

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»

Факультет Машиностроения

Кафедра «Гидравлика и гидропневмосистемы»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, (должность)

_____ /
_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ / Е.К. Спиридонов
_____ 2020 г.

Разработка принципиальной схемы стенда
испытаний холодильных машин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУРГУ-15.03.02.2020.336 ПЗ ВКР

Руководитель,
_____ / К.К. Лайко
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-457
_____ / Д.Д. Михайлов
_____ 2020 г.

Нормоконтролер, доцент
_____ / А.В. Подзерко
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

Аннотация

Михайлов Д.Д. Разработка принципиальной схемы стенда испытаний холодильных машин. – Челябинск: ЮУрГУ, МС; 2020, 76с. 42ил., библиогр. список – 19 наим., 1 прил., 3 листа чертежей ф. А1

После анализа рынка холодильных машин, изучения методов испытания по ГОСТ 28564-90 и возможности реализации холодильной установки на Челябинском компрессорном заводе, подобран метод испытания холодильной машины.

Для построения пневмогидравлической схемы была использована программа Kompas 3D.

На базе подобранной схемы была разработана принципиальная схема по испытанию холодильных установок.

Создание холодильных машин на территории Челябинска позволит отказаться от импорта, который составляет 95, а то и 100% и повысить уровень внутреннего производства, а также экономику страны.

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Оглавление

Введение.....	7
Актуальность проекта.....	7
Глава 1 Состояние рынка холодильных машин.....	9
1.1 Обзор экономических показателей рынка.....	9
1.2 Преобладающие типы холодильных машин и краткая характеристика (классификация)	16
Выводы по первой главе.....	21
Глава 2. Устройство и принцип работы холодильных машин	22
2.1 Конструкция и принцип действия винтового компрессора	22
2.2 Конструкция и принцип действия винтовой холодильной установки ..	24
2.3 Основные элементы холодильной установки	27
2.3.1 Электронный расширительный вентиль.....	27
2.3.2 Испаритель.....	28
2.3.3 Экономайзер	29
2.3.4 Фильтр типа DCR.....	30
2.3.5 Фильтр типа DAS 307	30
2.3.6 Регулятор давления в ресивере типа KVD	31
2.3.7 Клапан предохранительный FP-SV-038	32
2.3.8 Сервоприводный вентиль с пилотным управлением типа ICS	33
2.3.9 Электромагнитный клапан EVR 10.....	35
2.3.10 Терморегулирующий вентиль TPB TE 5	36
2.3.11 Смотровое стекло	37
2.3.12 Вентиль ROTALOCK FP-RV	38
2.3.13 Обратно-запорный клапан SCA-X 40	39
2.3.14 Обратный клапан типа NRVA	39
2.3.15 Обратный клапан типа NRVN	40
2.3.16 Ресивер	40
§4 Основные требования и характеристики, предъявляемые к холодильной машине	40
Выводы по второй главе.....	42
Глава 3. Обзор методов и разработка схемы стенда.....	43
3.1 Основные контролируемые параметры.....	43

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

3.2 Общие правила проведения испытаний	46
3.3 Классификация основных методов испытаний	49
3.3.1. Метод А Одноступенчатая машина без регенеративного теплообменника.....	49
3.3.2. Метод В Одноступенчатая машина с регенеративным теплообменником.....	51
3.3.3. Метод С Одноступенчатая машина с промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара	54
3.3.4. Методы D1, D2 Двухступенчатая машина с частичным промежуточным охлаждением пара.....	56
3.3.5. Метод D3 Двухступенчатая машина с частичным и промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара	58
3.3.6. Метод Е Двухступенчатая машина с полным промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара	59
3.3.7. Метод F Двухступенчатая машина с двухступенчатым дросселированием и промежуточным подводом пара.....	61
3.3.8. Метод G Двухступенчатая машина с полным промежуточным охлаждением жидкости с двухступенчатым дросселированием	63
3.4 Обобщение стандартно контролируемых параметров.....	64
3.5 Разработка схемы испытательного стенда	70
Выводы по третьей главе.....	72
Заключение:	73
Библиографический список	75

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

Проблема технологического отставания России сформировалась не сегодня, а на протяжении двух последних десятилетий. Одним из свидетельств нашей технологической зависимости от стран Запада является то обстоятельство, что в товарной структуре импорта из стран дальнего зарубежья на долю машин и оборудования приходится свыше 50%. Взятый США курс на изоляцию России – ограничение ее доступа к мировым рынкам, технологиям, финансовым ресурсам, а также большая вероятность дальнейшего расширения такого рода санкций могут привести к тому, что технологическое отставание России от западных стран будет нарастать. Для преодоления технологической зависимости для нас жизненно важна последовательная политика импортозамещения.

На данный момент потребности российского рынка покрываются в основном за счет увеличения объемов ввоза зарубежной техники. Доля импорта в различных сегментах варьируется от 95 до 100%, а в целом в соответствии по оценкам Федеральной таможенной службы по итогам 2019 года на долю зарубежных поставок пришлось 100 % российского рынка компрессоров для холодильного оборудования. Так, по итогам 2019 года по сведениям ФТС, доля немецких компрессоров, как страны-производителя, составила 60%. На втором месте закрепились Япония, доля которой составила 40%. Бесспорным лидером среди ввозимых марок являются марки “Bitzer”, “GEA Grasso” из Германии. Экспорт холодильных компрессоров из России за тот же период составлял 1,6 млрд. рублей. Основным адресатом российского экспорта являлся Казахстан. Оценивая перспективы рынка холодильных компрессоров в целом, и сегмента винтовых компрессоров в частности, эксперты рынка отмечают, что рынок в конце 2019 года развивающийся.

Спрос на холодильные компрессора в ближайшее время будет поддерживаться:

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

ГЛАВА 1 Состояние рынка холодильных машин

1.1 Обзор экономических показателей рынка

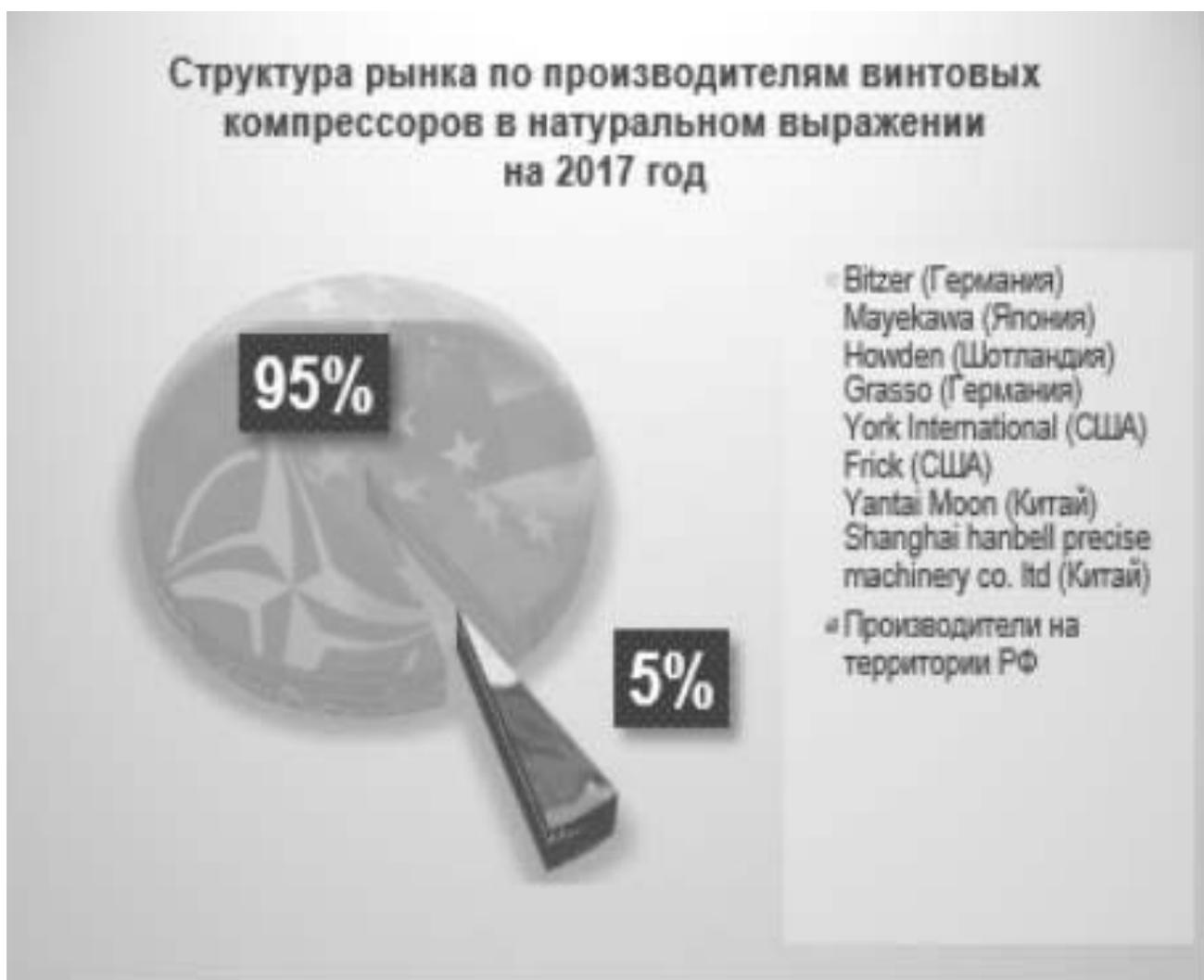


Рисунок 1- Структура рынка по производителям винтовых компрессоров на 2017 год

Рассмотрев эту диаграмму, мы видим, что на рынке холодильного оборудования на 2017 год, происходит явное превосходство производителей стран запада. Страны СНГ на сегодняшний день не могут навязать конкуренции.

График. Темпы роста основных показателей рынка холодильных компрессоров в 2015-2019 гг.

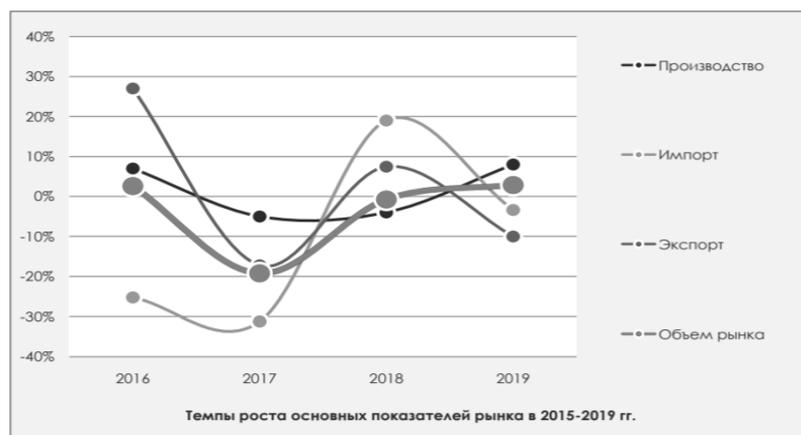


Рисунок 2- темпы роста основных показателей рынка

С помощью точечной диаграммы мы рассмотрели темпы роста основных показателей рынка в период с 2015 года по 2019. Благодаря этой диаграмме мы обнаружили, что темп роста в России положительный. К 2019 году Россия уменьшила объемы импорта, объемы рынка начали увеличиваться, начали больше развивать внутреннее производство.



Рисунок 3- Сальдо торгового баланса рынка в России

К 2019 году разница между экспортом и импортом начала приближаться к некому равновесию.



Рисунок 4- Динамика объемов производства

С 2018 года динамика объемов производства в России начала расти в положительном русле, увеличивая каждый год процент производства по сравнению с предыдущим годом, увеличившись сначала на 17,5 %, а в 2019 году еще на 6,5 %

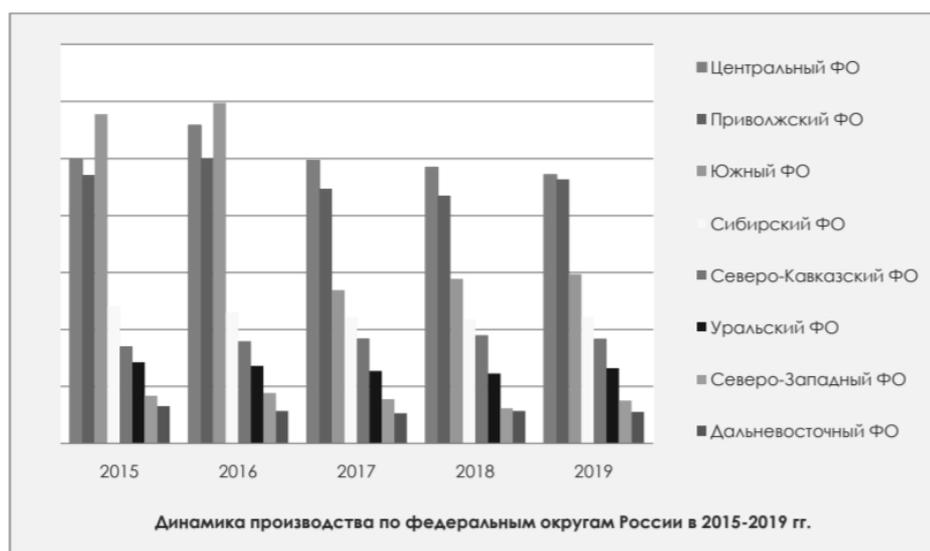


Рисунок 5- Динамика производства по ФО России

На рынке холодильных компрессоров объем производства изготавливаемой продукции на территории РФ в 2017 году оказался на отметке 179 шт. Ключевым округом, в котором зафиксирован наибольший объем производства, стал Центральный ФО, его доля оценивалась в 66,5%

11. Маркетинговые и исследовательские отчеты от Tebiz group – одной из ведущих компаний на рынке готовых маркетинговых исследований:
<https://tebiz.ru/mi/rynok-kholodilnykh-kompressorov-v-rossii>.

