

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГТУ»)

Институт механики, робототехники, инженерии транспортных и  
технических систем  
Кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения

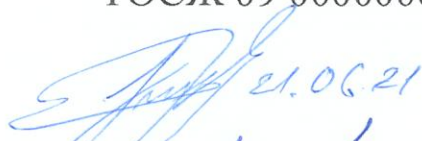
## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по направлению: 16.05.01 – Специальные системы жизнеобеспечения

на тему: «Проект холодильной установки цеха производства кофе в  
ООО «Нестле-Кубань»»

ТОСЖ 09 00000000 ПЗ

Автор



К.О. Попов

Руководитель



Ю.С. Беззаботов

Консультанты:

по безопасности  
и экологичности



Т.П. Бажина

по экономике



Т.Г. Гурнович

Нормоконтролер

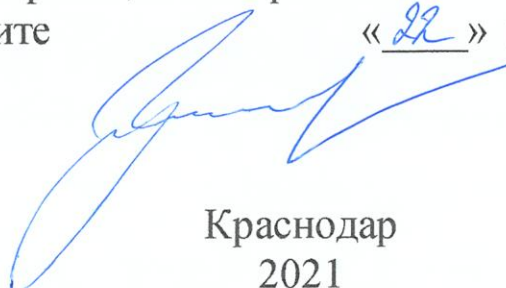


Ю.С. Беззаботов

Выпускная квалификационная работа  
допущена к защите

«22» июня 2021 г

Зав. кафедрой



А.В. Гукасян

Краснодар  
2021

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГТУ»)

Институт Механики, робототехники, инженерии транспортных и  
технических систем

Кафедра Технологического оборудования и систем жизнеобеспечения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
ТОСЖ, доцент

  
\_\_\_\_\_ Гукасян А.В.  
\_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

по направлению: 16.05.01 – Специальные системы жизнеобеспечения.

студенту Попов К.О.  
(фамилия, имя и отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: «Проект холодильной установки  
цеха производства кофе в ООО «Нестле Кубань»

Утверждена приказом ректора университета от «10» «03» 2021 г. № 438 с/р

Руководитель: доцент, к.т.н. Беззаботов Ю.С.

Консультанты (с указанием относящихся к ним разделов):

1. Экономика
2. Безопасность и экологичность
3. \_\_\_\_\_

Срок сдачи выпускной квалификационной работы на кафедру 29.06.2021г.

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## РАБОТЫ

МЕСЯЦ	ЧИСЛА МЕСЯЦА																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
февраль																																
март																																
апрель																																
май																																
июнь																																

Студент Александр Александрович  
 (подпись, дата) 07.06.21

Руководитель Александр Александрович  
 (подпись, дата) 21.06.21

## Реферат

Дипломный проект 66с, 11 рисунков, 6 источника, 8 листов графической части формата А1

НЕСТЛЕ, АММИАК, СО2, КОМПРЕССОРНЫЙ ЦЕХ, ХОЛОДНАЯ КОМНАТА, КОФЕ, ВИНТОВОЙ КОМПРЕССОР, ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ.

Объектом разработки дипломного проекта является холодильная установка кофейного завода НЕСТЛЕ. Цель разработки- Расширение камеры заморозки кофейного экстракта.

Пояснительная записка содержит описание технологического процесса производства кофе, описание технологического процесса получения холода, описание каскадной холодильной установки, расчет и подбор холодильного оборудования, проектирование автоматизации, расчеты по охране труда и экономические показатели проекта.

Проектирование холодной установки состоит следующих расчётов:

1. Теплотехнический расчет камеры
2. Расчет холодильного оборудования
3. Определение холодопроизводительности и теплопроизводительности
4. Подбор оборудования

					ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Попов К.О.	<i>К.О. Попов</i>	21.06.21			
Провер.		Беззаботов И.И.	<i>И.И. Беззаботов</i>	21.06.21		4	66
Н. Контр.		Беззаботов И.И.	<i>И.И. Беззаботов</i>	21.06.21			
Утв.		Гучаева А.В.	<i>А.В. Гучаева</i>	21.06.21			
					КубГТУ КТОиСЖ гр.16-М-СЖ1		

## Содержание выпускной квалификационной работы

Введение:

1. Процесс производства кофе
2. Описание технологического процесса получения холода
3. Описание системы холодильной машины
4. Заморозка кофейного экстракта
5. Расширение «холодной комнаты»
6. Теплотехнический расчет камеры
7. Расчет холодильного оборудования
8. Автоматизация холодильной установки
9. Безопасность и экологичность проекта
10. Экономические показатели проекта

Заключение

Общее количество листов ПЗ 63 с.

