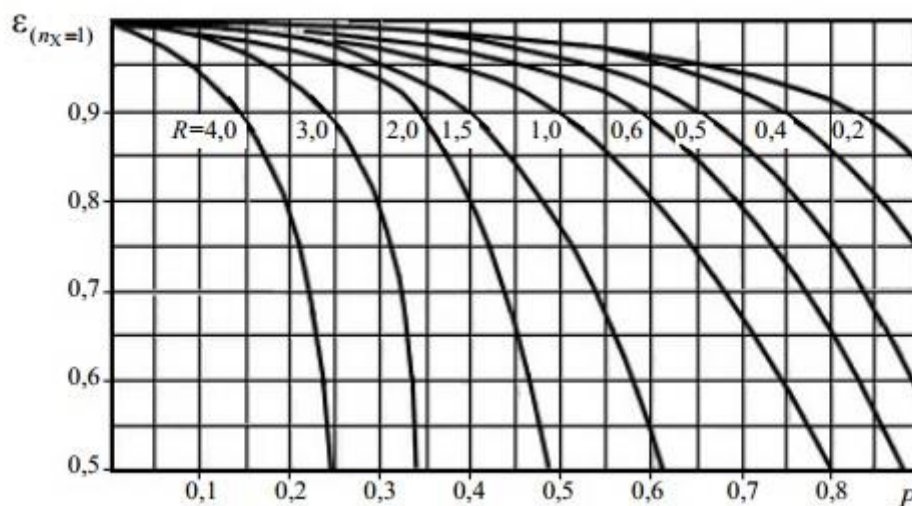


Рисунок 10. График для определения поправочного коэффициента.

Определяем поправочный коэффициент : $\varepsilon_{\text{п}} = 0.6$

Рассчитываем средняя разность температур теплоносителей по все поверхности теплообмена:

$$\Delta t_{\text{ср}} = (\varepsilon_{\text{п}} \cdot \Delta t_{\text{срПР}}) = 0,6 \cdot 20,491 = 12,295^{\circ}$$

Рассчитаем поправочную величину тепловой нагрузки:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 0,354 \cdot 421,65 \cdot 12,295 = 1,833 \text{ кВт}$$

3.3 Коэффициент теплопередачи

В общем виде коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a} + \sum \frac{1}{R_{\text{загр}}} + \frac{1}{a_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,621} + \frac{1}{0,822} + 0,63 \cdot 10^{-4}} = 0,354$$

Где:

Коэффициент теплоотдачи со стороны продукта: $\alpha = 0,822 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № дубл.
Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха: $\alpha_{\text{в}} = 0,621 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$

Сумма тепловых сопротивлений материала стенки и загрязнений со стороны продукта и воздуха:

$$\sum \frac{1}{R_{\text{загр}}} = 0,63 \cdot 10^{-4}$$

Коэффициент теплоотдачи от продукта:

Рассчитаем число Рейнольдса для определения режима движения продукта в трубах:

$$Re = \omega_{\text{п}} \frac{d_{\text{н}}}{\vartheta_{\text{в}}} = 3,858 \frac{0,027}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 6,898 \cdot 10^3$$

$$Re_{\text{уз}} = \omega_{\text{уз}} \frac{d_{\text{н}}}{\vartheta_{\text{в}}} = 9,676 \frac{0,027}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 1,746 \cdot 10^4$$

Где:

Скорость потока продукта:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{V}{F_{\text{св}} \cdot 3600} = \frac{400000}{28,8 \cdot 3600} = 3,858 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Где: площадь свободного сечения перед секциями аппарата (Табл.№4):

$$F_{\text{св}} = 28,8 \text{ м}^2$$

Скорость потока продукта в узком сечении:

$$\omega_{\text{уз}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{\eta} = \frac{3,858}{0,395} = 9,676 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Где: коэффициент сужения $\eta = 0,395$

При турбулентном режиме движения жидкости в трубах ($Re > 10000$) принято пользоваться критериальным уравнением:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Где:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
										27

Критерий Нуссельта: $Nu = \alpha \cdot \frac{d_{BH}}{\lambda}$

Критерий Прандтля: $Pr = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{5,18 \cdot 10^{-5}}{34 \cdot 10^{-3}} = 1,524 \cdot 10^{-3}$

Рассчитываем Критерий Нуссельта по критериальному уравнению:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} = 0,023 \cdot (6,898 \cdot 10^3)^{0.8} \cdot (1,524 \cdot 10^{-3})^{0.4} = 508,007$$

Выражаем коэффициент теплоотдачи от продукта:

$$\alpha = Nu \frac{\lambda}{d_{BH}} = 508,007 \cdot \frac{34 \cdot 10^{-3}}{0,027} = 0,822$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха:

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха к оребренной поверхности труб определяется по уравнению:

$$Nu = 0,223 \cdot \left(\frac{d_H}{U}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{U}\right)^{-0.14} \cdot Re_{y3}^{0.65}$$
$$= 0,223 \cdot \left(\frac{0,027}{2,5}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{0,015}{2,5}\right)^{-0.14} \cdot (1,746 \cdot 10^4)^{0.65} = 2,447 \cdot 10^3$$

Откуда:

$$\alpha_1 = 0,223 \cdot \frac{\lambda_B \cdot \left[\left(\frac{d_H}{U}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{U}\right)^{-0.14} \cdot Re_{y3}^{0.65}\right]}{U^{0.35}}$$
$$= 0,223 \cdot \frac{24,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\left(\frac{0,027}{2,5}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{0,015}{2,5}\right)^{-0.14} \cdot (1,746 \cdot 10^4)^{0.65}\right]}{2,5^{0.35}}$$
$$= 5,108$$