- На протяжении 2015-2019 гг. на рынке холодильных компрессоров импортные поставки демонстрировали рост. К концу периода они достигли 329,57 млн.долл, увеличившись на 23,98% в сравнении с 2015 годом.
- Наиболее существенный рост ввоза товара в Россию был зафиксирован в 2017 году, объем операций увеличился на 9,43% по отношению к предыдущему году (с 280,05 до 306,46 млн.долл)

Структура ведущих стран-отправителей холодильных компрессоров в Россию за 2019

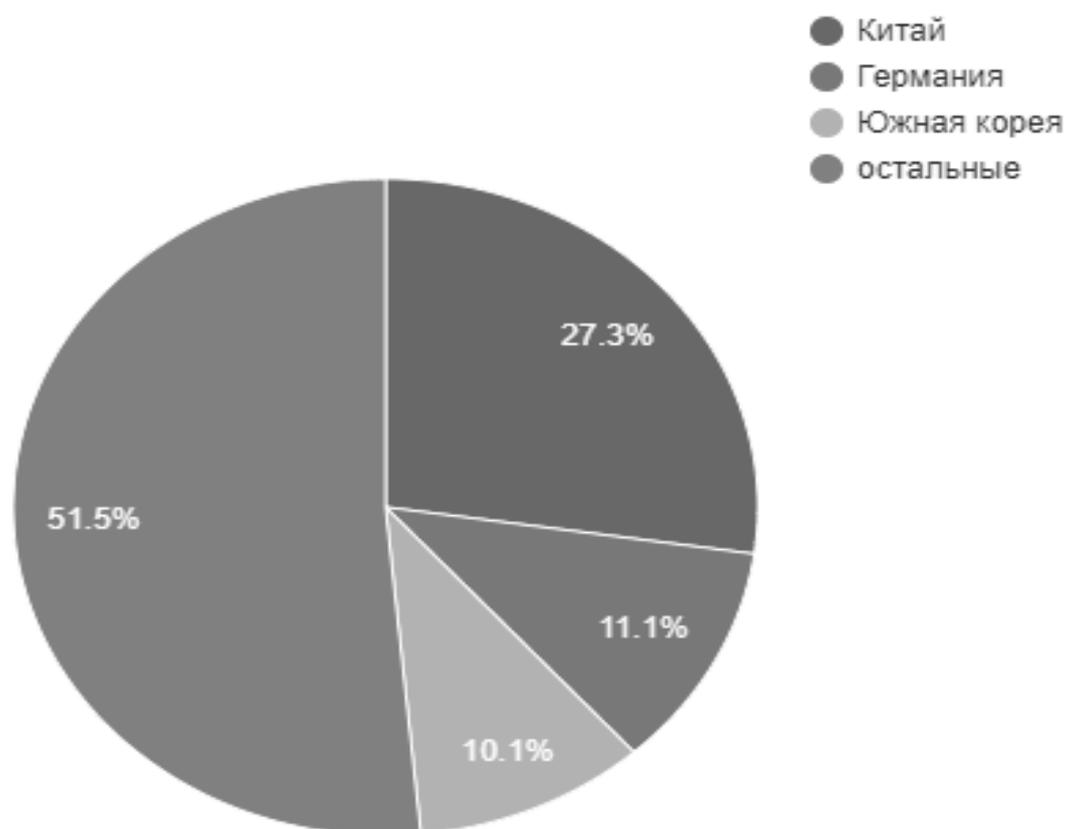


Рисунок 8- Структура ведущих стран-отправителей холодильных компрессоров в Россию за 2019 год

- В период 2017-2019 гг. на рынке холодильных компрессоров экспорт обладал нестабильной динамикой, увеличившись в 2019 году на 12,1% по отношению к предыдущему году.

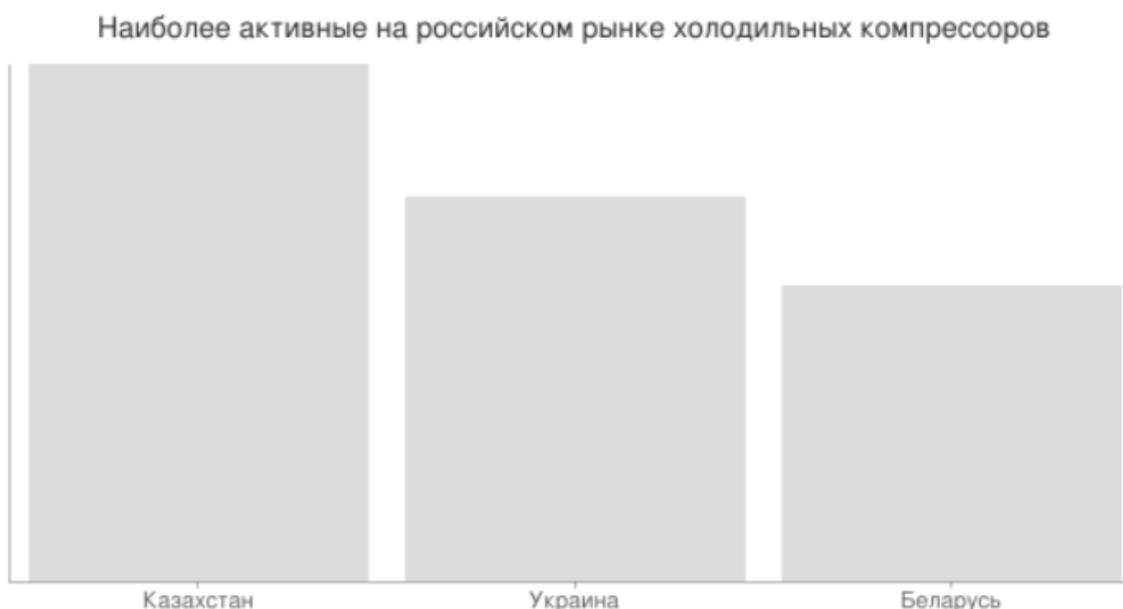


Рисунок 10- Наиболее активные потребители на российском рынке

- Наиболее активными на российском рынке холодильных компрессоров оказались потребители государства Казахстан, купившие продукцию на сумму 3,5 млн.долл, затем следовали Украина (2,6 млн.долл) и Беларусь (2 млн.долл).
- В рамках рассмотренного периода наибольшее количество товара было вывезено в 2018 году (12,9 млн.долл)
- По итогам 2019 года в структуре экспортных операций по регионам получения ключевые позиции занимали: Москва - 22,7%, Ростовская область - 20,4%, Московская область - 14%.

Центробежные компрессоры имеют конструкцию, обеспечивающую радиальный выходной поток воздуха. Поток воздуха, попадая на вращающееся рабочее колесо с радиально расположенными крыльчатками, за счет центробежных сил выбрасывается к стенкам корпуса. Далее, воздух перемещается в диффузор, где и происходит процесс его сжатия.

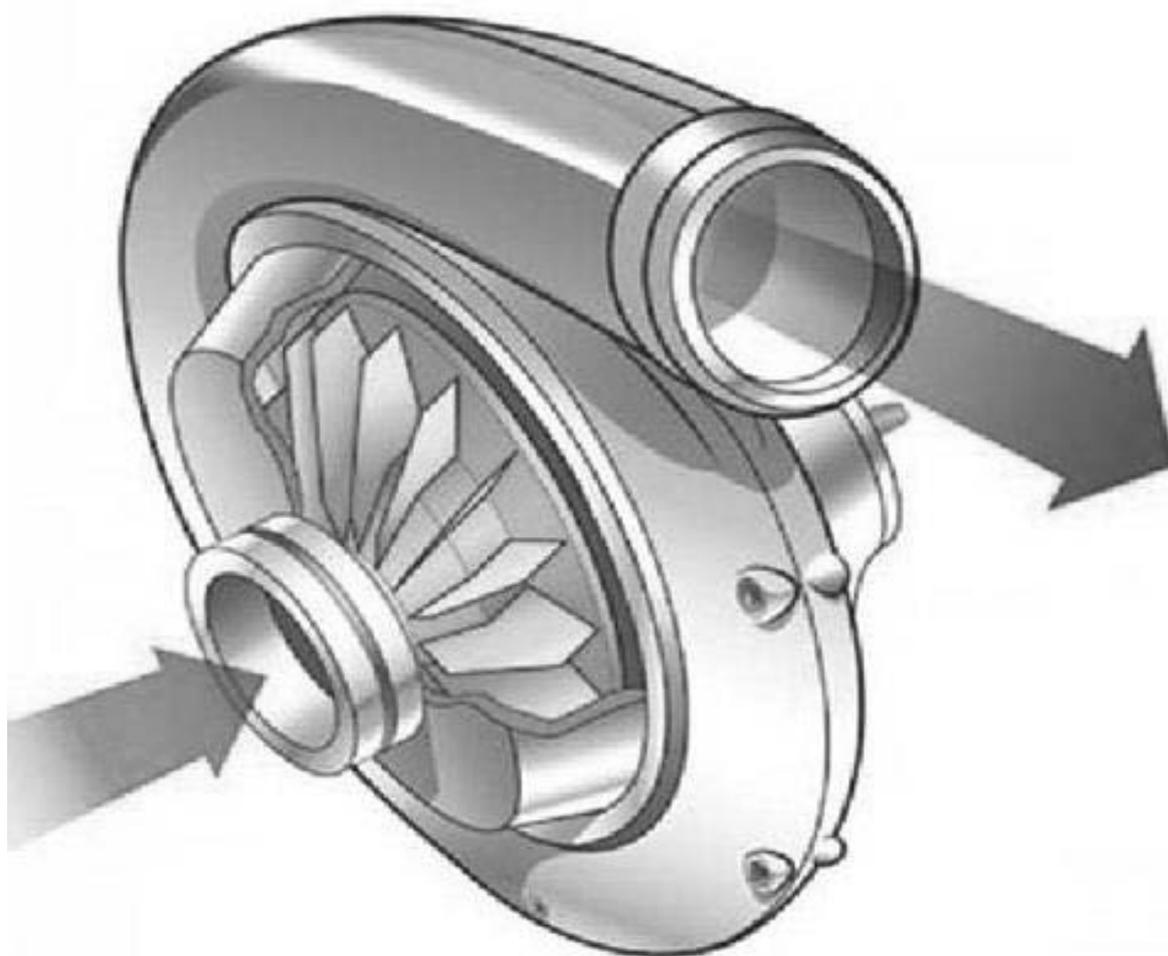


Рисунок 12- Центробежный компрессор

- Струйный:

Струйный компрессор относится к классу газовых эжекторов, в проточном канале которых происходит смешение двух струй, сопровождающееся увеличением полного давления низконапорного (пассивного) газового потока за счёт энергии высоконапорного (активного) газового потока. В результате полное давление смеси газов становится больше

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

давления пассивного газа, но меньше давления активного газа. В качестве газов могут использоваться водяной пар, углеводородосодержащие смеси и любые другие газообразные вещества.

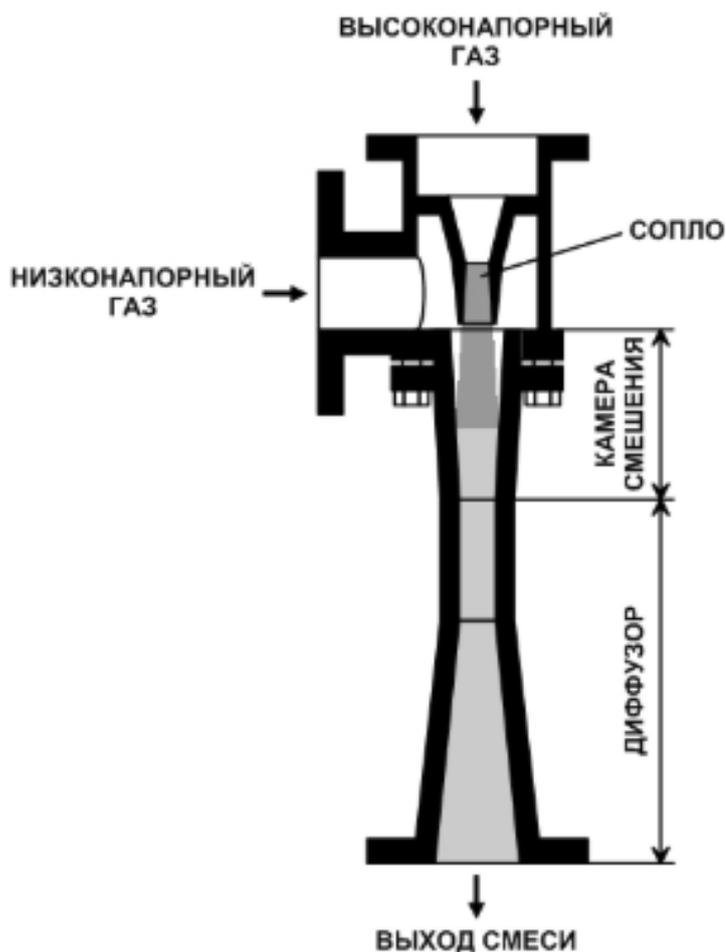


Рисунок 13- Струйный компрессор

- Осевой:

Осевой компрессор – это разновидность компрессоров, предназначенная для повышения давления рабочего тела за счет взаимодействия последнего с подвижными и неподвижными лопаточными решетками компрессора. Принцип действия осевых компрессоров – увеличение полного давления рабочего тела за счет преобразования механической работы компрессора в кинетическую энергию рабочего тела с последующим преобразованием ее во внутреннюю энергию.