### Объем иллюстративной части

1. <u>План холодной комнаты.</u>	<u>ТОСЖ 09.00.00.000 ВО</u>
2. <u>Компрессор.</u>	<u>ТОСЖ 09.00.00.000 МЧ</u>
3. <u>Пластинчатый испаритель-конденсатор.</u>	<u>ТОСЖ 09.00.00.000 ВО</u>
4. <u>Помещение АНУ.</u>	<u>ТОСЖ 09.00.00.000 ВО</u>
5. <u>Компрессорный цех.</u>	<u>ТОСЖ 09.00.00.000 ВО</u>
6. <u>Технологическая схема.</u>	<u>ТОСЖ 05.00.00.000 Т2</u>
7. <u>Технологическая схема.</u>	<u>ТОСЖ 05.00.00.000 Т3</u>
8. <u>Холодильная установка на <math>t_0 - 17^\circ\text{C}</math></u>	<u>ТОСЖ 05.00.00.000 Т2</u>

Общее количество листов иллюстрационной части 8

## Реферат

Дипломный проект \_\_с, \_\_ рисунков, \_\_ источника , 8 листов графической части формата А1

НЕСТЛЕ, АММИАК, СО2, КОМПРЕССОРНЫЙ ЦЕХ, ХОЛОДНАЯ КОМНАТА, КОФЕ, ВИНТОВОЙ КОМПРЕССОР, ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ.

Объектом разработки дипломного проекта является холодильная установка кофейного завода НЕСТЛЕ. Цель разработки- Расширение камеры заморозки кофейного экстракта.

Пояснительная записка содержит описание технологического процесса производства кофе, описание технологического процесса получения холода, описание каскадной холодильной установки, расчет и подбор холодильного оборудования, проектирование автоматизации, расчеты по охране труда и экономические показатели проекта.

Проектирование холодной установки состоит следующих расчётов:

1. Теплотехнический расчет камеры
2. Расчет холодильного оборудования
3. Определение холодопроизводительности и теплопроизводительности
4. Подбор оборудования

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Попов К.О.				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.							4	66
Н. Контр.					КубГТУ КТОиСЖ гр.16-М-СЖ1			
Утв.								

## Содержание

Введение.....	4
<b>1. Процесс производства кофе. ....</b>	<b>5</b>
1.1 Сушка зеленого кофе.....	5
2.1 Обжарка.....	5
1.3 Образующиеся отходы.....	6
1.4 Экстракция кофе.....	7
2. Описание технологического процесса получения холода.....	8
3.Описание системы холодильной машины.....	9
3.1 Цикл верхней ветви каскада (холодильный агент R717).....	10
3.2 Цикл нижней ветви каскада (холодильный агент R744).....	11
3.3 система аварийного освобождения оборудования.....	14
3.4 Заполнение (пополнение) аммиачной холодильной установки жидким аммиаком.....	16
3.5 Заполнение (пополнение) холодильной установки жидким CO2....	16
4.Заморозка кофейного экстракта.....	19
5.Расширение «холодной комнаты».....	22
5.1 Планировка охлаждаемых помещений.....	22
5.2 Расчет толщины теплоизоляции холодной комнаты.....	23
6. Теплотехнический расчет камеры.....	26
6.1 Производительность конвейера.....	26
6.2 Теплоприток от продукта.....	27
6.3 Теплоприток от ограждений.....	28
6.4 Эксплуатационные теплопритоки.....	29
6.5 Предварительные общие теплопритоки.....	29
6.6 Объем воздуха циркулирующий через АХУ.....	29
6.7 Количество АХУ.....	30
6.8 Конечный расчет.....	30
6.9 определение нагрузки на оборудование.....	31
7.Расчет холодильного оборудования.....	32
7.1 Тепловой расчет компрессора.....	32

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

## Содержание

Введение.....	4
<b>1. Процесс производства кофе. ....</b>	<b>5</b>
1.1 Сушка зеленого кофе.....	5
2.1 Обжарка.....	5
1.3 Образующиеся отходы.....	6
1.4 Экстракция кофе.....	7
2. Описание технологического процесса получения холода.....	8
3.Описание системы холодильной машины.....	9
3.1 Цикл верхней ветви каскада (холодильный агент R717).....	10
3.2 Цикл нижней ветви каскада (холодильный агент R744).....	11
3.3 система аварийного освобождения оборудования.....	14
3.4 Заполнение (пополнение) аммиачной холодильной установки жидким аммиаком.....	16
3.5 Заполнение (пополнение) холодильной установки жидким CO <sub>2</sub> ....	16
4.Заморозка кофейного экстракта.....	19
5.Расширение «холодной комнаты».....	22
5.1 Планировка охлаждаемых помещений.....	22
5.2 Расчет толщины теплоизоляции холодной комнаты.....	23
6. Теплотехнический расчет камеры.....	26
6.1 Производительность конвейера.....	26
6.2 Теплоприток от продукта.....	27
6.3 Теплоприток от ограждений.....	28
6.4 Эксплуатационные теплопритоки.....	29
6.5 Предварительные общие теплопритоки.....	29
6.6 Объем воздуха циркулирующий через АХУ.....	29
6.7 Количество АХУ.....	30
6.8 Конечный расчет.....	30
6.9 определение нагрузки на оборудование.....	31
7.Расчет холодильного оборудования.....	32
7.1 Тепловой расчет компрессора.....	32