В полученные значения α_1 следует внести поправки на неравномерность теплоотдачи по поверхности ребра и на внешнее загрязнение:

$$\alpha_B = \alpha_1 \cdot \frac{\theta}{1 + \beta_{загр} \cdot \alpha_1 \cdot \theta} \cdot f = 5,108 \cdot \frac{0,85}{1 + 0 \cdot 5,108 \cdot 0,85} = 0,621$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

28

Где:

Экспериментально определенный коэффициент, учитывающий
неравномерность теплоотдачи на поверхности ребра: $\theta = 0,85$

Коэффициент загрязнения: $\beta_{\text{ЗАГР}} = 0$

Коэффициент, учитывающий распределение передачи тепла через поверхность
участков трубы между ребрами и через поверхность ребер:

$$f = \frac{F_{\text{Н}} + F_{\text{ТР}} \cdot E \cdot \xi}{F_{\text{Н}} + F_{\text{ТР}}} = \frac{0,085 + 1,69 \cdot 1 \cdot 0,1}{0,085 + 1,69} = 0,143$$

Где:

Коэффициент эффективности ребра, учитывающий понижение его температуры
по мере удаления от основания, определяется по графику (Рис. 11):

$$E = 0.1$$

Коэффициент, учитывающий трапецевидную форму сечения ребра,
определяется по графику (Рис. 12): $\xi = 1$

Средняя толщина ребра: $\delta_{\text{ср}} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = 0,85$

Для графического определения коэффициентов определим:

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{0,6}{1,1} = 0,545$$

$$\frac{D_{\text{Р}}}{d_{\text{Н}}} = \frac{0,057}{0,027} = 2,111$$

$$h \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_1}{\delta_{\text{ср}} \cdot \lambda}} = 0,015 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,621}{0,85 \cdot 34 \cdot 10^{-3}}} = 0,282$$

Определяем средне-логарифмический температурный напор на монограмме
(Рис. 13): $\theta_{\text{ср}} = 160 \text{ КДж.}$

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ				

Лист
29

3.4 Расчеты сопротивлений аппарата

Тепловые сопротивления:

В связи с тем, что в аппаратах воздушного охлаждения применяются биметаллические трубы, для подсчета теплового сопротивления используется величина, полученная путем условной замены биметаллической трубы с двумя слоями разных металлов трубой с одним слоем суммарной толщины с таким эквивалентным коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{ЭКВ}}$, чтобы тепловое сопротивление эквивалентного слоя было равно тепловому сопротивлению биметаллической трубы.

Определим эквивалентный коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{\text{ЭКВ}} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_{\text{ВН}}} \cdot \frac{d_{\text{ЭКВ}}}{d} + \frac{\delta_2}{\lambda_{\text{Н}}} \cdot \frac{d_{\text{ЭКВ}}}{d_{\text{Н}}}} = \frac{1,1 + 0,6}{\frac{1,1}{80 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,0238}{0,025} + \frac{0,6}{130 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,0238}{0,027}}$$

$$= 102,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Где:

Коэффициент теплопроводности материала наружной трубы:

$$\lambda_{\text{Н}} = 130 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Коэффициент теплопроводности материала внутренней трубы:

$$\lambda_{\text{ВН}} = 80 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Определим эквивалентный диаметр трубы:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{d_{\text{Н}} - d}{\ln \frac{d_{\text{Н}}}{d}} = 23,874 \text{ мм}$$

Как показывает опыт эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения, загрязнение наружной оребренной поверхности труб практически не происходит. Таким образом, тепловое сопротивление загрязнений в АВО имеет место только со стороны охлаждаемого продукта в трубах.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

30

Принимаем значение тепловых сопротивлений (Табл.5):

$$\frac{1}{R_{ст}} = 0,63 \cdot 10^{-4} \frac{м^2 \cdot C}{Вт}$$

Аэродинамические сопротивления:

В аэродинамической схеме аппарата потери обусловлены не только сопротивлением теплообменных секций, но и сопротивлением перед входом в рабочее колесо, в самом рабочем колесе, при выходе из рабочего колеса, в жалюзийных решетках. Аэродинамическое сопротивление аппарата Δp_A рассчитывается с помощью критериальной формулы.

$$Eu = 4,75 \cdot Z \cdot Re_B^{-0,285} = 4,75 \cdot 6 \cdot (1,617 \cdot 10^7)^{-0,285} = 0,251$$

$$\Delta p_A = Eu \cdot \rho \cdot \omega_{уз}^2 = 0,251 \cdot 0,737 \cdot 9,676^2 = 17,675$$

3.5 Расход электроэнергии на привод вентилятора

Аппараты воздушного охлаждения укомплектовываются электродвигателями различной мощности, выбираемыми по максимальным расчетным нагрузкам.

Мощность электродвигателя:

$$N_{дв} = \frac{N_B}{\eta_d \cdot \eta_{п}} = \frac{9,794 \cdot 10^3}{0,87 \cdot 0,97} = 1,541 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

Где: Мощность на валу вентилятора

$$N_B = \frac{V_{вен} \cdot P_B}{\eta_B} = \frac{33,3 \cdot 250}{0,64} = 1,301 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

Где:

Подача вентилятора: $V_{вен} = 33,3 \frac{м^3}{с}$

КПД вентилятора: $\eta_B = 0,64$

КПД электродвигателя: $\eta_d = 0,87$

КПД передачи: $\eta_{п} = 0,97$

Давление, создаваемое вентилятором: $P_{п} = 250 \text{ Па}$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

3.6 Технологическая схема охлаждения газа

С началом эксплуатации месторождения в результате добычи в зоне отбора газа происходит снижение пластового давления. В результате падения пластового давления уменьшается естественная энергия газа. Большинство источников природного газа находятся на значительном расстоянии от потребителей и требуют транспортировки к месту назначения, вследствие чего необходимо сообщать дополнительную энергию газу для его транспортировки по магистральным газопроводам.

Для обеспечения данного условия на газовых месторождениях устанавливаются газоперекачивающие агрегаты, предназначенные для повышения давления (компримирование) и перемещения газа.