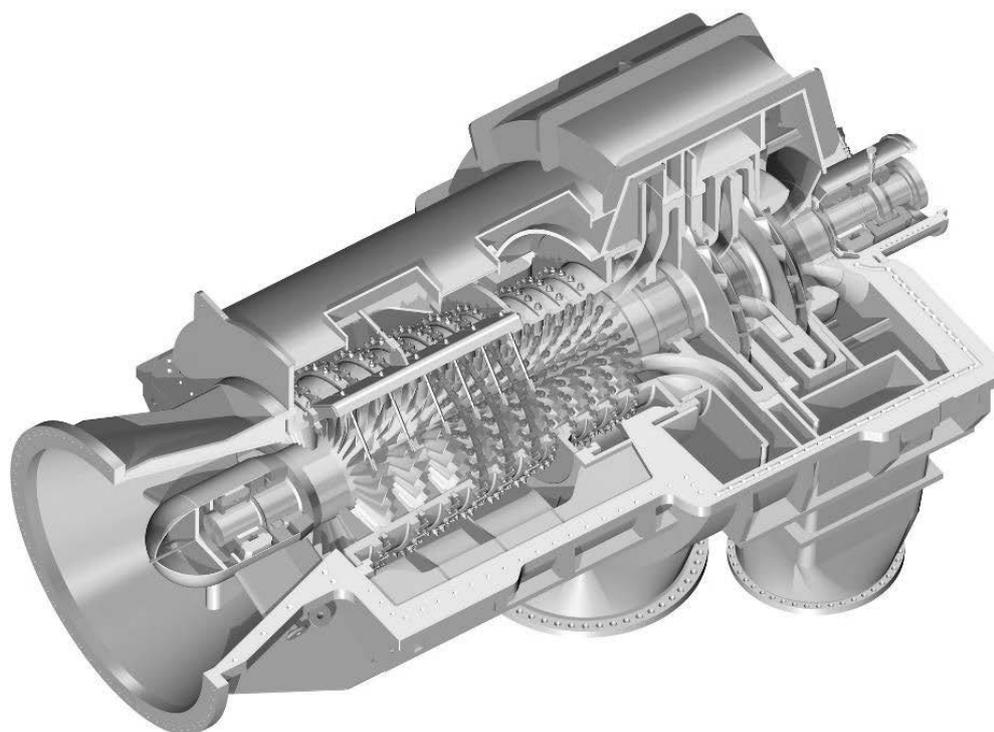


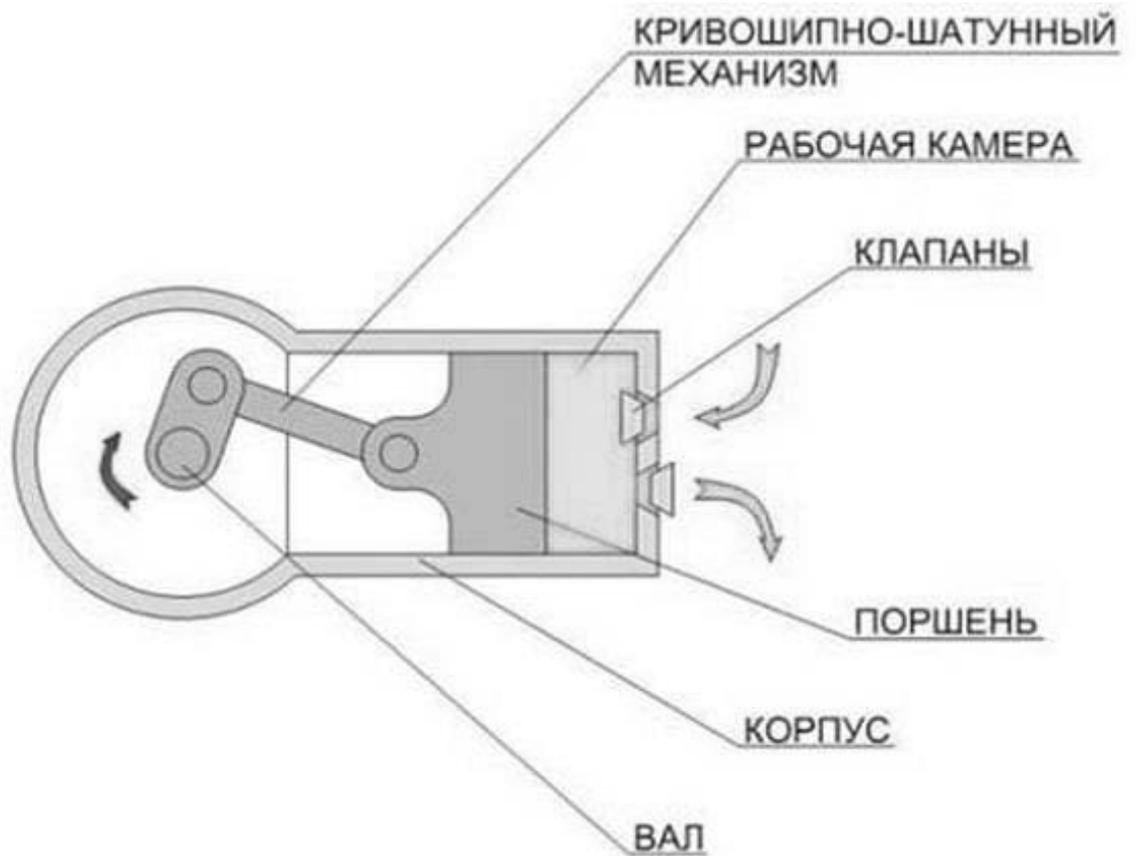
Рисунок 14- Осевой компрессор

Объемные компрессоры делят на ротационные и поршневые.

Поршневые:

- Двойного или одинарного действия
- Масляные и безмасляные
- Угловые, горизонтальные, вертикальные
- С различным количеством цилиндров

Так как поршневой компрессор имеет кривошипно-шатунный механизм, поршень совершает возвратно-поступательные движения в рабочей камере, отчего ее объем то уменьшается, то увеличивается.



• Рисунок 15- Поршневой компрессор

К роторным машинам относят:

- Винтовые компрессоры;
- Спиральные компрессоры;
- Роторно-пластинчатые установки;
- Жидкостно-кольцевые.

Винтовые. Состоят из одного или нескольких винтов, которые находятся в зацеплении, установленных в герметичном корпусе.

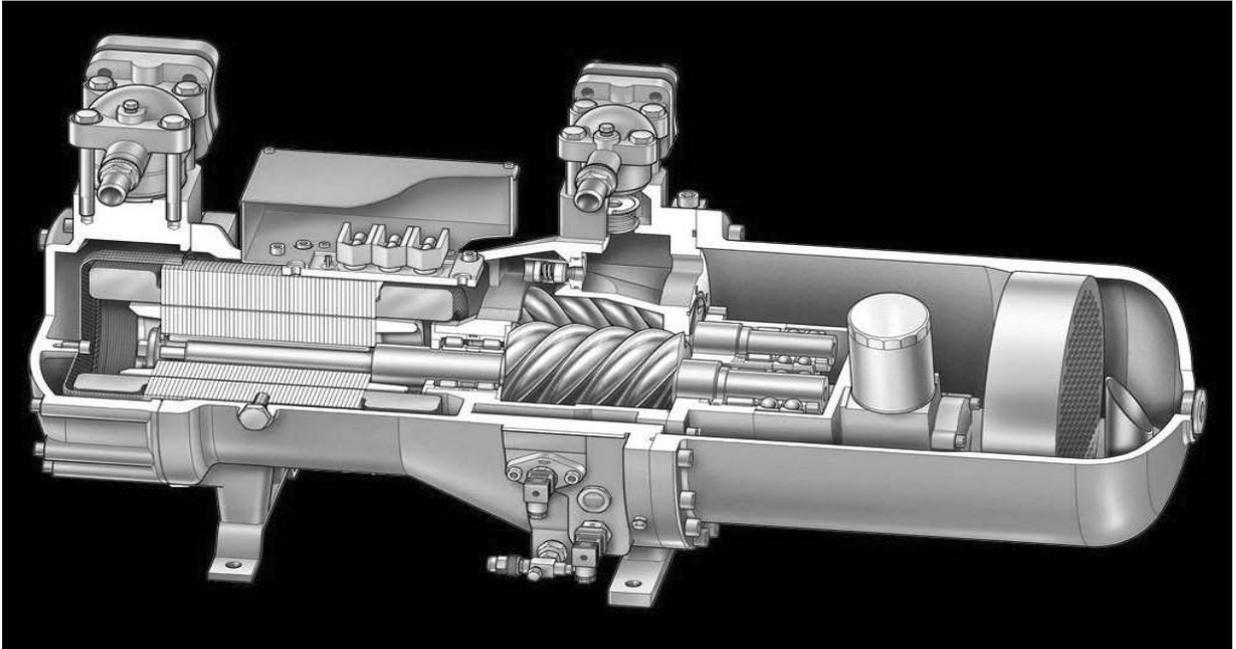


Рисунок 16- Винтовой компрессор

Выводы по первой главе

Рассмотрев классификацию компрессоров, их виды и различные свойства, пришли к выводу, что винтовые компрессоры, наиболее подходящие для работы в холодильных установках. На любое предприятие нужны именно винтовые компрессоры ввиду достоинств, которые были показаны в первой главе, например, невысокая вибрация, низкий уровень шума, высокая эффективность объема. Несмотря на то, что поршневые компрессоры тоже хорошие по исполнению, их недостатки заставляют отказаться от них. Наиболее весомым недостатком поршневых компрессоров по сравнению с винтовыми является сильная вибрация за счет возвратно-поступательного движения поршня. Пластинчатые насосы также уступают винтовым, со временем их начинает клинить, а пластины перекашиваются. Поэтому был сделан выбор в пользу винтовых компрессоров.

ГЛАВА 2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

2.1 Конструкция и принцип действия винтового компрессора

Винтовой полугерметичный компрессор. Основным узлом КУ является винтовой полугерметичный компрессор. Компрессор представляет собой винтовую машину маслonaполненного типа, предназначенную для сжатия и перемещения хладагента. Компрессор изготовлен в едином блоке (модуле) с маслоотделителем, обратным клапаном, масляным фильтром и другим оборудованием (рис. 17).

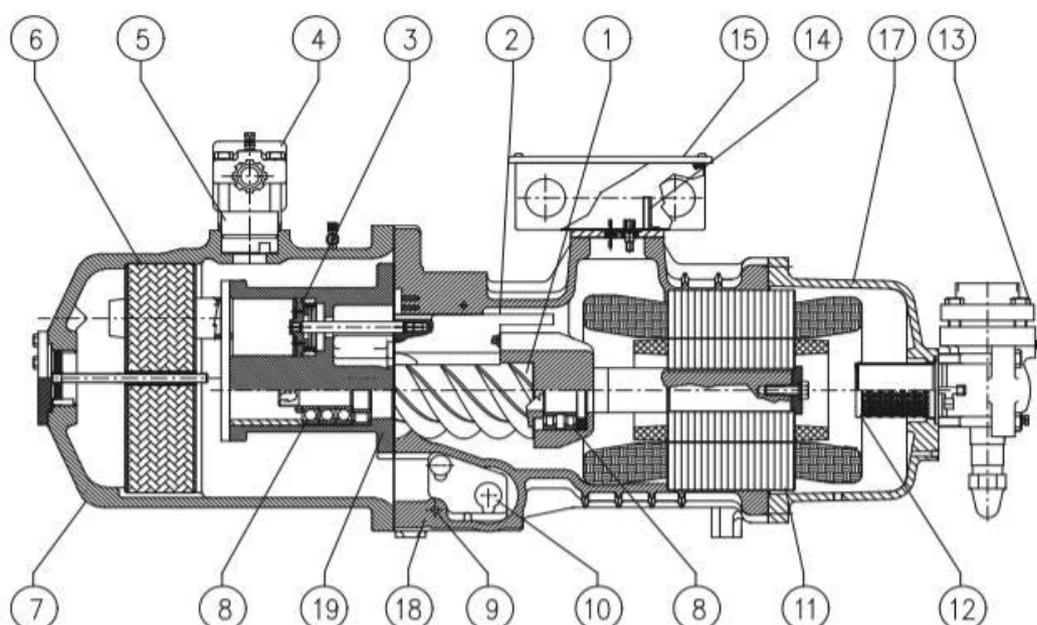


Рисунок 17- Основные узлы компрессора 1 - роторы; 2 - слайд клапан; 3 - поршня управления клапаном; 4 - разгрузочный клапан запорный; 5 - обратный клапан; 6 - маслоотделитель; 7 - сепаратор; 8 - подшипники качения; 9 - подогреватель картера; 10 - масляный фильтр; 11 - электродвигатель; 12 - всасывающий фильтр; 13 - всасывающий клапан; 14 - устройство защиты; 15 - электрическая коробка; 16 - крышка всасывания; 17 - корпус; 18 - опора.

В винтовом компрессоре используется объемный тип сжатия. Газообразный хладагент проходя через винты сжимается, и смешивается с маслом. Масло служит для динамического уплотнения зазоров между смежными роторами, для смазки подшипников и охлаждения компрессора. Разделение хладагента и масла происходит в контуре маслоотделителя за счет:

- Разницы скоростей хладагента и масла;
- Воздействия на стенку корпуса в масляном резервуаре;
- Проток через фильтрующий элемент.

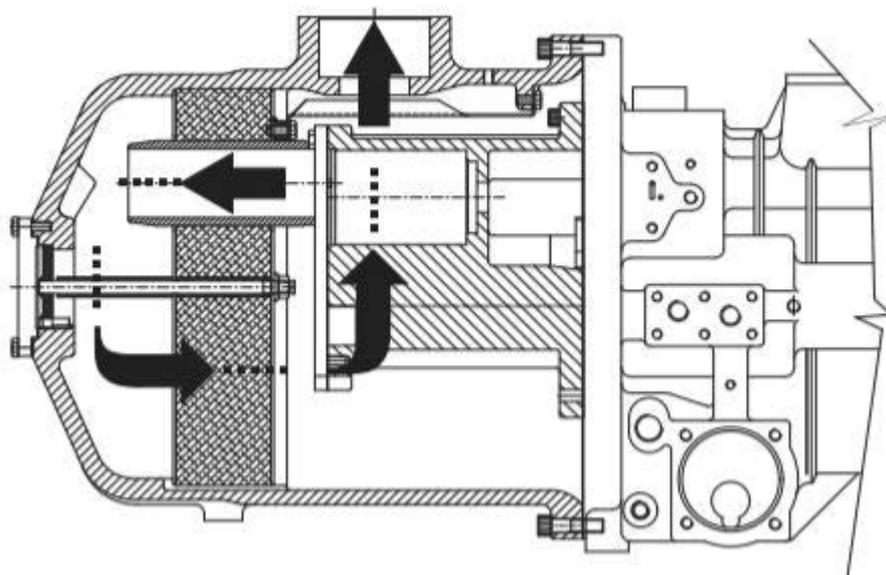


Рисунок 18- Сепарация масла

На рисунке 18 стрелкой указано движение с начала смеси газа и масла, затем, газ следует очищенным от масла в конденсатор для охлаждения. Для предотвращения чрезмерного растворения хладагента в масле в периоды останова компрессора устанавливается нагреватель масла рис. 19. Нагреватель должен быть включен минимум за 24 часа до момента запуска компрессора.