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3



## Содержание

Введение.....	4
<b>1. Процесс производства кофе. ....</b>	<b>5</b>
1.1 Сушка зеленого кофе.....	5
2.1 Обжарка.....	5
1.3 Образующиеся отходы.....	6
1.4 Экстракция кофе.....	7
2. Описание технологического процесса получения холода.....	8
3.Описание системы холодильной машины.....	9
3.1 Цикл верхней ветви каскада (холодильный агент R717).....	10
3.2 Цикл нижней ветви каскада (холодильный агент R744).....	11
3.3 система аварийного освобождения оборудования.....	14
3.4 Заполнение (пополнение) аммиачной холодильной установки жидким аммиаком.....	16
3.5 Заполнение (пополнение) холодильной установки жидким CO2....	16
4.Заморозка кофейного экстракта.....	19
5.Расширение «холодной комнаты».....	22
5.1 Планировка охлаждаемых помещений.....	22
5.2 Расчет толщины теплоизоляции холодной комнаты.....	23
6. Теплотехнический расчет камеры.....	26
6.1 Производительность конвейера.....	26
6.2 Теплоприток от продукта.....	27
6.3 Теплоприток от ограждений.....	28
6.4 Эксплуатационные теплопритоки.....	29
6.5 Предварительные общие теплопритоки.....	29
6.6 Объем воздуха циркулирующий через АХУ.....	29
6.7 Количество АХУ.....	30
6.8 Конечный расчет.....	30
6.9 определение нагрузки на оборудование.....	31
7.Расчет холодильного оборудования.....	32
7.1 Тепловой расчет компрессора.....	

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## Содержание

Введение.....	7
<b>1. Процесс производства кофе. ....</b>	<b>8</b>
1.1 Сушка зеленого кофе.....	8
2.1 Обжарка.....	8
1.3 Образующиеся отходы.....	9
1.4 Экстракция кофе.....	9
2. Описание технологического процесса получения холода.....	12
3.Описание системы холодильной машины.....	13
3.1 Цикл верхней ветви каскада (холодильный агент R717).....	13
3.2 Цикл нижней ветви каскада (холодильный агент R744).....	14
3.3 система аварийного освобождения оборудования.....	17
3.4 Заполнение (пополнение) аммиачной холодильной установки жидким аммиаком.....	19
3.5 Заполнение (пополнение) холодильной установки жидким CO2....	22
4.Заморозка кофейного экстракта.....	23
5.Расширение «холодной комнаты».....	26
5.1 Планировка охлаждаемых помещений.....	26
5.2 Расчет толщины теплоизоляции холодной комнаты.....	26
6. Теплотехнический расчет камеры.....	30
6.1 Производительность конвейера.....	30
6.2 Теплоприток от продукта.....	30
6.3 Теплоприток от ограждений.....	31
6.4 Эксплуатационные теплопритоки.....	32
6.5 Предварительные общие теплопритоки.....	33
6.6 Объем воздуха циркулирующий через АХУ.....	33
6.7 Количество АХУ.....	34
6.8 Конечный расчет.....	34
6.9 определение нагрузки на оборудование.....	34
7.Расчет холодильного оборудования.....	36
7.1 Тепловой расчет компрессора.....	36

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

7.2 Расчет пластинчатого испарителя-конденсатора.....	41
7.3 Подбор воздухоохладителя.....	43
8. Автоматизация холодильной установки.....	45
9.Безопасность и экологичность проекта.....	49
10. Экономические показатели проекта.....	54
Заключение.....	65
Список используемой литературы.....	66

## Ведение

История кофе берет начало с древнейших времен и уходит корнями в первые цивилизации Ближнего Востока. Первоначально кофе готовился как отвар из высушенной оболочки кофейных зерен. Затем возникает идея обжаривания этих зерен на углях. Обжаренную кожуру и небольшое количество серебристой шкурки засыпали на пол часа в кипящую воду.

В настоящее время, на нашем заводе кофе проходит множество производственных этапов, прежде чем попасть к вам на стол.