С ростом давления повышается температура компримированного газа, что может привести к разрушению изоляционного покрытия трубопровода и недопустимым температурным напряжениям стенке трубы.

Для охлаждения газа устанавливаются аппараты воздушного охлаждения.

В настоящей дипломной работе рассмотрена модернизация системы воздушного охлаждения компримированного газа при увеличении числа газоперекачивающих агрегатов путём управляемого регулирования работы аппаратов воздушного охлаждения на кольцо и работы на охлаждения газа.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

4. Финансовый менеджмент

Данный проект представлен с целью привлечения инвестиционных средств, позволяющих реализовать его на нефтегазовых месторождениях России, в частности в Томской области путем модернизации системы воздушного охлаждения газа путём управляемого регулирования работы аппаратов на кольцо и работы на охлаждения газа.

В рамках реализации проекта предполагается: разработка, модернизация и запуск в эксплуатацию модернизированных систем. Расчет ресурсоэффективности и ресурсосбережения был произведен по учебно-методическому пособию [18].

4.1. SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

Таблица 6 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования;	Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с
	С2. Повышение степени охлаждения	помощью практических

	газа; С3. Сокращение расходов на электроэнергию; С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С5. Квалифицированный персонал.	опытов; Сл2. Допущения, производимые при расчетах; Сл3. Высокая стоимость модернизации; Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования; Сл5. Сложность модернизации;
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Повышение качества компримированного газа за счет большей степени охлаждения. В3. Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый аппарат воздушного охлаждения 2АВО - 100; В4. Получение гранта для дальнейших исследований; В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования; У2. Развитая конкуренция технологий; У3. Снижение бюджета		

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

на исследование; У4. Недостаточная точность расчетов, обусловленная упрощениями при их проведении;		
---	--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 7, 8, 9, 10.

Таблица 7. Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	+
	B2	0	+	-	-	-
	B3	-	-	-	+	+
	B4	+	-	-	-	+
	B5	-	0	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C5, B2C2, B3C5, B4C1C5.

Таблица 8. Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	+	0	+	-	-
	B4	-	-	+	-	-
	B5	-	-	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B3Сл1Сл3, B4Сл3, B5Сл3Сл5.

Таблица 9. Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
-------------------------	--	--	--	--	--	--

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	+	+	-	0
	У3	-	+	-	-	-
	У4	-	+	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С2С3, У3С2, У4С2.

Таблица 10. Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	+	+	+	0	+
	У2	-	+	+	-	+
	У3	+	+	-	-	-
	У4	+	+	-	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3Сл5, У2Сл2Сл3Сл5, У3Сл1Сл2, У4Сл1Сл2Сл5.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 11).

Таблица 11 SWOT - анализ

		Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования; С2. Повышение степени охлаждения газа; С3. Сокращение расходов на электроэнергию; С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл2. Допущения, производимые при расчетах; Сл3. Высокая стоимость модернизации; Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных
--	--	---	---

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

		кадров по работе с результатами исследования; Сл5. Сложность модернизации.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Повышение качества компримированного газа за счет большей степени охлаждения. В3 Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый аппарат воздушного охлаждения 2АВО - 100; В4. Получение гранта для дальнейших исследований; В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1С5 – использование инновационной инфраструктуры ТПУ для проведения научного исследования предполагает возможности для реализации бюджетного финансирования с вовлечением квалифицированного персонала; В2С2 - Повышение степени охлаждения газа подразумевает улучшение эксплуатационных свойств и качества компримированного газа. В3С5 - Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим аппарат воздушного охлаждения, подразумевает обслуживание данного аппарата квалифицированным персоналом. В4С1С5 – Наличие бюджетного финансирования, как и высокая квалификация персонала, увеличивает возможности получения гранта;	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В3Сл1Сл3 – предприятие-изготовитель, возможно, не будет заинтересовано в сотрудничестве по поиску решений, не имеющих возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов и при этом могут быть не готовы к крупным капиталовложениям ; В4Сл3 – без получения гранта на дальнейшие исследования ввиду высокой стоимости модернизации технического процесса дальнейшие исследования становятся крайне затруднительными. В5Сл3Сл5 – так как модернизация данного технического процесса

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

37

		сложна и крайне затратная, то ценообразование на конкурентные исследования могут варьироваться в широких пределах.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования; У2. Развитая конкуренция технологий; У3. Снижение бюджета на исследование; У4. Недостаточная точность расчетов, обусловленная упрощениями при их проведении;	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У2С2С3 – конкурентные исследования могут обладать более точными данными о температуре газа при завершении процесса охлаждения и энергосбережению технологии; У3С2 – при недостатке финансирования, получить необходимую степень охлаждения газа не представляется возможным. У4С2 – при проведении расчета степени охлаждения газа производились допущения и упрощения, что снижает точность расчетов.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1Сл1Сл2Сл3 – отсутствие спроса на результаты исследования может быть обусловлено влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также крупные капиталовложения и отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов, а также сложность модернизации технологии. У2Сл2Сл3Сл5 – конкурентные исследования могут быть проведены с более высокой точностью и более

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

		глубоким анализом, также потребитель привык доверять уже известным предприятиям занимающимся данной деятельностью; У3Сл1Сл2 – снижение бюджета может быть обусловлено недостаточностью анализа проблемы; У4Сл1Сл2Сл5 – недостаточная точность расчетов может быть обусловлена влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также сложностью модернизации системы.
--	--	--

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

39

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 12.