Рисунок 19- Нагреватель масла

Уровень масла, залитого в компрессор, определяется через смотровое стекло рис. 20, установленное на торцевой стороне компрессора.



Рисунок 20- Смотровое стекло

В нормальной позиции уровень масла установлен между $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4}$ смотрового стекла. Длительная и интенсивная пена показывает на нахождение в масле хладагента.

2.2 Конструкция и принцип действия винтовой холодильной установки

Компрессор отводит пары испаряющегося фреона из испарителя, сжимает их до давления конденсации и направляет в конденсатор. В конденсаторе под действием потока воздуха, создаваемого вентилятором, теплота от охлаждаемого объекта и теплота, равная индикаторной мощности компрессора и части теплоты, выделяемой обмотками электродвигателя компрессора, отводится в окружающую среду. Сжатые пары фреона конденсируются и поступают в ресивер. Ресивер служит для сбора и хранения всего фреона, находящегося в системе. Из ресивера фреон, проходя через фильтр-осушитель, поступает в электронный расширительный клапан, где дросселируется, переходя из жидкого состояния в газообразное, и заходит в испаритель. В испарителе весь фреон окончательно заканчивает фазовый переход из жидкости в газ, попутно поглощая тепло хладоносителя. Затем перегретый газ проходя через фильтр-осушитель поступает на всасывание в компрессор. Для увеличения холодопроизводительности в установке имеется экономайзер, который отнимает часть основного потока и проходя через терморегулирующий клапан доохлаждает основной поток по принципу

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

испарителя. Часть потока, охладив основной, возвращается в компрессор, пройдя через антикислотный фильтр, и охлаждает его и масло. Опорные виброгасители служат для того, чтобы вибрации, возникающие при работе компрессора, не передавались на строительную конструкцию.

Далее приведено описание схемы холодильной машины:

В этой холодильной установке есть основные узлы: компрессор SRC-S-133, ресивер FP-LRH-100.0 K1 (чаще всего он называется линейным ресивером, ресивер фреона, ресивер аммиака, если система работает на аммиаке). Его основная функция хранить достаточный объем хладагента в жидком состоянии. Так же одним из основных элементов холодильного контура является конденсатор КН1, в котором происходит переход хладагента из газообразного состояния в жидкое с понижением температуры на соответствующее количество градусов. Сама холодильная система (весь контур) делится на две части: контур высокого давления и контур низкого давления. Разделяют эти два контура на две части поскольку он замкнут. На выходе из компрессора зона высокого давления и высокой температуры, а на всасывании низкое давление.

Начнем со стороны низкого давления. Газ с низким давлением попадает на вход в компрессор SRC-S-133 (давление может быть разным: 1, 2, 3, 4 атм.) после испарителя D118-E-90, температура достаточно низкая, может быть даже отрицательной. Если система аммиачная, то на входе в компрессор температура может быть до -30°C , если давление падает практически до 0. Но до этого не доводится, обычно система работает в оптимальном формате. С помощью компрессора мы увеличиваем давление фреона (газа) до нужного значения, если взять опять же аммиак, то до 13 атм. Над газом совершается работа, он нагревается, тепло частично уносится теплообменником, если вынесен контур теплообменника (теплообменник необходим при работе с большими мощностями), либо тепло тратится, чтобы нагреть газ с минимальной температуры, которая на входе, до 50-60 градусов на выходе.

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

После этого газ направляется в конденсатор КН1. На выходе из компрессора находятся обратный клапан SCA-X 40, контрольно-измерительные приборы: два манометра МН1 и МН2, датчик давления и два реле давления РЕ1 и РЕ2. Реле давления в случае аварийных значений давлений отключает сам компрессор и привод. Далее располагаются два вентиля ICS-40 и GBC 42s с помощью которых мы можем провести техническое обслуживание установки и запереть (разделить) стороны для того, чтобы полностью не разбирать систему. В данной установке используется фреон 134А. Это один из самых популярных фреонов для бытового применения, промышленного. Любой домашний холодильник работает на нем. Газ с параметрами до 80°C, давление до 14 бар. Конденсатор КН1 охлаждает газ в трубах до температуры 40°C за счет обдува решетки теплообменника обычным воздухом (вентилятором), при сохранении давления. Хладагент в замкнутом контуре имеет способность менять свое агрегатное состояние под давлением при определенной температуре. То есть при 80°C и 14атм хладагент находится в газообразном состоянии, если мы понизим температуру до 40°C, то он сжижается. Жидкость направляется в линейный ресивер (через обратный клапан NRV 35, необходимый для того, чтобы не было обратного протока, а у компрессора, чтобы не было обратного протока + вращения в другую сторону винтовой пары. Запорный вентиль GBC 35s нужен для нормальной работы, обслуживания установки, для перезаправки оборудования, для отсекания конденсатора или самого ресивера). Фреон в жидком виде скапливается в ресивере для хранения хладагента. На линейном ресивере располагаются предохранительные клапана FP-SV-038 и FP-TV-114-038. Они спаренные для того, чтобы во время работы установки можно было проверять один из клапанов, который находится в резерве. В ресивере располагается реле уровня для визуального наблюдения количества жидкого фреона. Далее жидкий хладагент проходит через фильтр-осушитель DCR 09611s (если в системе остается влага, то она остается в нем). Также на линии установлен глазок SGN 10s для того, чтобы видеть идет ли фреон. После этого фреон попадает на

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

дополнительный теплообменник, который называется экономайзер D62-E-20. Суть экономайзера заключается в том, что часть потока отбирается, попадает на терморегулирующий вентиль TRV TIE 1/2×5/8 и после TRV жидкость начинает сбрасывать давление и кипеть. Эта кипящая жидкость взаимодействует с основным потоком в экономайзере и доохлаждает его на пару градусов. Получается экономайзер — это некий холодильник в холодильнике. Доохлажденный фреон идет дальше и попадает на основной TRV ETS 25C и попадает в испаритель D118-E-90. В испарителе происходит теплообмен между кипящим фреоном и непосредственно тем, что нам нужно охладить. Дальше полностью испарившийся фреон направляется в сторону компрессора и начинается все заново.

(см. схему в приложении)

1. Быков А.В. Теплообменные аппараты. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 248 с.

2.3 Основные элементы холодильной установки

2.3.1 Электронный расширительный вентиль

Для регулирования расхода хладагента, поступающего в испаритель, устанавливается электронный расширительный вентиль. Регулировка осуществляется за счет поддержания перегрева хладагента на заданном уровне.



Рисунок 21- Конструкция клапана

ЭРВ имеет встроенное смотровое стекло с индикатором влажности. Наличие смотрового стекла позволяет проверить физическое положение ползуна в клапане.

Это также помогает определить направление потока хладагента в системе. Недостаточное переохлаждение может приводить к прорыву газа, который можно видеть через смотровое стекло. Индикатор влажности в смотровом стекле указывает на сухое или влажное состояние хладагента путем изменения цвета.

На рис. 22 показано как меняется положение седла относительно смотрового стекла при увеличении степени открытия клапана.



Рисунок 22- Положение открытия клапана

2.3.2 Испаритель

Одним из основных компонентов установки выступает испаритель – пластинчатый теплообменник, в котором хладагент отбирает необходимое количество тепла у хладоносителя (10 0C), полностью испаряется и перегревается. Показатель перегрева (5 К) гарантирует отсутствие влаги на входе в компрессор.

Поток из ресивера, пройдя фильтр-осушитель, поступает в линию экономайзера Q1. Часть потока отделяется и, в противоток основному, поступает через ТРВ в линию Q3. Далее основной поток следует из линии Q2 на ЭРВ и в испаритель, а отделившийся поток из линии Q4 следует через антикислотный фильтр в компрессор.

2.3.4 Фильтр типа DCR

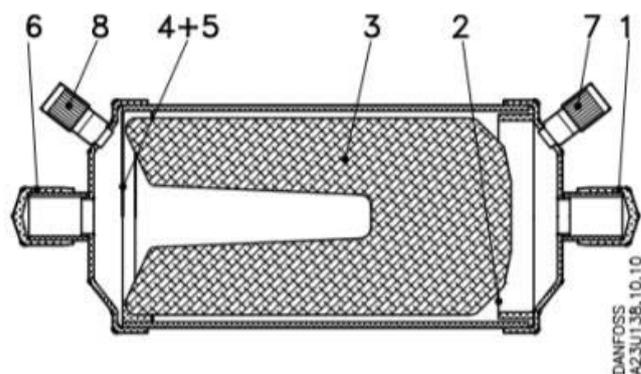
На выходе из ресивера и на всасывающей линии компрессора установлены фильтры-осушители DCR со сменным твердым сердечником. Они защищают установку от влаги, кислот и твердых частиц. Твердый сердечник обеспечивает высокую производительность осушения и исключает образование кислот в системе.



Рисунок 25- Конструкция фильтра-осушителя

2.3.5 Фильтр типа DAS 307

Антикислотный фильтр типа DAS установлен в линии ECO. Он служит для очистки установки с фторосодержащим хладагентом от продуктов сгорания обмоток электродвигателя.



1. Входной штуцер
2. Пружина
3. Твердый сердечник
4. Металлическая сетка
5. Перфорированная пластина
6. Герметичный колпачок
7. Входной Шредер-клапан
8. Выходной Шредер-клапан

Рисунок 26- Конструкция фильтра

Твердый сердечник фильтра 3 на 70% состоит из активированного алюминия и на 30% из материала типа «молекулярное сито» и поглощает как кислоту, так и воду. Два клапана Шредера 7,8 позволяют измерять перепад давления на фильтре. Сетка фильтра 4,5 удерживает твердые частицы размером более 125 мкм с минимальной потерей давления. Пружина 2 служит для защиты сердечника от повреждений при вибрациях. Медный штуцер 1 под пайку для подсоединения к трубопроводу.

2.3.6 Регулятор давления в ресивере типа KVD

KVD 15 рис. 24 является модулирующим регулятором давления в ресивере. Он открывается при снижении давления в ресивере и пропускает горячий газ для поддержания давления в ресивере на заданном (регулируемом) уровне.

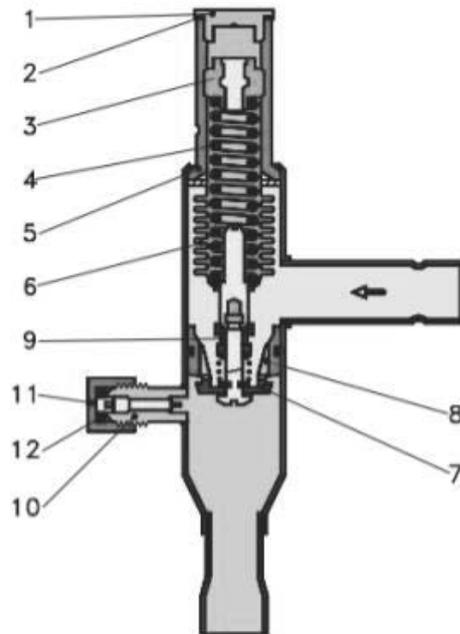


Рисунок 27- Регулятор давления KVD 15:1 – защитный колпачок; 2 – прокладка; 3 – регулировочный винт; 4 – основная пружина; 5 – корпус клапана; 6 – уравнивающий сильфон; 7 – пластина клапана; 8 – посадочное седло; 9 – демпфирующее устройство; 10 – штуцер для подсоединения манометра; 11 – колпачок; 12 – прокладка.

KVD обеспечивает регулирование только в зависимости от выпускного давления. Изменение давления на стороне впуска регулятора не влияет на степень открытия, так как KVD оснащен выравнивающими сильфонами.

2.3.7 Клапан предохранительный FP-SV-038

Предохранительный клапан FP-SV-038 рис. 28 предназначен для защиты ресивера от недопустимого превышения давления посредством сброса избытка рабочей среды.

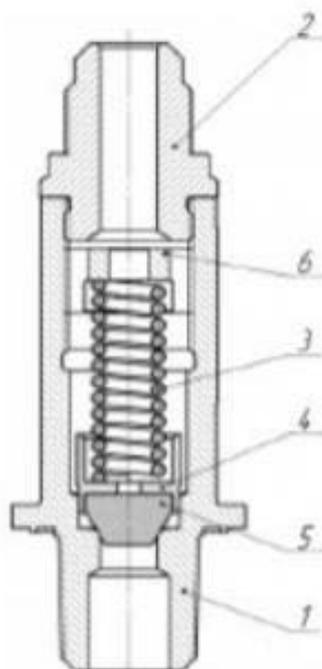


Рисунок 28- Устройство предохранительного клапана

Клапан состоит из корпуса 1, в котором расположен поршень 4 с уплотнением 5. Поршень с уплотнением, посредством пружины 3 и пружины 6, прижат к седлу корпуса. Штуцер 2 предназначен для подсоединения к отводящей линии. Превышение давления настройки (3 МПа) вызывает сжатие пружины и открытие поршня со сбросом среды через штуцер.

2.3.8 Сервоприводный вентиль с пилотным управлением типа ICS

Регулятор ICS – это основной вентиль с сервоприводом, функции которого определяются типом используемого пилотного вентиля (пилота). Основной вентиль с пилотом (пилотами) регулирует расход хладагента по пропорциональному или релейному (двухпозиционному) закону регулирования в соответствии с типом пилотного вентиля.

Отсюда следует, что: если $p_2 = p_4$ – вентиль полностью закрыт; если $p_2 = p_4 + 0,2$ бар (3 фунт/дюйм²) – вентиль полностью открыт; если $p_4 \leq p_2 \leq p_4 + 0,2$ бар (3 фунт/дюйм²) – степень открытия вентиля пропорциональна. Максимальное давление p_2 , которое может действовать на верхнюю поверхность поршня сервопривода (3b), обычно равно давлению p_1 на входе в регулятор. Входное давление p_1 распространяется по каналам (1a, 1b, 2f, 2b) (каналы для пилотов), 2a, 2d), просверленным в корпусе вентиля (1) и крышки (40), идет через пилоты и воздействует на верхнюю поверхность поршня (3b). Величина давления p_2 и степень открытия регулятора зависят от степени открытия пилота. Уравнительное отверстие (3f) в поршне сервопривода приводит давление p_2 в соответствие со степенью открытия пилота.