Производство растворимого кофе начинается с зеленых кофейных зерен, которые прибывают в Новороссийский порт из Индии и Вьетнама. В порту, упакованный в большие мешки кофе, грузят в контейнеры и отправляют в город Тимашевск на грузовиках. Поступивший на завод зеленый кофе, отправляется на склад. Со склада с помощью труб и сжатого воздуха кофе подается на участок обжарки. Обжаренный кофе транспортируется на участок экстракции. На этом участке обжаренный кофе варят в огромных котлах, затем с помощью пресса отделяют жидкость от кофейного жмыха. Жмых отправляется в котельную и служит твердым топливом для промышленных котлов. Отделенная жидкость, так называемый «кофейный концентрат», поступает в промышленный миксер, где ее вспенивают с добавлением CO<sub>2</sub>. Получившаяся масса называется саке она поступает в холодную комнату где равномерно распределяется по транспортеру длина которого около 40 метров, к концу движения кофе на транспортере застывает, на выходе замерзшую массу дробят на мелкие частицы. Эти частицы поступают на этап сублимационной сушки, на этом этапе из кофейных частиц удаляется замерзшая вода, минуя жидкое состояние с помощью низкого давления и высокой температуры. Далее кофе проходит множество этапов сортировки и поступает в отдел упаковки.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

## 1 Процесс производства кофе

### 1.1 Сушка зеленого кофе

Поскольку влажность зеленого зерна в среднем составляет около 10%, нам необходимо высушить зерно, прежде чем мы начнем процесс обжаривания. В этот момент чрезвычайно важно контролировать температуру обжарки, так как вы не хотите сжечь кофе в процессе сушки. Когда эта стадия переходит в следующую, температура кофе будет около 160 °С.

### 1.2 Обжарка

Первой реакцией кофейных зерен является изменение цвета. Эта стадия, в процессе которой аромат зерна начинает развиваться. Другими словами, мы преобразуем простые ароматы в комплексные ароматические соединения. Хотя эта стадия является следующей, но стадия сушки к этому моменту ещё не завершена. На данном этапе зерно проходит реакцию Майяра. Это означает, что природные сахара и аминокислоты в кофейных зернах начинают реагировать и создают характерный для них цвет и вкус. Естественно, обжарка начинает замедляться после этой реакции. Это означает, что зерно расширяется, что приводит нас к следующему этапу. После первого крэка, раскрытое зерно начинает выделять все тепло, которое накапливалось на предыдущих этапах, что называется экзотермическим нагревом. Этот этап обжаривания помогает вам достичь желаемых ароматических соединений. Степень обжарки является одним из самых важных факторов, который следует использовать для идентификации стиля обжарки. Цвет зерна может сказать вам многое, когда вы ищете идеальный профиль.

У светло обжаренных зерен может быть скисший или кислотный вкус, в то время как темная обжарка имеет более вязкий, горький вкус.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

В тоже время, светлая обжарка раскрывает фруктовые ноты, а темно-обжаренные зерна имеют слегка поджаренный вкус. Это возможно, потому что светло обжаренные зерна содержат органическое соединение гидроксиметилфурфурол, которое придает светло обжаренному зерну фруктовый вкус. Это соединение, однако, разрушается, когда процесс обжарки идет дальше, что приводит к жженому вкусу. По сути, мы можем предположить, что светлая обжарка позволяет добиться более чистого вкуса кофе. Светло обжаренный кофе легче сравнивать друг с другом, чем темно обжаренный.

Степень обжарки играет самую большую роль, когда дело доходит до определения окончательного вкуса кофе. Время обжарки, однако, также играет важную роль в этом процессе. Основным принципом здесь является то, что сплоченность между всеми этапами является наиболее важной. При быстрой обжарке вы создаете больше ароматических соединений, но рискуете сжечь кофе. Когда вы обжариваете медленно, у вас есть больше контроля над развитием вкуса.

### 1.3 Образующиеся отходы

Когда мы закончим обжаривать кофейные зерна, необходимо избавиться от отходов, которые были созданы в процессе. Наш внешний циклон — это аксессуар, который очищает от шелухи, возникшей в процессе обжарки. Поскольку внешний циклон собирает шелуху, зерна, выгружаемые на охладитель уже отделены от нее и могут быть использованы непосредственно после охлаждения.

### 1.4 Экстракция кофе

После обжарки кофе дробится и направляется в экстракционные батареи. Загрузка кофе в батареи происходит из подвижной тележки под

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

вакуумом. В начале загрузки вакуум в экстракторе составляет 400 мм вод. ст., во время загрузки вакуум падает до 100-150 мм вод. ст. Вакуум создается и поддерживается в экстракторе эжектором.

В загруженный экстрактор снизу подают подогретую в водоподогревателе до 90° С воду. Подачу воды осуществляют со скоростью 200-300 л/ч до тех пор, пока жидкость не появится из пробного краника, расположенного в верхней части экстрактора.