Таблица 12. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник
Теоретические и расчетные исследования	5	Поиск необходимых технических решений для усовершенствования системы охлаждения	Дипломник
	6	Проведение расчетов по подбору и расчетов эксплуатационных характеристик аппарата воздушного охлаждения	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

40

Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник
---	---	-----------------------------------	-------------------------

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Таблица 13. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел - дни	t_{max} , чел - дни	$t_{ож}$, чел - дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руков.	2	3
Выбор направления исследования	6	10	7,6	Руков.	8	12
Подбор и изучение литературы по теме	7	14	9,8	Дипл.	10	15
Календарное планирование работ по теме	1	2	2	Руков. дипл.	1	2
Поиск необходимых технических решений для усовершенствования системы охлаждения	15	20	17	Дипл.	17	25
Проведение расчетов по подбору и расчетов эксплуатационных характеристик аппарата воздушного охлаждения	5	10	7	Дипл.	7	10

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Оценка результатов исследования	2	5	3,2	Руков. дипл.	3	4
Составление пояснительной записки	5	10	7	Руков. дипл.	7	10

На основе таблицы 14 строим план-график

Таблица 14 Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составлени е ТЗ	Руков.	3												
2	Выбор направлени я	Руков.	12												
3	Изучение литературы	Дипл.	15												
4	Планирован ие работ	Руков. дипл.	2												
5	Поиск технически х решений	Дипл.	25												
6	Проведение расчетов	Дипл.	10												
7	Оценка результатов	Руков. дипл.	4												
8	Пояснитель ная записка	Руков.д ипл.	10												

■ - руководитель, □ - дипломник.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

4.3. Бюджет научно-технического исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
										46

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 15.

Таблица 15. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.
Аппарат воздушного охлаждения	Шт.	9	6500000
Шаровый кран	Шт.	12	300000
Газовые трубы	Т.	100	30000
Прочие затраты			6500000
Итого			13330000

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № докл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению.

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 16.

Таблица 16. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1,8	3,489	6,28

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

2	Выбор направления исследования	Руководитель	7,6	3,489	26,51
3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник	9,8	0,185	1,813
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	2	3,674	7,348
5	Поиск необходимых технических решений для усовершенствования конструкции подшипников	Дипломник	17	0,185	3,145
6	Проведение расчетов толщины масляного слоя в подшипниках центробежного компрессора, обеспечивающей их работу в режиме жидкостного трения	Дипломник	7	0,185	1,295
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник	3,2	3,674	11,75
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник	7	3,674	25,71

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Итого	83,85
-------	-------

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

$$З_{доп} = 0,15 * З_{осн}.$$

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M * M}{F_d},$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 17. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Инв. № инв.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Количество нерабочих дней		
- выходные	104	104
- праздничные	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 18. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33162,87	0,3	0,4	1,3	73289,94	3830,23	21	80434,8
Дипломник	5707,81	0	0	1,3	7420,23	353,34	45	15900,5
Итого $З_{\text{осн}}$								96335,3

4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.15 \cdot 80434,8 = 12065$$

Расчет дополнительной заработной платы дипломнику:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.15 \cdot 15900,5 = 2385$$

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ				
------------------------	--	--	--	--

Лист
52

Таблица 19. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
	Исп. 1	
Руководитель	80434,8	12065
Дипломник	15900,5	2385
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	30022,8	

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = 140808,1 \cdot 0,16 = 22529,34$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

53

качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Таблица 20. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
	Исп. 1	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	96335,3	
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14450,3	15% от 1
3. Отчисления во внебюджетные фонды	30022,8	27,1% от суммы 1-2
4. Накладные расходы	22529,34	16% от суммы 1-3
5. Бюджет затрат НТИ	163337,7	Сумма ст. 1-4

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

5. Социальная ответственность

Введение

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности.

Разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

В качестве персонала рассматривается машинист технологических компрессоров. Рабочим местом машиниста является машинный зал. Работа выполняет в основном стоя. Следит за показаниями приборов на пульте управления, осуществляет контроль за технологическим процессом, поддерживает в рабочем состоянии компрессорную установку. Регламентированные перерывы – 3% от рабочего времени.

В обязанности машиниста входит участие в подготовительных работах к пуску компрессорной установки, принятие первоначальных мер по ликвидации аварий и пожаров, проверка состояния отдельных механизмов и компрессорной установки в целом, заправка смазочных масел в двигатель и компрессор, поддержание компрессорной установки в чистоте.

Так же он должен знать правила эксплуатации и ремонта грузоподъемного оборудования и механизмов. Правила эксплуатации и ремонта сосудов, работающих под давлением. Правила безопасности при эксплуатации и ремонте нефтепромыслового оборудования.

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на машиниста технологических компрессоров на рабочем месте.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

5.1 Анализ вредных факторов производственной среды.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ можно выделить следующие вредные факторы производственной среды на газоперекачивающей станции при работе с аппаратом воздушного охлаждения:

- Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- Повышенный уровень вибрации;
- Вредные вещества;
- Неблагоприятные условия микроклимата.

Вредные вещества:

- Природный газ

Природный газ добывается на газовых месторождениях или попутно с нефтью и конденсатом на газонефтяных, газоконденсатных или газоконденсатонефтяных месторождениях.

Сжимается и перекачивается с помощью нагнетателя НЦ-6-ДКС. При среднем и капитальном ремонте с целью заменить подшипниковый узел необходимо производить разгерметизацию рабочей зоны компрессора с неискалеченной возможностью выхода газа.

Газ имеет следующие свойства:

Плотность газа – 0.994 кг/м^3 ;

Среднепластовое давление – $191,5 \text{ кгс/см}^2$

Потенциальное содержание тяжелых углеводородов – 60 г/м^3

Газ не имеет цвета, запаха, легче воздуха.

Относятся к веществам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007

Теплота сгорания и плотность газа в основном зависит от содержания метана (CH_4). В зависимости от месторождения содержание его в природном газе колеблется в пределах 80-95%.

Метан не ядовит, но при недостатке в воздухе рабочей зоны кислорода и при длительном вдыхании он вызывает удушье.