2.3.9 Электромагнитный клапан EVR 10

Клапан EVR 10 является электромагнитным клапаном с сервоприводом, который при задействовании частотного преобразователя компрессора меньше чем на 75% перекрывает линию экономайзера.

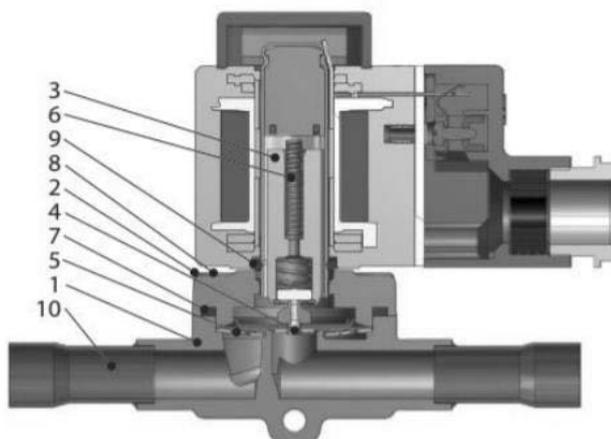


Рисунок 30- Электромагнитный клапан EVR 10: 1 – корпус клапана; 2 – крышка; 3 – арматура в сборе; 4 – мембрана в сборе; 5 – опорная шайба; 6 – пружина арматуры; 7 – уплотнение; 8 – винты; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – штуцер под пайку

Клапаны EVR 10 являются клапанами с сервоприводами и «плавающей мембраной» (4). Управляющее отверстие из нержавеющей стали находится в центре мембраны. Пластина седла устанавливается непосредственно на арматуру (3). Когда на катушку не подается ток, главное и управляющее

отверстия закрыты. Управляющее и главное отверстия удерживаются в закрытом положении усилием пружины арматуры и перепадом давления между входом и выходом. При подаче питания на катушку арматура перемещается вверх под действием магнитного поля катушки, и управляющее отверстие открывается. Это позволяет снизить давление над мембраной, т. е. пространство над мембраной соединяется с выходом клапана. Перепад давления между входом и выходом отжимает мембрану от основного отверстия и открывает его для максимального расхода. Поэтому определенный минимальный перепад давления необходим для открытия клапана и поддержания его в открытом положении. Минимальный перепад давления для безопасной работы клапанов EVR 10 составляет 0,03 бар. При отключении питания управляющее отверстие закрывается. Благодаря уравнивающим отверстиям в мембране давление над мембраной увеличивается до того же значения, что и давление на входе, и мембрана закрывает главное отверстие.

2.3.10 Терморегулирующий вентиль ТРВ ТЕ 5

Терморегулирующий вентиль ТЕ 5 рис. 28 контролирует поступление жидкого хладагента в экономайзер компрессорной установки. Он препятствует попаданию жидкого хладагента в компрессор. Расход хладагента регулируется по его перегреву на выходе из экономайзера. Принцип действия терморегулирующего вентиля основан на использовании зависимости изменения разности между температурой кипения в испарителе и температурой выходящих из него паров от тепловой нагрузки на испаритель. Величины открытия клапана ТРВ зависят от разности между температурой перегрева всасываемых компрессором паров хладагента и температурой кипения. С повышением этой разности количество жидкости, подаваемой в испаритель, увеличивается, а с понижением – уменьшается. Терморегулирующий вентиль отрегулирован так, что поддерживает на выходе из испарителя приблизительно постоянный перегрев паров, чтобы разность

между температурой отсасываемых паров и температурой кипения не превышала температуру, приблизительно 3-6 градусов Цельсия.

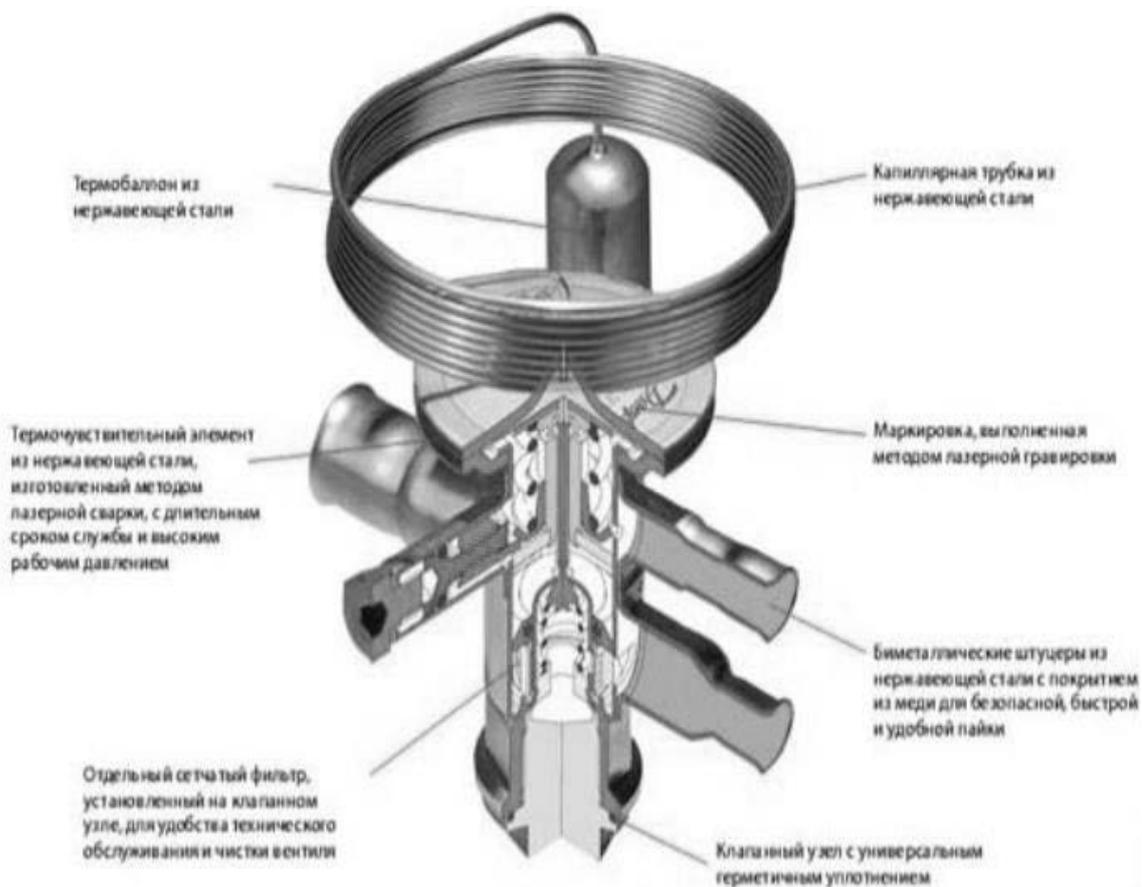


Рисунок 31- Устройство TPV TE 5

2.3.11 Смотровое стекло

Смотровое стекло SGN Danfoss указывает на слишком высокое содержание воды в системе охлаждения, на недостаточное переохлаждение и недостаточную заправку хладагента. Смотровое стекло SGN снабжено индикатором влажности, которое изменяет свой цвет, показывая степень содержания влаги в хладагенте.



Рисунок 32- Смотровое стекло SGN 10s

Таблица 1

Технические характеристики смотрового стекла

Хладагент	Содержание влаги, млн ⁻¹ = частей на миллион					
	SGN/SGRN					
	Температура рабочей среды: 25 °C			Температура рабочей среды: 43 °C		
	Зеленый/осушен	Промежуточный цвет	Желтый/влажный	Зеленый/осушен	Промежуточный цвет	Желтый/влажный
R134a	< 30	30 – 100	> 100	< 45	45 – 170	> 170

2.3.12 Вентиль ROTALOCK FP-RV

Вентили Rotalock предназначены для запираания и отсечки ресивера, что позволяет производить своевременное обслуживание и облегчает замену оборудования. Два сервисных порта предназначены для подсоединения контрольно-измерительного оборудования и автоматики, а также шлангов заправки.

Технические характеристики:

Максимальное рабочее давление: 45 бар от -10 до 140 °C;

32 бар от -40 до 140 0C;

Температура среды: от -40 до 140 0°C;

Окружающая температура: от -40 до 70 0°C;

Внешние утечки: макс. 3 г/год

2.3.13 Обратно-запорный клапан SCA-X 40

В линии нагнетания компрессора установлен SCA-X-40 рис. 33 – обратный клапан со встроенной функцией запорного клапана. Он предназначен для предотвращения обратного тока газа в компрессор, а также для запираания нагнетательной линии для проведения сервисных работ с компрессором.

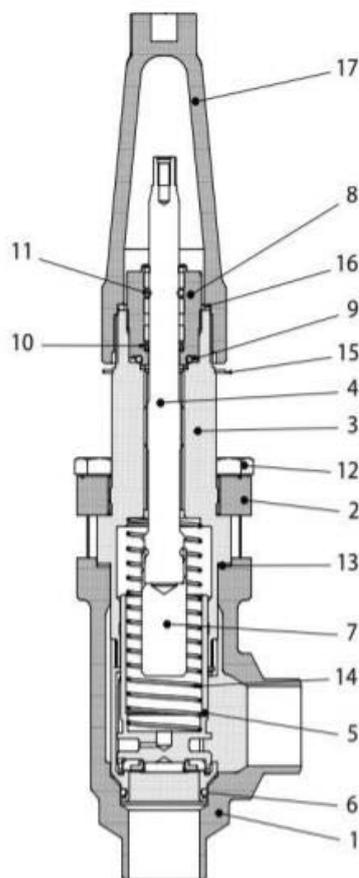


Рисунок 33- Клапан SCA-X 40: 1 – корпус; 2 – крышка клапана; 3 – внутренняя вставка; 4 – шпиндель; 5 – конус; 6 – уплотнительное кольцо; 7 – удлинитель шпинделя; 8 – уплотнительные кольца (сальник); 9 – уплотнительная шайба; 10 – сальник с пружинным поджатием; 11 – уплотнительное кольцо; 12 – болты; 13 – прокладка; 14 – пружина; 15 – опознавательное кольцо; 16 – прокладка уплотнительного колпачка; 17 – колпачок.

2.3.14 Обратный клапан типа NRVA

Обратный клапан типа NRVA рис. 34 предназначен предотвращения обратного тока газа в испаритель и установлен во всасывающей линии компрессора.

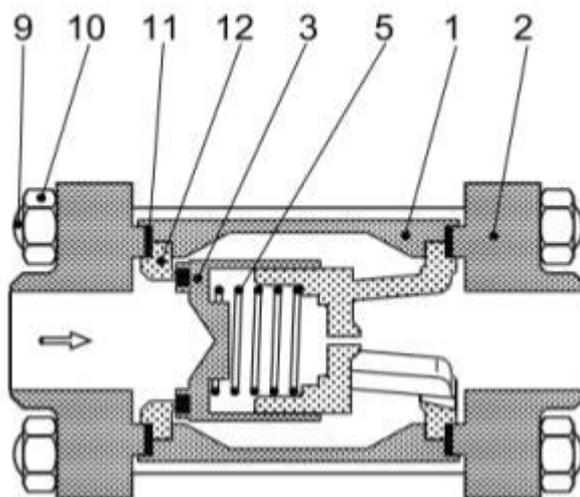


Рисунок 34- Клапан NRVA: 1 – корпус; 2 – фланцы; 3 – конус клапана; 5 – пружина; 9 – болты; 10 – NUT; 11 – прокладка; 12 – посадочное седло.

2.3.15 Обратный клапан типа NRVN

Обратный клапан, угловой, установлен в линии между конденсатором и ресивером, и служит для предотвращения обратного тока жидкого хладагента в испаритель.

2.3.16 Ресивер

Ресивер предназначен для хранения жидкого хладагента, сбора жидкости после конденсатора, создания запаса хладагента в системе и равномерной подачи хладагента в испаритель.

2.4 Основные требования и характеристики, предъявляемые к холодильной машине

Данная таблица составлена на основе тех параметров, которые заказчики запрашивают чаще всего. Изучил поступающие технические задания, приходящие на Челябинский компрессорный завод и на основе указанных требований, считаю их наиболее необходимыми.

Таблица 2

Сравнение параметров желаний заказчиков с ГОСТ 28564-90

Наименование параметра	Единица измерений	Контроль по ГОСТ 28564-90

Холодопроизводительность	кВт	+
Объем ресивера хладагента	л	
Мощность потребляемая на валу двигателя, не более	кВт	+
Тип хладагента	-	
Тип хладоносителя	-	
Температура хладоносителя <ul style="list-style-type: none"> • На входе • На выходе 	°С	+
Расход хладоносителя	м ³ /ч	+
Марка компрессора	-	
<ul style="list-style-type: none"> • фирма (производитель) 	-	
<ul style="list-style-type: none"> • масса компрессора 	кг	
Марка применяемого масла	-	
Количество масла, заливаемого в компрессор	л	
Мощность номинальная	кВт	+

Продолжение таблицы 2

Наименование параметра	Единица измерений	Контроль по ГОСТ 28564-90
Частота вращения номинальная	Об/мин	+
Напряжение питания номинальное	В	+
Частота тока номинальная	Гц	+

ГЛАВА 3. ОБЗОР МЕТОДОВ И РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СТЕНДА

3.1 Основные контролируемые параметры

1.1. Холодопроизводительность машин и агрегатов следует определять во всем диапазоне рабочих температур охлаждаемой среды с интервалом $(5 \pm 2,5)$ °С или на номинальном режиме и режиме максимальной и минимальной производительности при спецификационных значениях температуры и расхода охлаждающей среды. Температуру конденсации устанавливают в пределах ± 2 °С от указанной в программе испытания.

Режимы, при которых определяют номинальную холодопроизводительность, устанавливают в НТД на конкретную машину (агрегат).

Проверку на режимах минимальной производительности допускается осуществлять за счет дросселирования паров хладагента на входе в компрессор до давления, заданного программой испытаний.

1.2. Холодопроизводительность машин для охлаждения воздуха определяют на сухом режиме без влаговываждения и инееобразования.