Воду на входе в экстрактор доводят до температуры 110° С, поднимая давление до 3 кг/см<sup>2</sup> (294 кн/м<sup>2</sup>). Под таким давлением воду продолжают подавать в первый экстрактор, увеличивая скорость подачи до 550-600 л/ч; вода вытесняет экстракт кофе.

Выходящий из первого экстрактора экстракт кофе нагревают в первом промежуточном теплообменнике и температурой 90° С подают (выдавливают свежей водой) во второй экстрактор. Жидкость, проходя снизу вверх через слой кофе, экстрагирует из него водорастворимые вещества.

Таким образом жидкость проходит последовательно через все шесть экстракционных аппаратов, насыщаясь экстрактивными веществами кофе. В последнем экстракторе температура жидкости доходит до 170° С и давление в аппарате поднимается до 12 кг/см<sup>2</sup> (999,6 кн/м<sup>2</sup>).

Полный цикл экстракции длится 7-8 ч. В каждый экстрактор закладывают по 165 кг гранулированного кофе.

В ходе экстракции повышение температуры воды и экстракта до точки кипения недопустимо,

поэтому при необходимости поднять температуру предварительно соответственно повышают давление в экстракторе до величины, обеспечивающей отсутствие закипания. Полученный экстракт должен иметь

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

pH не менее 4,7. Если pH меньше, следует смягчить режим экстракции, т. е. понизить температуру и давление.

В батарее всегда находятся загруженными пять экстракторов, а шестой стоит под разгрузкой-загрузкой.

При разгрузке и загрузке очередной экстрактор и промежуточный подогреватель изолируют от остальных, перекрывая соответствующие краны. Выгрузка шлама из экстрактора производится с помощью пара. От каждого экстрактора отбирают по 180-200 кг экстракта. Перед заполнением экстрактор и трубопроводы промывают водой. При работе на описываемой установке отбор экстракта можно начинать с четвертого экстрактора.

К моменту отбора экстракта из шестого экстрактора в первом заканчивается процесс экстракции и он становится под разгрузку - выгрузку.

Экстракт отбирают из батареи с содержанием 27-28% сухих веществ. Контроль за проведением технологического процесса на экстракционной батарее и управление осуществляется автоматическими приборами.

Далее концентрированный экстракт перерабатывают с помощью одной из двух технологий: «спрей драй» или «фриз драй». Во время «спрей драй» экстракт распыляют горячим воздухом, который «схватывает» капельки кофе, после чего они превращаются в порошок. Это старая технология, сейчас ей пользуются уже редко. Большинство производителей работают по технологии «фриз драй» — заморозка: экстракт подают в сублиматоры, распыляют и замораживают.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11



## 2 Описание технологического процесса получения холода

Технологический процесс получения холода основан на способности холодильного агента кипеть при заданной температуре путем поддержания давления.

Отнимая теплоту от охлаждаемой среды в испарительной системе, жидкий холодильный агент кипит, образовавшийся пар отсасывается компрессором и сжимается в нем до давления, обеспечивающего конденсацию пара за счет отвода теплоты охлаждающей водой (аммиачная система) или кипящим аммиаком (углекислотная система).

Конденсация пара аммиака происходит в испарительных конденсаторах, из которых, дросселируясь, жидкий аммиак поступает в испарительную систему. Отнимая теплоту от охлаждаемой среды в испарительной системе, жидкий аммиак кипит.

Конденсация пара двуокиси происходит в испарителях-конденсаторах, из которых, дросселируясь, жидкая двуокись углерода поступает в циркуляционные ресиверы, а затем насосами подается в испарительную систему. Отнимая теплоту от охлаждаемой среды в испарительной системе, жидкая двуокись углерода кипит. Образовавшийся пар отсасывается компрессором и сжимается в нем до давления обеспечивающего конденсацию пара за счет отвода теплоты.

На этом технологический процесс получения и использования холода заканчивается.

Холодильная установка состоит из компрессорных агрегатов, теплообменного, емкостного и насосного оборудования и работает в замкнутом цикле.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

### 3 Описание схемы холодильной машины.

Принципиальная схема аммиачной холодильной установки фабрики по производству натурального растворимого кофе торговой марки «Nescafe» предприятия ООО «Нестле Кубань».

Краткое описание работы холодильной установки приведено ниже.

Каскадная установка. Верхняя ветвь каскада (хладагент аммиак, R717), работает на  $T_0 = \text{минус } 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Нижняя ветвь каскада (хладагент двуокись углерода, R744),  $T_0 = \text{минус } 49 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{минус } 52 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{минус } 17 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кроме того, в данной системе происходит приготовление хладоносителя с температурами  $4/10^\circ\text{C}$ .