Погибнуть человеку в воздухе, с высокой концентрацией метана можно только от недостатка кислорода в воздухе для дыхания при очень высоких

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

56

концентрациях метана. При содержании в воздухе 25—30 % метана появляются первые признаки асфиксии (учащение пульса, увеличение объема дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений и т. д.). Более высокие концентрации метана в воздухе вызывают у человека кислородное голодание — головную боль, одышку, — симптомы, характерные для горной болезни.

Непосредственными источниками шума и вибрации являются аппарат воздушного охлаждения (осевой вентилятор и привод) и газоперекачивающий агрегат. В зависимости от мощности привода частота вращения вентилятора может достигать 7000 об/мин и более, что значительно повышает шум подшипниковых узлов.

В зависимости от длительного и интенсивного воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию человека, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям.

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям. При большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха, характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума составляет 80 дБ. Однако при работе аппарата воздушного охлаждения уровень шума может достигать 120 дБ.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Предлагаемые средства защиты:

- согласно ГОСТ 12.1.029-80 внутреннюю часть стен блока, где находится АВО, можно покрыть шумопоглощающей изоляцией. Также возможно применение звукоизолирующего кожуха непосредственно в блоке, где установлен АВО;
- в качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противοшумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противοшумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Наличие даже минимального дисбаланса в технической системе многократно преумножается в сильные вибрации, которые воздействуют на машинистов, работающих в непосредственной близости от АВО.

Воздействие вибрации приводит к ухудшению состояния здоровья работников, в том числе к профессиональным заболеваниям (вибрационной болезни), а также к значительному снижению комфортности условий труда.

Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям. При большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха, характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Таблица 21. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Машинный зал компрессорной установки	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Основные источники нормативных и законодательных документов

- ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
- ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования
- ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования.
- ГОСТ 12.0.004. Безопасность труда при работе с нефтепродуктами.
- ГОСТ 12.1.018. Электростатическая искробезопасность.

5.2 Анализ опасных факторов производственной среды.

К опасным факторам относятся следующие:

- повышенная температура корпуса АВО;
- пожароопасность;

Аппарат воздушного охлаждения – это система теплообменного устройства, специализирующаяся на охлаждении жидкостей и газа. Газ при смешении с воздухом образует взрывоопасную смесь.

В АВО основным рабочим органом является вентилятор, частота вращения которого достигает 7000 об/мин. При несвоевременном обслуживании агрегата возможны повреждения вентилятора, повреждение агрегата и травмирование человека. В качестве средств защиты необходимо использовать защитные экраны, закрывающие непосредственно блок АВО по ГОСТ 12.2.062-81.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

Маслосистема представлена совокупностью трубопроводов, окутывающих ГПА. Контакт с системой при работающей установке может привести к ожогам различной степени, в зависимости от времени контакта и температуры. В качестве средства защиты необходимо использовать термостойкие перчатки.

Причиной пожара может стать утечка газа, который охлаждается в АВО. В качестве меры профилактики должны использоваться системы контроля загазованности. На компрессорной станции должна предусматриваться система пенного пожаротушения, состоящая из резервуара с водой, насосной станции, сети пенных трубопроводов. Также должен быть противопожарный трубопровод с установленными гидрантами. Обязательно наличие огнетушителей на территории компрессорной станции.

5.3 Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны

При строительстве дожимных компрессорных станций, в которых для охлаждения и конденсации газа используются аппараты воздушного охлаждения, учитываются нормы санитарно-защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03; для снижения неблагоприятного воздействия на организм человека и на окружающую среду для станции данная зона составляет 500м.

Воздействие на атмосферу

АВО использует в качестве охлаждаемых продуктов природный газ, который представляет собой смесь продуктов сгорания с избыточным горением. В общем случае продукты сгорания могут содержать:

- продукты полного сгорания горючих компонентов топлива;
- компоненты неполного сгорания топлива;
- окислы азота.

Выхлопные газы, загрязняют атмосферу. Частицы, содержащиеся в выхлопном газе, наносят вред здоровью человека, попадая в органы дыхания. Для снижения концентрации вредных веществ выхлопных газов необходима

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

более тщательная подготовка топливного газа, для снижения содержания механических примесей.

Воздействие на литосферу

Работа АВО подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом черный и цветной, фторопласт, прочий бытовой и технический мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.

Решения по обеспечению экологической безопасности:

- При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.

Работающие с нефтью и нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

- При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам.

- Для предотвращения загрязнения окружающей среды углеводородами, уменьшения пожарной опасности и улучшения условий труда рекомендуются системы размыва и предотвращения накопления осадков в резервуарах, установки герметичного налива и слива, стационарные шланговые устройства, системы автоматизации процессов сливно-наливных операций.

- Режим слива и налива нефтепродуктов, конструкция и условия эксплуатации средств хранения и транспортирования должны удовлетворять требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018.

- Устройства полигонов твердых бытовых отходов должны организовываться в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные ЧС на объекте:

- аварийная остановка при превышении частоты вращения вентилятора;
- аварийная остановка при превышении температуры в рабочей камере;
- нарушение рабочего режима охлаждения;
- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;
- появление открытого огня;
- перегрузка электроприборов.

Наиболее типичной ЧС является нарушение рабочего режима охлаждения.

Для предотвращения нарушения рабочего режима охлаждения снабжена средствами измерения и контроля, имеет защитные блокировки, обеспечивающие отключение агрегата при нарушении рабочего режима охлаждения. Большая часть защитных систем выведена щит контроля, который размещен в отсеке компрессора газоперекачивающего агрегата.

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС необходимо выполнение регламентированных мер по подготовке и включению привода вентилятора работу. После прогрева газа включаются валоповоротные устройства, регулируется давление в агрегате сбросным клапаном, проверяются защиты и блокировки.