1.3. Испытания проводят в установившемся режиме

1.3.1. При испытании машин, независимо от метода, должны измеряться следующие параметры. Отклонения этих параметров от их среднеарифметических значений, полученных по результатам измерений, должны быть не более:

- 1) температура жидкого хладонносителя на выходе из испарителя $\pm 0,2$ °С
- 2) температура воздуха (газа) на входе в воздухоохладитель ± 1 °С
- 3) температура охлаждающей среды на входе в конденсатор:
- 4) воды $\pm 0,3$ °С
- 5) воздуха ± 1 °С
- 6) массовый расход жидкого хладонносителя $\pm 2\%$
- 7) массовый расход воздуха через воздухоохладитель $\pm 4\%$
- 8) массовый расход воды в конденсаторе $\pm 2\%$

9) массовый расход воздуха в конденсаторе $\pm 4\%$

1.3.2. При испытании компрессорно-испарительных агрегатов, независимо от метода, должны измеряться следующие параметры. Отклонения этих параметров от их среднеарифметических значений, полученных по результатам измерений, должны быть не более:

- 1) температура жидкого хладоносителя на выходе из испарителя $\pm 0,2$ °С
- 2) температура хладагента перед регулирующим вентилем ± 2 °С
- 3) давление хладагента на выходе из компрессора $\pm 2\%$
- 4) давление хладагента перед регулирующим вентилем $\pm 2\%$
- 5) массовый расход жидкого хладоносителя $\pm 2\%$

1.3.3. При испытании компрессорно-конденсаторных агрегатов, независимо от метода, должны измеряться следующие параметры и отклонения этих параметров от их среднеарифметических значений, полученных по результатам измерений, должны быть не более:

- 1) температура перегретых паров хладагента на входе в компрессор ± 3 °С
- 2) давление перегретых паров хладагента на входе в компрессор $\pm 1\%$
- 3) давление кипения хладагента (для двухступенчатых агрегатов соответствует
- 4) давлению паров хладагента на всасывании первой ступени) $\pm 1\%$
- 5) температура охлаждающей среды на входе в конденсатор:
- 6) воды $\pm 0,3$ °С
- 7) воздуха ± 1 °С
- 8) массовый расход охлаждающей среды в конденсаторе:
- 9) воды $\pm 2\%$
- 10) воздуха $\pm 4\%$

При испытании компрессорно-конденсаторного агрегата в составе машины, в которую он входит, требования к установившемуся режиму - по п.1.3.1. В этом

случае давление и температуру хладагента на входе в компрессор принимают как средние за цикл их колебания.

1.3.4. Для машин и агрегатов на базе компрессоров с внешним приводом должна измеряться частота вращения вала компрессора с отклонением $\pm 1\%$ от среднеарифметического значения, полученного по результатам измерений. Установленная частота вращения не должна отличаться от номинальной более чем на $\pm 10\%$ для машин и агрегатов с поршневыми компрессорами и на $\pm 3\%$ - для остальных.

1.3.5. Для машин и агрегатов на базе компрессоров с встроенным электродвигателем должно измеряться напряжение электросети, которое не должно отличаться от номинального более чем на $\pm 3\%$.

Допускается проводить испытания при большей колебании напряжения при условии определения частоты вращения вала компрессора (по измеренному коэффициенту скольжения в соответствии с ГОСТ 7217), которая не должна отличаться от установленной при испытании более чем на $\pm 1\%$.

1.3.6. Для машин и агрегатов, которые могут быть испытаны только у потребителя, допускается увеличение отклонения параметров

1.4. Машины и агрегаты на месте эксплуатации испытывают после выполнения пуско-наладочных работ в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации. Машина или агрегат должны обеспечивать поддержание температуры хладонносителя, соответствующей специфике данного эксплуатирующего предприятия, но в пределах технических условий на данную машину или агрегат.

1.5. В соответствии с указаниями программы испытаний могут измеряться:

температура воды на входе и выходе из рубашки компрессора и маслоохладителя,

расход воды через рубашку компрессора и маслоохладителя.

1.6. До начала измерений машина или агрегат должны проработать не менее 1 ч в установившемся режиме.

1.7. На каждом режиме проводят не менее 5 измерений через 15-30 мин.

При применении автоматизированных систем снятия показаний и обработки результатов испытаний интервалы между измерениями могут быть уменьшены. Их определяют временем, необходимым для автоматического снятия показаний. При этом интервалы между измерениями должны быть не менее 2 мин.

За величину определяемого параметра принимают среднеарифметическое значение ряда последовательных показаний, полученных в ходе испытаний на данном режиме.

3.2 Общие правила проведения испытаний

2.1. Для проведения испытаний компрессорно-испарительный агрегат дополняют до холодильной машины стендовым конденсатором или конденсатором потребителя, компрессорно-конденсаторный агрегат - стендовым испарителем или калориметром, работающим как испаритель, или испарителем потребителя.

2.2. Испытания следует проводить на стенде, обеспечивающем получение и поддержание требуемых величин согласно настоящему стандарту, техническим условиям и программам.

2.3. Наружные поверхности на стороне низкого давления, кроме камерных воздухоохладителей, должны быть изолированы в тех случаях, когда расчетный тепловой поток в окружающую среду или из окружающей среды может превышать 5% измеряемого теплового потока.

2.4. Во время испытаний рекомендуется контролировать отсутствие пара в жидкостной линии перед регулирующим вентилем. На трубопроводах

жидкого холодильного агента перед регулирующим вентилем следует устанавливать смотровое стекло для наблюдения за потоком холодильного агента.

2.5. Давление и температуру на линии нагнетания и всасывания следует измерять в одной и той же точке, находящейся на прямом участке трубопровода на расстоянии 300 мм от фланца нагнетательного или всасывающего патрубка компрессора, если программа-методика не предусматривает другого расположения приборов. Места измерения давления и температуры должны быть указаны в методике и протоколе испытаний. Допускается давление и температуру нагнетания или всасывания измерять после нагнетательного и перед всасывающим вентилями.

2.6. Систему трубопроводов и аппаратов (стенда) следует испытывать на плотность давлением, равным расчетному, т.е. максимально возможным при эксплуатации стенда и на прочность давлением, равным 1,3 расчетного давления.

Аппараты, входящие в состав стендов, должны проходить периодическое освидетельствование в соответствии с действующими "Правилами устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением" Госгортехнадзора в пределах их действия.

2.7. Машины и испытательные стенды должны быть проверены на отсутствие неконденсирующихся газов. Критерием оценки наличия или отсутствия неконденсирующихся газов при испытании выбирают разность между давлением насыщения холодильного агента, определенным непосредственным измерением в конденсаторе, и давлением насыщения, определенным по температуре охлаждающей среды, подаваемой в конденсатор. Разность не должна превышать 0,01 МПа. Измерения проводят не ранее чем через 2 ч после остановки машины. Охлаждающая среда в конденсатор подается непрерывно в течение этого времени.

Остатки неконденсирующихся газов (воздуха) из системы удаляют продувкой хладагентом или сбросом из паровой полости конденсатора.

2.8. Масса и качество холодильного агента и масла в машине (агрегате) во время испытания должны быть в соответствии с требованиями технических условий и эксплуатационной документации.

2.9. В калориметрах проверяют электрическую изоляцию. Сопротивление электрической изоляции нагревателей калориметра должно быть не менее 50 МОм.

2.10. Для определения холодопроизводительности машин с камерными воздухоохладителями воздухоохладитель помещают в калориметрическую или холодильную камеру потребителя.

2.11. Для получения надежных результатов измерений на "сухом" режиме в камере или в воздушном контуре замкнутого типа перед проведением испытаний должна быть проведена осушка воздуха. "Точка росы" воздуха должна быть на 2 °С ниже предполагаемой температуры кипения или воздух охлаждают до температуры, обеспечивающей не выпадение влаги и инея во время испытаний. Осушение может быть произведено, например, путем предварительной работы при более низких температурах кипения и отвода конденсата или оттаявшей влаги.

3.3 Классификация основных методов испытаний

3.3.1. Метод А Одноступенчатая машина без регенеративного теплообменника

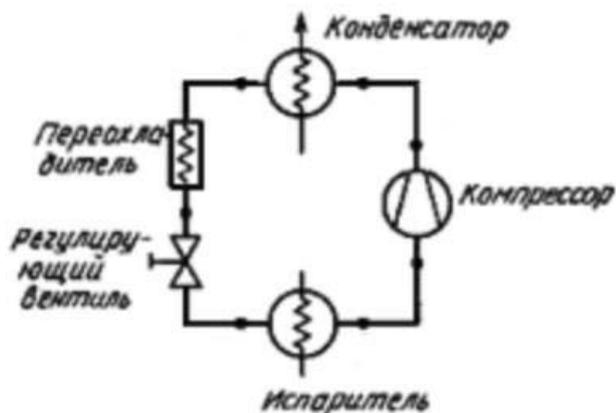


Рисунок 35- Одноступенчатая машина без регенеративного теплообменника

1.1. Описание и условия применения метода

1.1.1. Метод заключается в определении количества теплоты, отведенной от хладоносителя в испарителе, путем измерения расхода хладоносителя и перепада температур хладоносителя на входе и выходе из испарителя.

1.1.2. Перепад температур хладоносителя на входе и выходе из испарителя должен быть:

для жидкого хладоносителя - не менее 3 °С;

для воздуха (газа) - не менее 5 °С.

1.2. Основные условия испытания

Дополнительно к требованиям, должна поддерживаться величина разности температур хладоносителя на входе и выходе из испарителя с отклонением от установленной разности температур за время испытаний не более $\pm 0,2$ °С.

1.3. Дополнительные измерения

Должны быть измерены следующие параметры:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		49

3.3.2. Метод В Одноступенчатая машина с регенеративным теплообменником

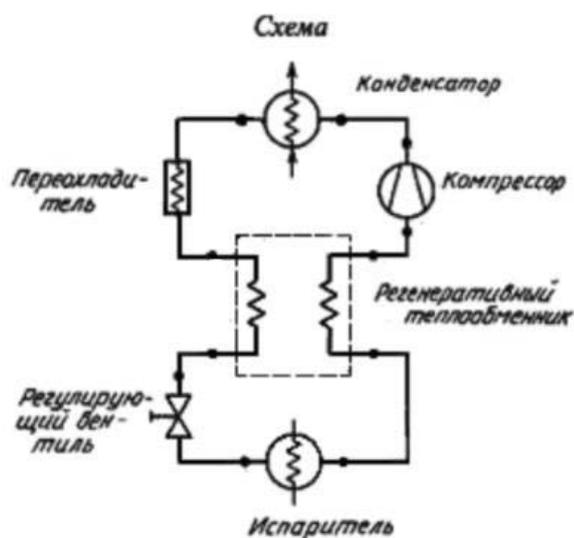


Рисунок 36- Одноступенчатая машина с регенеративным теплообменником

2.1. Описание и условия применения метода

2.1.1. Метод заключается в замене нормальной нагрузки испарителя другим, поддающимся измерению источником теплоты, способным обеспечить установившийся рабочий режим машины.

В качестве теплового источника могут быть использованы электроподогрев или горячая жидкость. Допускается применение других источников теплоты.

Если в заменяющем источнике теплоты используют жидкость, то расход ее через испаритель должен обеспечивать перепад температур на входе и выходе не менее 3 °С.

2.1.2. При испытании машин с камерными воздухоохладителями воздухоохладитель(и) помещают в калориметрическую камеру или холодильную камеру потребителя.

2.1.3. По возможности камера должна быть изолирована таким образом, чтобы теплопритоки через стенки камеры не превышали 5% холодопроизводительности.

В случае, когда теплопотери через стенки камеры превышают 5% холодопроизводительности машины, температура окружающей среды вокруг камеры должна поддерживаться постоянной в пределах ± 1 °С - для камер с внутренними габаритными размерами до (2x2x2) м включительно и ± 2 °С - для камер с внутренними габаритными размерами свыше (2x2x2) м.

2.1.4. Нагреватель калориметрической камеры должен быть сконструирован и расположен таким образом, чтобы тепловой поток не был направлен прямо на воздухоохладитель, а также на место измерения температуры и на стенки камеры.

2.2. Основные условия испытаний

Если источник теплоты жидкость, то должны измеряться следующие параметры, и отклонения их от установленных значений за время испытания должны быть не более:

температура жидкости на входе в нагреватель $\pm 0,2$ °С

расход жидкости через нагреватель $\pm 2\%$

разность температур жидкости на входе и выходе из нагревателя $\pm 0,2$ °С

2.3. Дополнительные измерения

Дополнительно должны быть измерены следующие параметры:

2.3.1. Для всех видов испытываемого оборудования:

а) параметры нагревателя:

источник теплоты - электроподогрев

мощность, подводимая к нагревателю;

источник теплоты - жидкость

температура жидкости на выходе из нагревателя;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					52

3.3.3. Метод С Одноступенчатая машина с промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара

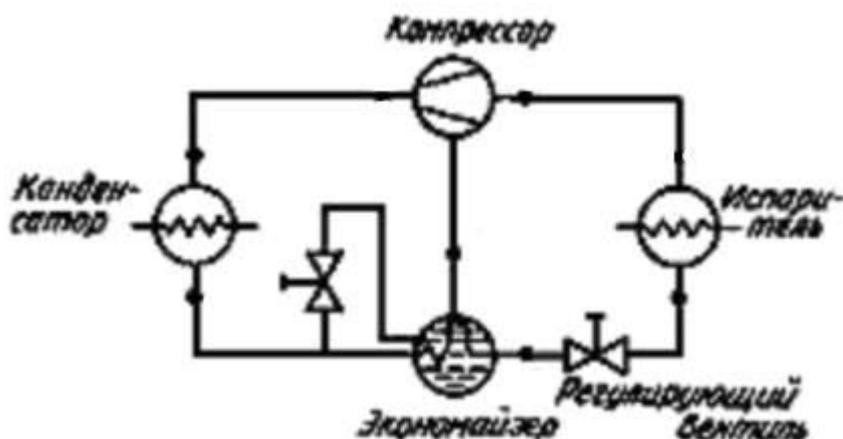


Рисунок 37- Одноступенчатая машина с промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара

1. Описание и условия применения метода

Конденсатор охлаждается водой без ее испарения.