#### 3.1 Цикл верхней ветви каскада (холодильный агент R717)

Агрегаты компрессорные винтовые сжимают пары аммиака до давления нагнетания не более 1,5 МПа и с температурой не более  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сжатый пар, пройдя маслоотделители, поступает в испарительные конденсаторы, где аммиак конденсируется за счет охлаждения его паров оборотной водой и через дросселирующее устройство сливается в экономайзер, где автоматически поддерживается промежуточное давление. Экономайзер служит для повышения производительности холодильной установки за счет переохлаждения основного потока жидкого аммиака аммиаком, кипящим при промежуточном давлении, пары которого отсасываются компрессорами полость промежуточного подсоса и всасываются компрессорами через регулятор поддержания давления.

Из экономайзера одна часть жидкого аммиака направляется на подпитку питателей с функцией отделителей жидкости, Из питателей жидкий аммиак поступает в пластинчатые испарители-конденсаторы, где отводит тепло от конденсирующегося холодильного агента R744 ( $\text{CO}_2$ ). В испарителях-конденсаторах жидкий аммиак кипит при температуре  $\text{минус } 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Образовавшаяся при этом парожидкостная смесь поступает в питатели с

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

функцией отделения жидкости, где в результате падения скорости происходит разделение паровой и жидкостной фракций. Жидкий аммиак возвращается в испарители-конденсаторы, а газообразный отсасывается компрессорами.

Другая часть жидкого аммиака направляется на подпитку питателей с функцией отделителей жидкости. Из питателей жидкий аммиак поступает в пластинчатые испарители, где кипит при температуре 0,5 °С отводя тепло от хладоносителя (воды) охлаждая ее с 10 °С до 4 °С. Образовавшаяся при этом парожидкостная смесь поступает в питатели с функцией отделения жидкости, где в результате падения скорости происходит разделение паровой и жидкостной фракций. Жидкий аммиак возвращается в пластинчатые испарители а газообразный отсасывается компрессорами.

Цикл повторяется.

Заданная температура кипения аммиака в испарителях-конденсаторах поддерживается автоматически.

### 3.2 Цикл нижней ветви каскада (холодильный агент R744)

Жидкая двуокись углерода (R744) из испарителей-конденсаторов поступает при температуре минус 17 °С в ресивер линейный поз. Из линейного ресивера жидкая двуокись углерода поступает через дроссельный вентиль в ресиверы циркуляционные:

– при температуре кипения минус 52 °С;

– при температуре кипения минус 49 °С.

Часть жидкой двуокиси углерода забирается из линейного ресивера насосами и направляется на предварительные охладители, где кипит при температуре минус 17 °С. Образовавшийся при этом пар возвращается в линейный ресивер.

Из циркуляционного ресивера жидкая двуокись углерода насосами направляется в воздухоохладители.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>14</i>

Из ресиверов циркуляционных жидкая двуокись углерода насосами направляется в сублимационные сушилки там она кипит при установленной температуре, отнимая тепло от охлаждаемых продуктов.

Образовавшийся при этом пар поступает в циркуляционные ресиверы, а затем во всасывающий коллектор компрессорных агрегатов. Из коллектора компрессоры забирают пар и сжимают его до давления конденсации.

Сжатый пар после маслоотделителей компрессорных агрегатов поступает в охладитель газа, где сбивается перегрев. Сбив перегрева осуществляется за счет кипения двуокиси углерода подаваемой из линейного ресивера. Далее сжатый охлажденный пар поступает для дополнительной отчистки от масла в фильтры тонкой очистки. После фильтров пар поступает в испарители-конденсаторы, где конденсируется, отдавая тепло кипящему аммиаку. Сконденсировавшиеся пары двуокиси углерода поступают в линейный ресивер и цикл повторяется.

Система работающая на температуру кипения 0.5 °С

Для приготовления воды с температурой +4°С, идущей на технологические нужды предприятия служит автономная холодильная установка с дозированной заправкой хладагента - аммиака.

Компрессорный агрегат сжимает пары аммиака до давления нагнетания не более 1,5 МПа и с температурой не более 90 °С. Сжатый пар, пройдя маслоотделитель, поступает в конденсатор пластинчатый, где аммиак конденсируется за счет охлаждения его паров оборотной водой. Затем жидкий аммиак через дросселирующее устройство поступает в питатель с функцией отделителя жидкости и, далее, в пластинчатый испаритель, где отбирая тепло у воды, аммиак кипит при температуре 0,5°С.

Пары аммиака возвращается в питатель с функцией отделителя жидкости откуда отсасывается компрессорным агрегатом.

## Система подачи охлажденной воды на технологические нужды

Существуют две независимые системы циркуляции воды на технологические нужды.