При возникновении аварийной ситуации в аппарате воздушного охлаждения и невозможности восстановления режима необходимо произвести разгрузку секции теплообмена и отключение АВО. Причинами повышения температуры могут быть нарушение работы теплообменной секции по причине их завоздушивания.

Компрессорная станция является объектом повышенной опасности для всего персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты предприятия, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № инв.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях (учебных центрах), имеющих соответствующую лицензию.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Заключение

В настоящей дипломной работе были освещены разновидности аппаратов воздушного охлаждения и рассмотрены основные элементы конструкции данных аппаратов.

В расчётно-конструкторской части были произведены расчеты теплового баланса для определения величины теплонапряженности аппарата и основного уравнения теплопередачи для выявления необходимой площади поверхности теплообмена по заданным параметрам, а также расчеты тепловых и аэродинамических сопротивлений аппарата и расчет электроэнергии на привод вентилятора.

Так как аппараты воздушного охлаждения разработаны для определенных эксплуатационных условий, то по рассчитанным параметрам был подобран необходимый аппарат воздушного охлаждения: 2АВГ – 100.

Результатом проведения данной работы стала разработанная система воздушного охлаждения газа на компрессорной станции при увеличении количества газоперекачивающих агрегатов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ					Лист
										65

Список литературы

1. Алимов С. В., Лифанов В. А., Миатов О.Л. Аппараты воздушного охлаждения газа: опыт эксплуатации и пути совершенствования // Газовая промышленность. 2006. №6. С.54-57.
2. Сидягин А.А., Расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения: учеб. пособие/ А.А. Сидягин, В.М. Косырев. – Н.Новгород: НГТУ, 2009. – 150 с.
3. Леонтьев А.П., Беев Э.А., Расчет аппаратов воздушного охлаждения: учеб. пособие/ Леонтьев А.П., Беев Э.А – Тюмень: ТГНУ, 2000. - 74с.
4. Степанов. О.А. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения: учеб. пособие / Степанов О.А - Тюмень: РИО ГОУ ВПО ТюмГАСУ, 2009. – 41 с.
5. Справочник по теплообменникам. В 2 т. Т.2 / Пер. с англ. под ред. О.Г.Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с
6. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения/ Под ред. В.Б.Кунтыша, А.Н.Бесонного. - СПб.: Недра, 1996. – 510 с.
7. Аршакян И. И., Тримбач А.А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа / Газовая промышленность. 2006. №12. С. 52-55.
8. ГОСТ Р 51364 – 99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия.
9. ГОСТ 5542-87. «Газы горючие природные для промышленного и коммунально - бытового назначения» .
10. ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности».
11. ГОСТ 12.1.012-2004. «Вибрация. Общие требования безопасности».
12. СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».
13. СТО Газпром 2-1.19-332-2009. Технические нормативы выбросов. Газоперекачивающие агрегаты ОАО «Газпром».

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ

14. Дунаев В.Ф. Экономика предприятий нефтяной и газовой промышленности. - М.: Нефть и газ». 2006. - 352 с.
15. Артюхов И.И. Моделирование динамических режимов АВО предприятий подготовки и транспорта газа И.. Артюхов, И.. Долотовский, Н. Долотовская / Актуальные вопросы промышленной теплоэнергетики и энергосбережения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2004, С. 91-98. (стр. 22).
16. Асланян Г.С., Молодцов С.Д., Соловьянов А.А, Энергосбережение как важнейший компонент природоохранной политики // Теплоэнергетика. – 1998 - №1. – С. 76-80.
17. Бессонный А.Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш, А.Э. Пиир и др.; под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.Н. Бессонного. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.
18. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КТПМ–16/22.00.00.00 ПЗ	Лист 67
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение

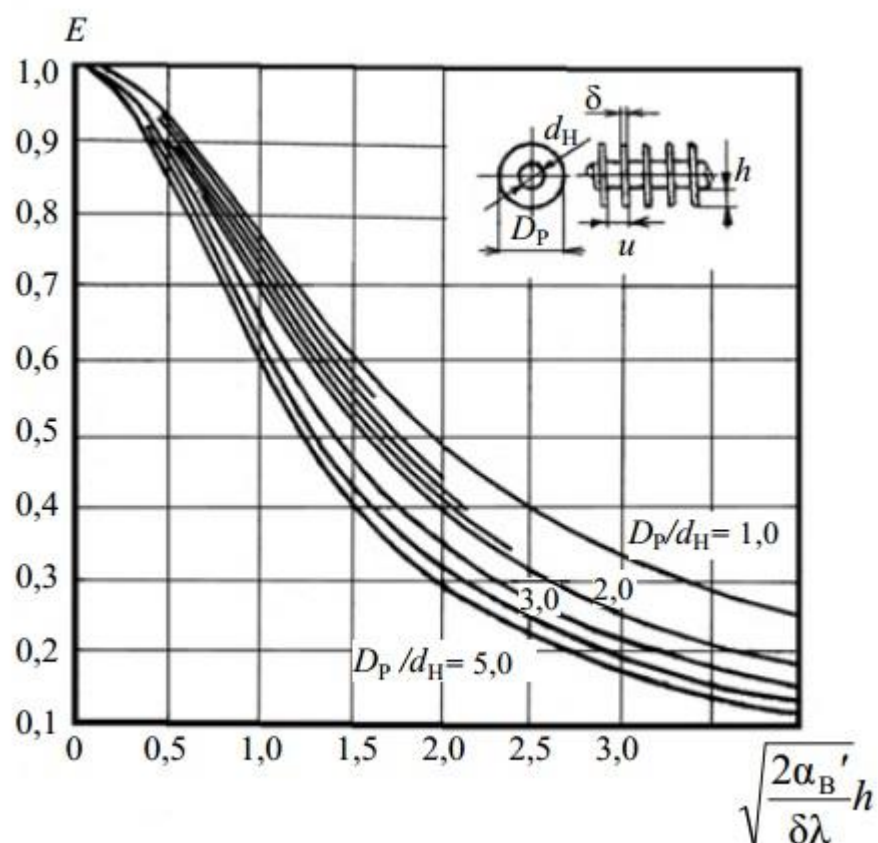


Рис 11. Коэффициент эффективности для круглых ребер

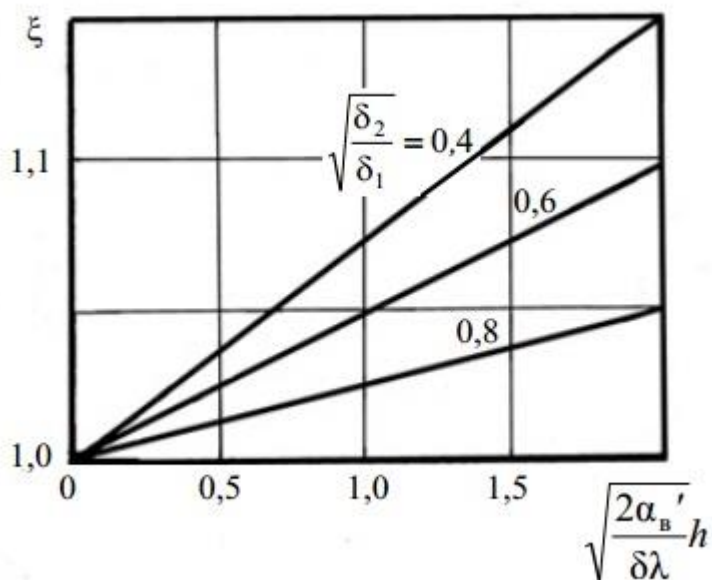


Рис 12. Коэффициент ξ , учитывающий изменение толщины трапецевидных ребер

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

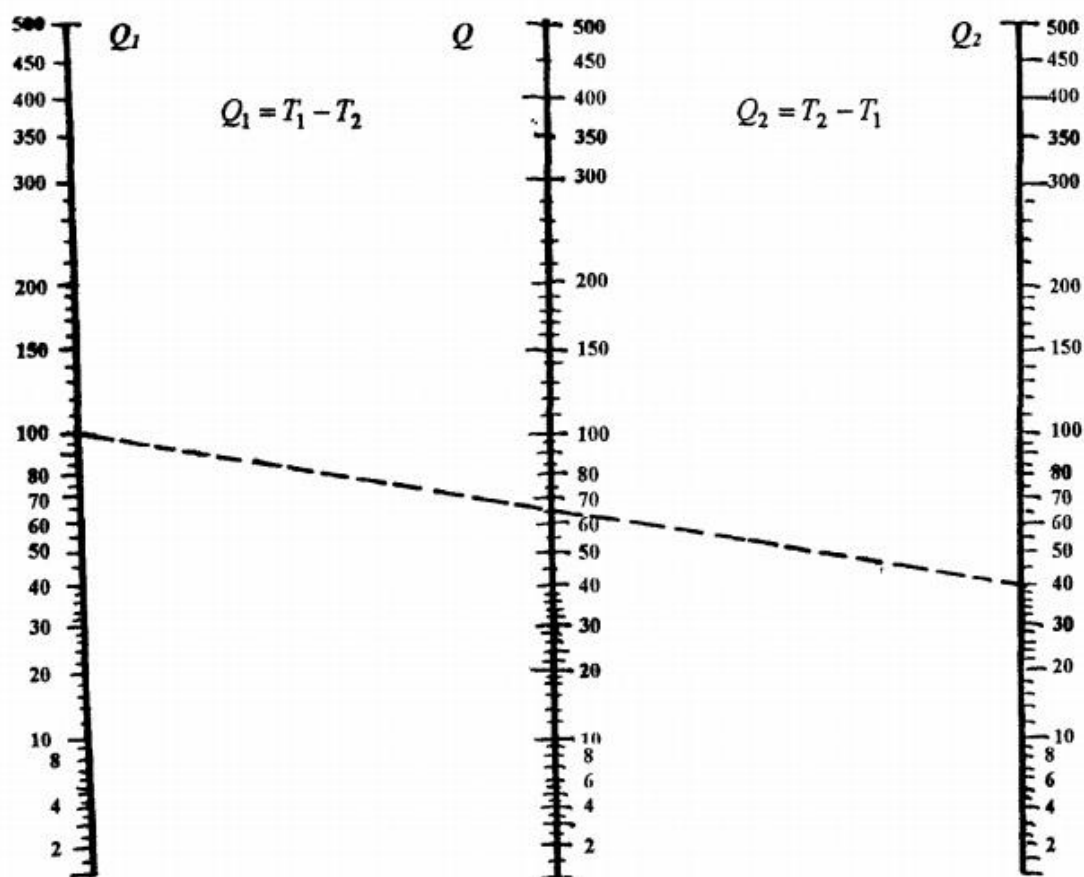


Рис 13. Среднелогарифмический температурный напор

Таблица 1. Основные параметры оребренной трубы

Параметр	Коэффициент оребрения		
	$\phi = 9$	$\phi = 14,6$	$\phi = 20$
Диаметр трубы у основания ребер, d_H , мм	28	28	27
Диаметр основной трубы (для биметаллических), d , мм	25	25	25
Внутренний диаметр трубы биметаллической, d_{BH} , мм	21	21	21
Внутренний диаметр трубы монометаллической, d_{BH} , мм	22	22	22
Шаг ребер, u , мм	3,5	3	2,5
Количество ребер на 1 м трубы	286 ± 5	333 ± 5	400 ± 5
Высота ребер, h , мм	10,5	14,0	15,0
Толщина ребер в верхней части (у торца), δ_1 , мм	0,6	0,6	0,6
Толщина ребер у основания, δ_2 , мм	1,1	1,1	1,1
Диаметр ребер, D_p , мм	49,0	56,0	57,0
Площадь теплообмена 1 м трубы, m^2 :			
по оребрению, F_{TP}	0,792	1,284	1,69
по неоребренной поверхности, F_H	0,088	0,088	0,085