Расход воды через конденсатор должен обеспечивать перепад температур воды на входе и выходе из конденсатора не менее 3 °С.

3.2. Основные условия испытаний

Дополнительно, должна поддерживаться разность температур охлаждающей воды на входе и выходе из конденсатора, и отклонение от установленной при испытании разности температур за время испытания должно быть не более $\pm 0,2$ °С.

3.3. Дополнительные измерения

Дополнительно должны быть измерены следующие параметры:

3.3.1. Для всех видов испытываемого оборудования:

а) давление пара хладагента на входе в конденсатор;

3.3.4. Методы D1, D2 Двухступенчатая машина с частичным промежуточным охлаждением пара

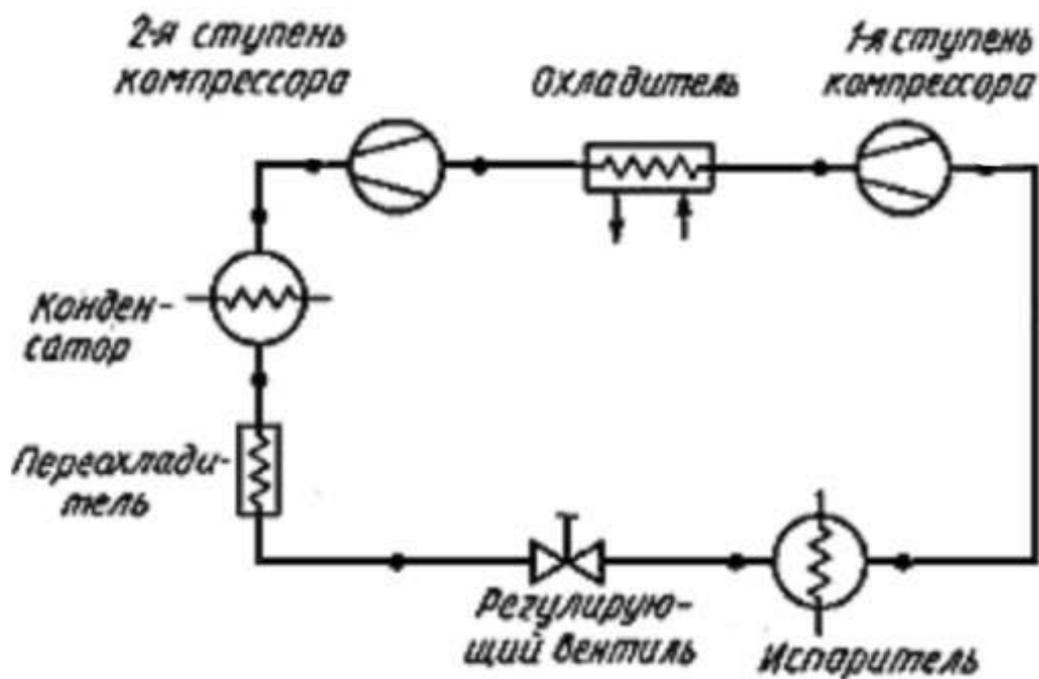


Рисунок 38- Двухступенчатая машина с частичным промежуточным охлаждением пара

4.1. Описание и условия применения метода

Расходомер пара хладагента помещают на всасывающем (метод D1) или нагнетательном (метод D2) трубопроводе, где проходит полный поток перегретого пара.

Условия применения метода - по ГОСТ 28547.

4.2. Дополнительные измерения

Дополнительно должны быть измерены следующие параметры:

4.2.1. Для всех видов испытываемого оборудования:

- а) давление пара хладагента перед измерительным устройством;
- б) температура пара хладагента перед измерительным устройством;

в) перепад давлений в измерительном устройстве (при применении сужающих устройств);

г) показания расходомера (для расходомеров, непосредственно показывающих расход);

д) давление жидкого хладагента перед регулирующим вентилем;

е) температура хладагента перед регулирующим вентилем;

ж) температура окружающего воздуха;

з) барометрическое давление;

4.2.2. Для машин и компрессорно-испарительных агрегатов:

а) давление хладагента на выходе из испарителя;

б) температура хладагента на выходе из испарителя;

в) потребляемая мощность циркуляционного насоса (если он находится между одной из точек, по которой определяют полезную холодопроизводительность, и испарителем);

г) температура жидкого хладоносителя на входе в испаритель (для испарителя с внутритрубным кипением хладагента);

3.3.5. Метод D3 Двухступенчатая машина с частичным и промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара

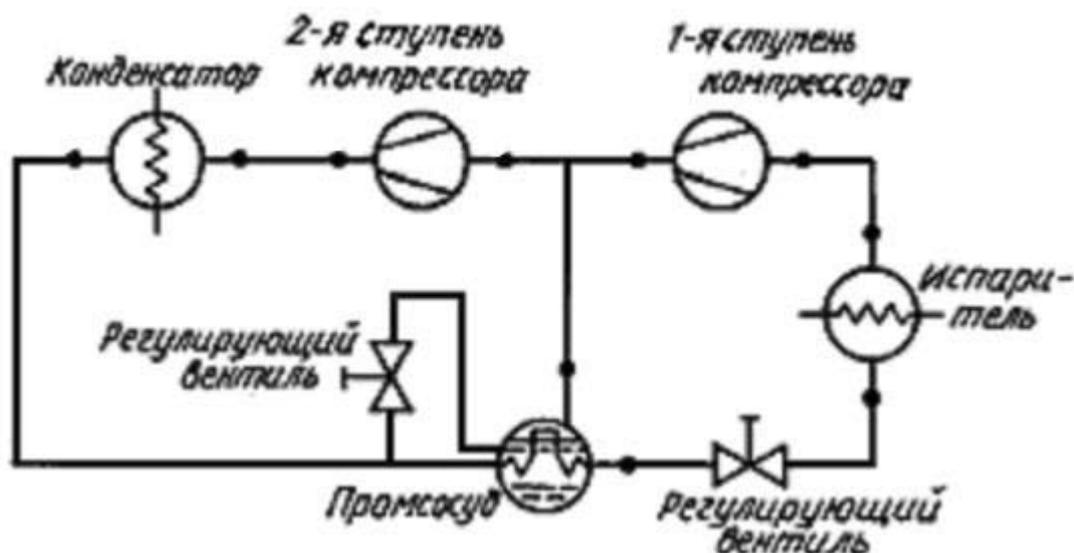


Рисунок 39- Двухступенчатая машина с частичным и промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара

5.1. Описание и условия применения метода

Расходомер устанавливают на трубопроводе для жидкости перед регулирующим вентилем.

Условия применения метода - по ГОСТ 28547.

При содержании масла в хладагенте менее 1,5% поправку на содержание масла не делают.

5.2. Дополнительные измерения

Дополнительно к параметрам п.1.6 должны быть измерены следующие параметры:

5.2.1. Для всех видов испытываемого оборудования:

а) показания расходомера;

испарения. Расход воды через конденсатор должен обеспечивать перепад температур воды на входе и выходе из конденсатора не менее 3 °С.

6.2. Основные условия испытаний

Дополнительно к требованиям, должна поддерживаться разность температур воды на входе и выходе из конденсатора и отклонение от установленной при испытании разности температур за время испытания должно быть не более $\pm 0,2$ °С.

6.3. Дополнительные измерения

Дополнительно к параметрам по п.1.6 должны быть измерены следующие параметры:

- а) температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора;
- б) потребляемая мощность двигателей компрессора, циркуляционного насоса, выносного масляного насоса (если имеется);
- в) температуры хладагента во всех узловых точках цикла (для определения теплотерь и теплопритоков к элементам машины);
- г) давление хладагента на выходе из испарителя (для испарителя с межтрубным кипением хладагента);
- д) давление нагнетания (для конденсатора, в котором хладагент соприкасается с наружной поверхностью);
- е) температура хладоносителя на входе в испаритель (для испарителя с внутритрубным кипением хладагента);
- ж) расход воды через рубашку компрессора (если компрессор с водяным охлаждением);
- з) температура воды на входе и выходе из компрессора (если компрессор с водяным охлаждением);
- и) температура окружающего воздуха;

к) барометрическое давление.

3.3.7. Метод F Двухступенчатая машина с двухступенчатым дросселированием и промежуточным подводом пара

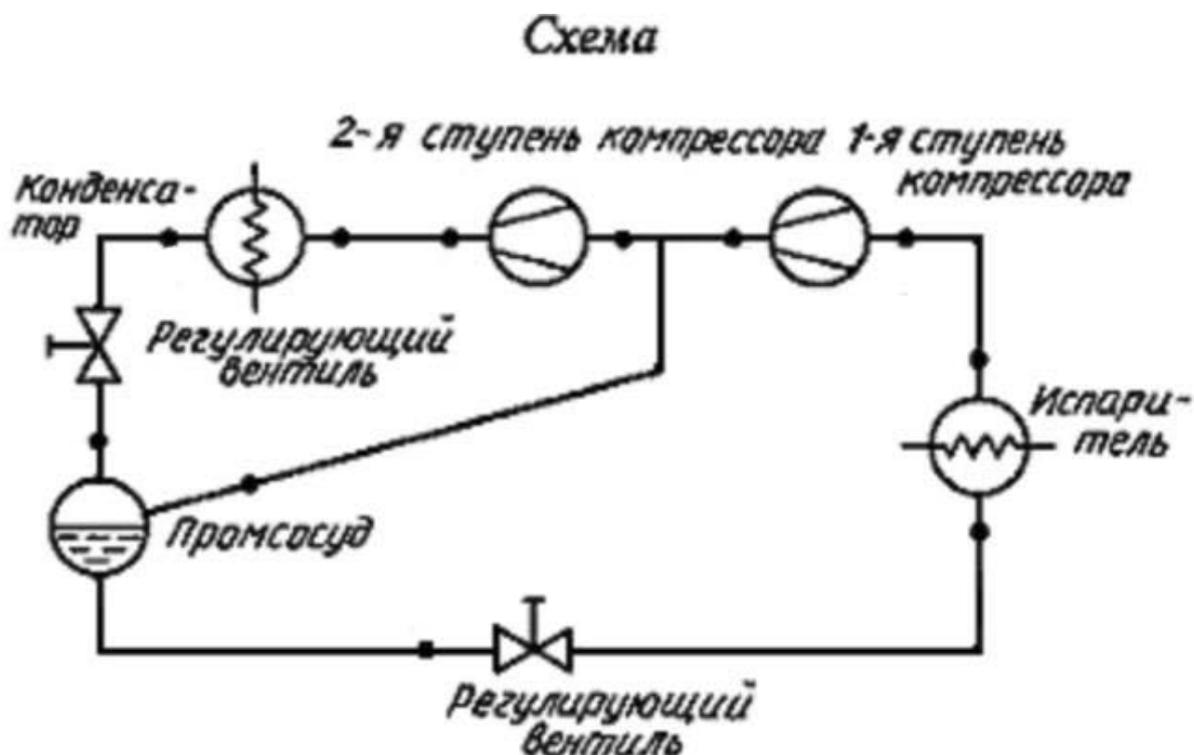


Рисунок 41- Двухступенчатая машина с двухступенчатым дросселированием и промежуточным подводом пара

7.1. Описание метода

Метод заключается в определении массового расхода холодильного агента через компрессор на отдельном стенде любым методом по ГОСТ 28547 в условиях, соответствующих условиям работы компрессора в составе холодильной машины или агрегата (это относится к температурам кипения, конденсации, перегрева и температуре перед регулирующим вентилем). Метод применяют для машин без промподвода.

7.2. Дополнительные измерения

Для определения холодопроизводительности необходимо при проведении испытания другим методом измерить следующие параметры:

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

3.3.8. Метод G Двухступенчатая машина с полным промежуточным охлаждением жидкости с двухступенчатым дросселированием

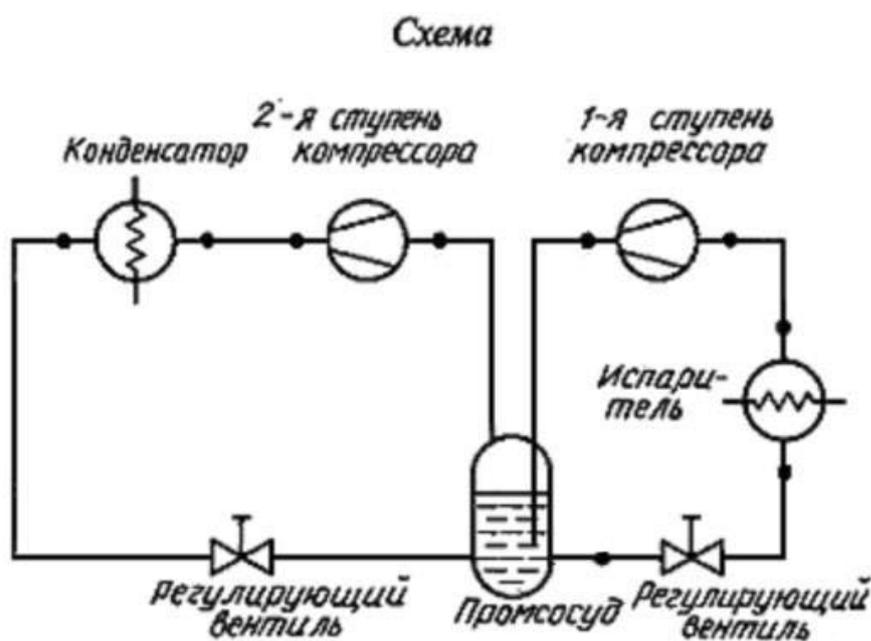


Рисунок 42- Двухступенчатая машина с полным промежуточным охлаждением жидкости с двухступенчатым дросселированием

8.1. Описание

Метод применяют для компрессорно-конденсаторных агрегатов. Компрессорно-конденсаторный агрегат дополняют до холодильной машины вместо испарителя теплоизолированным калориметром, который работает как испаритель.

Определение массового расхода хладагента проводят методом А ГОСТ 28547.

Требования к установившемуся режиму - в соответствии настоящим стандартом

Наша холодильная установка относится к 3 методу испытаний – одноступенчатая машина с промежуточным охлаждением жидкости и промежуточным подводом пара

1. ГОСТ 28564-90 Машины и агрегаты холодильные на базе компрессоров объемного действия.