### 1-я система

Вода с температурой 10°C из теплой секции двухсекционного бака для технологической воды забирается насосами и подается в испарители пластинчатые, где охлаждается до температуры 4°C. Охлажденная вода сливается в холодную секцию бака. Из этой секции насосы внешнего контура забирают воду температурой +4°C и подают ее потребителю. От потребителя отепленная вода с температурой 10°C сливается в теплую секцию бака.

### 2-я система

Вода из бака оборотной воды забирается насосами и подается на потребители. Отепленная вода после потребителей возвращается в бак оборотной воды.

### Система охлаждения маслоохладителей компрессоров

Для охлаждения масла, подаваемого на смазку трущихся поверхностей винтовых компрессорных агрегатов, используется водный 30% раствор этиленгликоля, который циркулирует с помощью насосов и в свою очередь, охлаждается в двух испарительных охладителях жидкости.

Для охлаждения масла компрессора используется обратная вода, подаваемая с помощью насоса, которая в свою очередь, охлаждается в градирне.

### Система оборотного водоснабжения.

Система оборотного водоснабжения предназначена для охлаждения испарительных конденсаторов, испарительных охладителей жидкости и пластинчатого конденсатора.

Испарительный конденсатор объединяет в одном аппарате функции конденсатора и градирни. Охлаждающая конденсаторы вода циркулирует по замкнутому контуру. Из поддона конденсаторов и охладителей жидкости вода сливается в бак. Из бака вода забирается насосами и подается на форсунки конденсаторов и охладителей жидкости.

В пластинчатом конденсаторе происходит конденсация паров аммиака. Теплота конденсации отводится водой подаваемой в пластинчатый конденсатор насосом. Нагретая в конденсаторе вода подается в градирню где за счет испарения охлаждается. Охлажденная вода сливается в бак оборотной воды. Из бака вода забирается насосом и подается на пластинчатый конденсатор. Цикл повторяется.

### 3.3 Система аварийного освобождения оборудования.

Для экстренного сброса аммиака при авариях или ремонте холодильная установка имеет дренажную ресивер. Дренажный ресивер рассчитан на прием аммиака из наиболее аммиакоемкого сосуда — экономайзера.

Маслопроводы (холодильный агент R717)

Заправка системы маслом осуществляется вручную через вентили, установленные на всех компрессорных агрегатах. Каждый компрессорный агрегат имеет собственную систему смазки, включающую маслоотделитель/маслосборник, маслоохладитель, фильтры для очистки масла и необходимую регулируемую арматуру.

Масло циркулирует по замкнутому контуру. Аммиачно-масляная смесь, нагнетаемая компрессором, проходит через маслоотделитель, где масло отделяется от паров аммиака и сливается в маслосборник. Циркуляция масла осуществляется насосом. Регулирование температуры масла осуществляется с помощью трехходового клапана. Для подогрева масла перед пуском компрессорных агрегатов после длительной стоянки в маслосборниках установлены электронагреватели.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Часть масла, несмотря на установленные на компрессорных агрегатах маслоотделители, может попасть в систему и накапливаться в аппаратах и сосудах холодильной установки. Для периодического удаления масла из компрессорных агрегатов, дренажного ресивера и аппаратов предусмотрен маслосборник, система дренажных трубопроводов и маслопроводов. При необходимости опорожнения маслосборника пар аммиака отсасывается компрессорами через циркуляционный ресивер, а масло подогревается нагревательным элементом расположенном в маслосборнике. Выпуск масла осуществляется в емкость на наружной площадке.

#### Маслопроводы (холодильный агент R717)

Заправка системы маслом осуществляется вручную через вентили, установленные на всех компрессорных агрегатах. Каждый компрессорный агрегат имеет собственную систему смазки, включающую маслоотделитель/маслосборник, маслоохладитель, фильтры для очистки масла и необходимую регулируемую арматуру. Масло циркулирует по замкнутому контуру. Двуокись углерода-масляная смесь, нагнетаемая компрессором, проходит через маслоотделитель, где масло отделяется от паров аммиака и сливается в маслосборник.

Циркуляция масла осуществляется насосом. Регулирование температуры масла осуществляется с помощью трехходового клапана. Для подогрева масла перед пуском компрессорных агрегатов после длительной стоянки в маслосборниках установлены электронагреватели.

Несмотря на установленные на компрессорных агрегатах маслоотделители, часть масла, может попасть в систему. Для дополнительного отделения масла используются фильтры тонкой очистки

Часть масла, несмотря на установленные маслоотделители и фильтры тонкой очистки, может попасть в систему и накапливаться в аппаратах и сосудах холодильной установки откуда осуществляется его возврат в компрессорные агрегаты.

Описание системы возврата масла в компрессорные агрегаты.