Таблица 2. Некоторые значения тепловой напряженности в АВО

1	2	3	4
12.	Конденсация и охлаждение толуола	6700	62
13.	Охлаждение ароматических углеродов	8800	84
14.	Охлаждение газопродуктовой смеси	4300	98
15.	Охлаждение паровой смеси	5600	91
16.	Охлаждение парогазовой смеси	7500	168
17.	Конденсация и охлаждение паров бензина, газа C ₄ и водяного пара	7200	156
18.	Охлаждение дизельного топлива	4400	93
19.	Охлаждение керосина	5300	92
20.	Конденсация и охлаждение растворителя	4600 ÷ 5600	135 ÷ 172
21.	Конденсация и охлаждение бензина	5300 ÷ 5500	147 ÷ 154
22.	Охлаждение бензина	6600	168
23.	Конденсация и охлаждение водяного пара	6500	197
24.	Охлаждение средней фракции установки азеотропной перегонки	4600	130
25.	Конденсация и охлаждение азеотропной смеси	8000	248
26.	Конденсация и охлаждение метанола	8400	239
27.	Конденсация и охлаждение бензино - лигроиновой фракции	5800	133
28.	Конденсация и охлаждение ацетона - толуольной смеси	4800	138

Таблица 3. Параметры некоторых АВО специального назначения.

Тип аппарата	2АВГ-75	2АВГ-100	АВГ-160	АВГ-320
Коэффициент оребрения труб	20	20	14,6	14,6
Давление условное, МПа	7,5	10	до 17	32
Число секций	3	3	4	4
Количество рядов труб	6	6	6	8
Число ходов по трубам	1	1	3	4
Количество труб	528	528	208	252
Длина труб, м	12	12	8	8
Диаметр колеса вентилятора, м	5	5	2,8	2,8
Тип двигателя для вентилятора	ВАСО-16-14-24	ВАСО-16-14-24	ВАСО-37	ВАСО-37
Мощность двигателя, кВт	37	37	37	37
Количество вентиляторов	2	2	4	4
Наружная поверхность труб (по оребрению), м ²	9 930	9 930	7 920	9 600
Назначение	Охлаждение газа на компрессорных станциях и магистральных трубопроводах		Охлаждение природного газа и конденсация углеводородов	Охлаждение продукта в агрегате синтеза метанола

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

КТПМ-16/22.00.00.00 ПЗ

Лист

70

Ли Изм. № докум. Подп. Дата

Таблица 4. Средняя температура в различных регионах России.

Город	Январь		Июль		Город	Январь		Июль	
	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$		$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$
Россия					Псков	-7,1	86	17,5	72
Архангельск	-13,3	88	15,3	79	Ростов н/Д	-6,1	89	23,7	59
Благовещенск	-24,2	78	21,2	72	С.Петербург	-7,7	87	17,5	69
Владивосток	-13,7	74	20,6	77	Саратов	-11,3	84	23,1	53
Волгоград	-9,9	85	24,7	50	Смоленск	-8,4	88	17,6	78
Вологда	-12,0	85	17,6	70	Тамбов	-11,1	88	20,0	68
Воронеж	-9,8	90	20,6	62	Томск	-19,4	82	18,8	76
Грозный	-4,9	93	23,9	70	Уфа	-15,0	86	19,4	67
Екатеринбург	-16,2	84	17,2	70	Чита	-27,4	82	18,7	65
Иваново	-12,0	90	18,8	71	Страны ближнего зарубежья				
Иркутск	-20,9	85	17,2	72	Алматы	-8,6	87	22,1	56
Казань	-13,6	86	19,9	63	Астана	-17,0	85	20,3	59
Калуга	-9,7	89	18,4	68	Ашхабад	-0,4	86	29,6	41
Киров	-15,1	86	18,1	71	Баку	3,4	82	25,3	65
Краснодар	-2,1	90	23,7	67	Ереван	-5,8	89	25,0	50
Красноярск	-18,2	81	19,3	72	Киев	-6,0	89	19,3	69
Курск	-9,3	88	19,4	67	Кировоград	-5,8	88	20,9	60
Москва	-10,8	88	18,0	70	Кутаиси	-4,4	75	23,8	73
Новгород	-8,4	88	17,6	78	Минск	-6,8	88	17,5	78
Н. Новгород	-12,2	89	19,4	68	Николаев	-4,0	88	23,1	68
Новороссийск	-2,0	75	23,6	68	Одесса	-3,1	88	22,6	61
Новосибирск	-19,3	83	18,7	59	Севастополь	2,0	83	23,3	68
Омск	-19,6	85	19,1	70	Ташкент	-1,3	81	26,8	46
Орел	-9,5	92	18,6	77	Тбилиси	-0,1	80	24,6	51
Пенза	-12,5	85	20,0	66	Уральск	-14,0	85	23,5	47
Пермь	-16,0	84	18,0	72	Харьков	-7,7	88	20,3	65

Таблица 5. Площадь свободного сечения перед секциями аппарата

Тип аппарата	Длина трубы, м	Площадь свободного сечения, $F_{\text{св}}, \text{м}^2$	
		при $\varphi=9$	при $\varphi=14,6$
АВМ	1,5	1,73	1,65
	3	3,46	3,3
АВГ	4	14,65	14,6
	8	30,2	30,0
АВЗ	6	43,8	42,6

Таблица 6. Тепловые сопротивления оребренной трубы

Материал внутренней трубы	Тепловое сопротивление, $1/\Gamma_{\text{ср}} 10^4, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
Сталь 10 и 20	0,63
12Х18Н10Т	1,86
Латунь	0,40
Алюминий	0,25