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

3.4 Обобщение стандартно контролируемых параметров

Ниже была составлена таблица на основе методов испытания холодильных машин. Подобраны необходимые приборы, осуществляющие снятие показаний со всех участков системы. Также измерения были разделены на два вида: Прямые измерения и расчетные измерения. Прямые измерения — это те измерения, значения которых мы снимаем непосредственно с датчиков. Расчетные же измерения нужно высчитывать, используя различные характеристики конкретной холодильной установки.

Выбранный метод В был подобран за счет своей функциональности, благодаря не сложным по исполнению датчикам можно снимать показания на всех необходимых участках. Так же остановился выбор именно на 2 методе, потому что Челябинский компрессорный завод может реализовать именно те датчики и устройства, которые есть в этом методе.

Таблица 3

Основные приборы для снятия показаний

параметр	обозначение	прибор	метод А	метод В	метод С	метод D1 D2	метод D3	метод Е	метод F	метод G
Прямые измерения										
Температура окружающего воздуха	$t_{окр}$	термометр	+	+	+	+	+	+	+	
Температура газа на выходе из испарителя	$t_{г/вых}$ AT1	термометр	+	+	+	+			+	
температура жидкого хладагента на входе в испаритель	$t_{ж/вхA}$ T2	термометр	+	+	+	+		+	+	

параметр	обозначение	прибор	метод А	метод В	метод С	метод D1 D2	метод D3	метод E	метод F	метод G
Температура жидкости на входе/выходе из испарителя	t_{w1}/t_w 2	термометр	+	+	+	+		+	+	
температура жидкого хладагента на выходе расходомера		термометр					+			
температура воздуха (газа) на выходе из воздухоохладителя		термометр	+		+					
температура жидкого хладагента перед регулирующим вентилем	$t_{ж/вхР}$ В	термометр	+	+	+	+	+		+	
температура жидкости на входе в нагреватель	$t_{вхАТ}$ 2	термометр		+						
Температура на выходе из нагревателя	$t_{выхА}$ Т2	термометр		+						
температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора		термометр			+			+	+	

Продолжение таблицы 3

параметр	обозначение	прибор	метод	метод	метод	метод	метод	метод	метод	метод	метод
Температура пара хладагента на входе в конденсатор		термометр			+					+	
Температура жидкого хладагента на выходе из конденсатора		термометр			+					+	
температура пара хладагента перед измерительным устройством		термометр					+				
Температура воды на входе и выходе из компрессора		термометр							+		
Количество теплоты		калориметр									+
Расход ч/з нагреватель	Q	расходомер	+	+		+	+	+			
Объемный расход жидкости	V_w	расходомер	+	+		+	+	+			
Мощность электрическая	$N_э$	ваттметр	+	+	+				+	+	

параметр	обозначение	прибор	Метод А	Метод В	Метод С	Метод D1 D2	Метод D3	Метод Е	Метод F	Метод G
давление жидкого хладагента на выходе расходомера		манометр					+			
Давление пара хладагента на входе в конденсатор		манометр			+				+	
Давление жидкого хладагента на выходе из конденсатора		манометр			+				+	
давление жидкого хладагента перед регулирующим вентилем	$P_{ж/вх}$ P_B	манометр	+	+	+	+	+		+	
давление хладагента на выходе из испарителя	$P_{вых}$ A_{T1}	манометр	+	+	+	+		+	+	
давление кипения хладагента		манометр	+							
давление хладагента перед измерительным устройством		манометр				+				

параметр	обозначение	прибор	Метод А	Метод В	Метод С	Метод D1	Метод D2	Метод D3	Метод Е	Метод F	Метод G
барометрическое давление	$P_{\text{бар}}$	барометр	+	+	+	+		+	+	+	
Расчетные измерения											
Полезная холодопроизводительность	$Q_0^{\text{п}}$		+	+	+	+		+	+	+	+
Тепловой поток	$Q_{\text{кам}}$		+	+	+				+		
Массовый расход	G_a		+	+	+	+		+			
теплопроводим	KF			+							

Окончание таблицы 3

Так как источник теплоты жидкость, полезную холодопроизводительность находим по формуле:

$$1. Q_0^{\text{п}} = V_w \rho_w C_w (t_{w1} - t_{w2}) + Q_{\text{кам}} + Q_s + \Sigma Q_{\text{тр}}$$

V_w – Объемный расход жидкости

ρ_w – Плотность жидкости

C_w – Удельная теплоемкость

t_{w1}/t_{w2} – Температура жидкости на входе/выходе из испарителя

$Q_{\text{кам}}$ – Тепловой поток $Q_{\text{кам}}$ из окружающей среды через стенки калориметра или калориметрической камеры определяют по формуле:

2. $Q_{\text{кам}} = KF(t_{\text{в ср}} - t_{\text{кам ср}})$

Теплопроводимость определяют по трем значениям разности температур, которые должны быть в пределах 10 °С - 40 °С. Температуру воздуха, принимаемую для определения теплопроводимости, определяют, как среднеарифметическое значение температур, измеренных не менее чем в 5 точках на расстоянии 0,15 м от стенки камеры. При плоских стенках точки измерения должны располагаться в середине каждой стенки. Температуры в 5 отдельных точках не должны отличаться друг от друга более чем на 3 °С.

Теплопроводимость камеры определяют по формуле:

3.

$$KF = \frac{N_{\text{кам}}}{t_{\text{в ср}} - t_{\text{кам ср}}}$$

$N_{\text{кам}}$ - Мощность электронагревателей калориметра или камеры

Тепловой поток Q_s к хладоносителю от циркуляционного насоса определяют по формуле:

4.

$$Q_s = N_3 \eta$$

N_3 – Мощность электрическая (потребляемая из сети)

η - КПД двигателя

Тепловые потоки к трубопроводам хладагента определяют по формулам:

а) к трубопроводам хладагента между регулирующим вентилем и испарителем

5.

$$Q_{\text{тр}} = KF(t_{\text{в}} - t_0);$$

t_0 – температура насыщения, соответствующая давлению на выходе из испарителя.

б) к трубопроводам хладагента между испарителем и компрессором

6.

$$Q_{\text{тр}} = KF(t_{\text{в}} - t_{\text{ср}})$$

$t_{\text{ср}}$ - Средняя температура в части циркуляционной системы, принятая в качестве средней температуры наружной поверхности, контактирующей с окружающим воздухом

Массовый расход хладагента определяют по формуле:

если источник теплоты - жидкость

7.

$$G_a = \frac{V_w \rho_w c_w (t_{w1} - t_{w2}) + Q_{\text{кам}} + Q_s \pm \sum Q_{\text{тр}}}{i_7 - i_5}$$

3.5 Разработка схемы испытательного стенда

В созданной схеме были подобраны все приборы, необходимые для правильной работы стенда, такие как: Датчики температуры хладоносителя (ДТ1) и (ДТ2), расходомер РМ. Манометром М измеряем давление на выходе из насоса.

Таблица 4

Сокращения

Обозначение	Наименование
АТ1	Теплообменник фреон-вода
АТ2	Теплообменник вода-вода
ДТ1, ДТ2	Датчики температуры хладоносителя на вх/вых из нагревателя

теплообменника. На входе во второй теплообменник АТ1, к которому подключен объект испытания О.И. расположен датчик температуры хладоносителя ДТ3, для снятия показаний перед взаимодействием горячей воды и объектом испытаний, непосредственно холодильной установкой. После прохождения второго теплообменника стоит второй датчик температуры ДТ4, с него тоже снимаются показания и после мы считаем ΔT , чтобы посмотреть правильность работы стенда, что охлаждение идет в полной мере. В случае поломки, выхода из строя или выработки своего жизненного цикла определенного элемента, во всех необходимых местах стоят шаровые краны ВН, для наиболее удобного разбора системы и замены элемента.

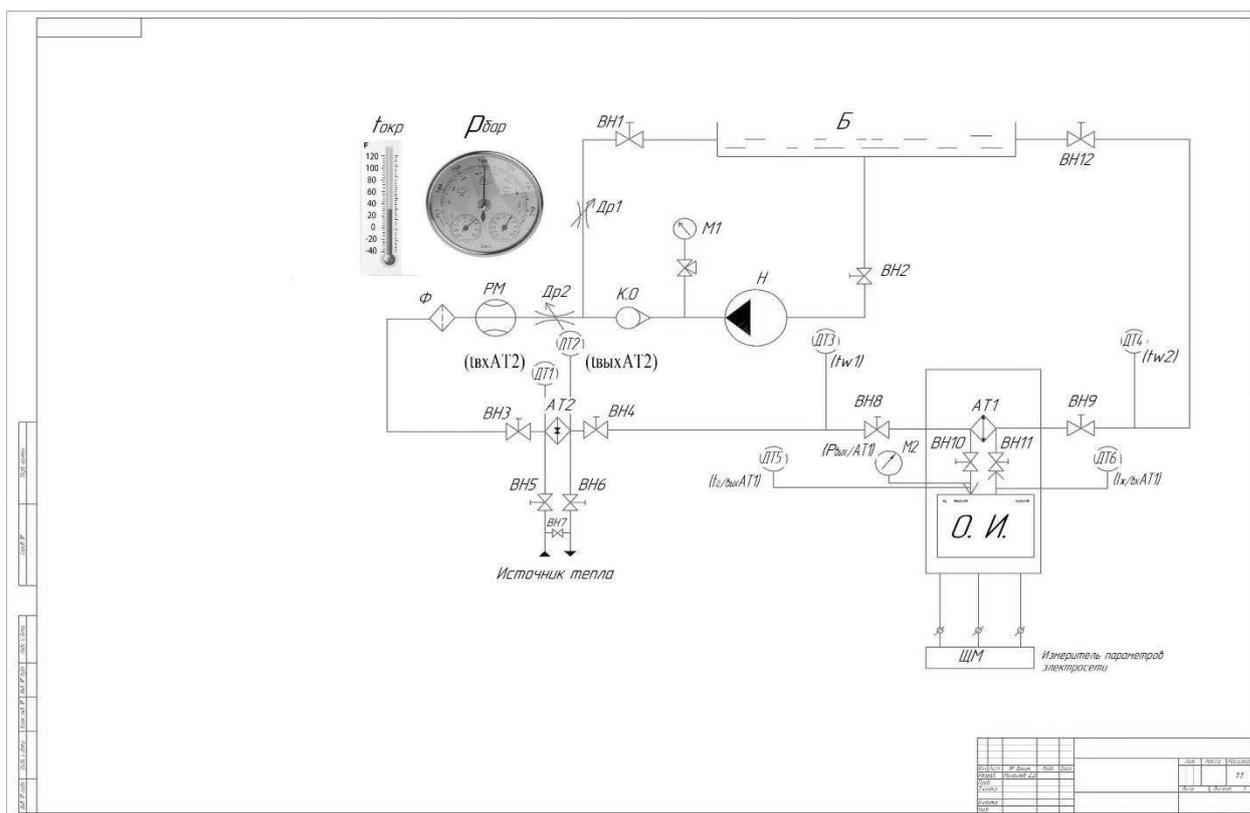


Схема 1- Схема испытательного стенда 1

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

Разработанная схема позволяет реализовать метод А и В из ГОСТ 28564-90 в полном объеме для производимых холодильных машин ООО «Челябинский компрессорный завод».

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Лист
					72

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Все поставленные задачи в данной дипломной работе были выполнены. Изучены стандарты на испытания, схемы стенда в них, на основе которых была разработана схема, позволяющая испытывать холодильные машины по методу В и А из ГОСТ 28564-90 непосредственно на Челябинском компрессорном заводе, так как была оценена материальная база завода для создания стенда. Метод В стал самым подходящим и оптимальным вариантом для реализации. Были изучены принципы действия холодильных машин. Вся схема позволяет исследовать 18 параметров. Цель достигнута.

						Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

2. Быков А.В. Теплообменные аппараты. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 248 с.
3. ГОСТ 2.780-96 межгосударственный стандарт единая система конструкторской документации обозначения условные графические. кондиционеры рабочей среды, емкости гидравлические и пневматические.
4. ГОСТ 2.781-96 межгосударственный стандарт единая система конструкторской документации обозначения условные графические. аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные.
5. ГОСТ 2.782-96 межгосударственный стандарт единая система конструкторской документации обозначения условные графические машины гидравлические и пневматические.
6. ГОСТ 2.784-96 межгосударственный стандарт единая система конструкторской документации обозначения условные графические элементы трубопроводов.
7. ГОСТ 28547-90 Компрессоры холодильные объемного действия
8. ГОСТ 28564-90 Машины и агрегаты холодильные на базе компрессоров объемного действия.
9. ГОСТ 51360-99 Компрессоры холодильные. Требования безопасности и методы испытаний.
10. Кобулашвили Ш.Н. Холодильная техника. Энцикл. справ. книга 1. — Л.: Госторгиздат, 1960. — 544 с.
11. Лепаев Д.А. Справочная книга механика по ремонту холодильников. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 200 с.
11. Маркетинговые и исследовательские отчеты от Tebiz group – одной из ведущих компаний на рынке готовых маркетинговых исследований: <https://tebiz.ru/mi/rynok-kholodilnykh-kompressorov-v-rossii>.

12. Н.Н.Кошкин, И.А.Сакун Учебное пособие по изучению теории, анализа и методик расчета холодильных машин и их элементов 1985г — 510с

13. Пеклов А.А. Гидравлические машины и холодильные установки. — К.: Вища школа, 1971. — 280.

14. Принцип действия холодильных компрессоров:

https://studopedia.ru/11_75450_vintovie-i-rotornie-holodilnie-kompressori.html.

15. П. Жаккар, С.Сандр Пособие для холодильщиков-практиков, 2002г.

16. Руководство по проектированию промышленных холодильных систем
Danfoss

17. Страхович К.И., Френкель М.И., Кондряков И.К., Рис В.Ф. «Компрессорные машины», государственное издательство торговой литературы, Москва. 1961г.

18. Черкасский В.М. «Насосы, вентиляторы, компрессоры», 1984г.

19. Чумак И.Г., Чепурненко В.П. и др. Холодильные установки. — М.: ВО, Агропромиздат, 1991. — 495 с