Поскольку плотность масла меньше плотности двуокиси углерода, масло скапливается на поверхности жидкой двуокиси углерода. От туда по маслопроводам масло периодически (за счет разности давлений) передавливается в маслосборник. Из маслосборника, масло периодически, по мере надобности, подается в компрессорные агрегаты. При необходимости опорожнения маслосборника пар двуокиси углерода отсасывается компрессорами через циркуляционный ресивер, а масло подогревается нагревательным элементом расположенном в маслосборнике. Выпуск масла осуществляется в емкость на наружной площадке.

Система удаления неконденсирующихся газов.

Несмотря на герметичность системы аммиачного оборудования и трубопроводов, в систему могут попадать неконденсирующиеся газы. Основной составной частью этих неконденсирующихся газов является воздух.

Наличие неконденсирующихся газов (воздуха) в системе увеличивают риск повышения давления конденсации. Удаление воздуха осуществляется автоматически воздухоотделителем.

Смесь аммиака, воздуха и других неконденсирующихся газов отбирается из поплавковых регуляторов установленных после слива аммиака испарительных конденсаторов в автоматическом режиме. В воздухоотделителе происходит конденсация паров аммиака за счет отвода теплоты автономной фреоновой холодильной машиной при температуре кипения минус 30 °С, а неконденсирующиеся примеси по мере накопления удаляются из системы через сосуд с водой.

3.4 Заполнение (пополнение) Аммиачной холодильной установки жидким аммиаком.

Первичное заполнение аммиачной системы в проекте предусмотрено из автомобильной цистерны. Пополнение предусмотрено из баллонов через

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>19</i>



узел заправки. Узел заправки устанавливается в запирающемся металлическом ящике. Перед операцией слива аммиака должен быть опорожнен приямок, предназначенный для сбора возможных проливов аммиака, подготовлены к работе технические устройства системы локализации и ликвидации аварии. Готовность системы к заполнению и разрешение о заполнении системы оформляется соответствующими актами. Операция слива жидкого аммиака относится к газоопасным работам II группы. Выполнение всех работ по сливу жидкого аммиака (заполнение и/или пополнение системы) должно производиться по соответствующей инструкции, утвержденной главным инженером предприятия.

При наполнении аммиачной системы на баллоне проверяют клеймо, окраску и надпись, исправность арматуры и наличие сертификата качества. Перед началом заправки производится аналитический контроль поступившего аммиака на соответствие требованиям.

Отбор проб производится через специально предназначенную для этих целей арматуру транспортировочной емкости. Прибывшую на предприятие автомобильную цистерну с аммиаком принимает от лица, сопровождающего цистерну, по акту ответственное лицо предприятия. После осмотра цистерны ответственные с обеих сторон лица дают письменное заключение о состоянии цистерны и возможности проведения работ по сливу, либо, при обнаружении отступлений от требований, составляется акт, при этом сливать аммиак из цистерны категорически запрещается. До начала слива аммиака автомобильная цистерна должна быть заторможена и подклинена с обеих сторон тормозными башмаками, заземлена, подключена к блокировке сдвига цистерны и ограждена переносными сигналами красного цвета и знаком размером надписью "Стой! Проезд закрыт. Аммиак".

Слив жидкого аммиака из автомобильной цистерны осуществляется через съемный трубопровод автомобиля заправщика, подключаемый к стыковочному узлу заправочного коллектора аммиачной холодильной

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

установки. Перед началом слива должны быть выполнены мероприятия, позволяющие локализовать и ликвидировать последствия возможного пролива жидкого аммиака. Все операции по присоединению цистерны и сливу жидкого аммиака, как и по ее отсоединению, должны производиться в средствах индивидуальной защиты.

Перед пополнением системы аммиаком необходимо убедиться, что в баллоне аммиак, а не какой-либо другой газ и взвесить баллон. Затем баллон устанавливают на подставке наклонно вентилем вниз и соединяют с наполнительным вентилем.

на зарядном коллекторе холодильной установки с помощью специально изогнутой цельнотянутой трубы, к концу которой приварен штуцер для подключения к коллектору. Об окончании перекачивания аммиака из баллона свидетельствует иней на нижней части баллона и наполнительной трубки. После отключения баллон взвешивают. Остальные операции при пополнении системы из баллонов, такие как составление актов, пломбирование вентиля и т.п., аналогичны мероприятиям при заправке системы из автоцистерны.

Заправка 1-й системы (Каскадная установка, система охлаждения хладоносителя)

Жидкий аммиак из автомобильной цистерны поступает в холодильную систему за счет разности давлений. Первоначальное заполнение выполняется в экономайзер после предварительного вакуумирования системы. Последующее пополнение выполняется в также в экономайзер, понижение давления в нем производится компрессорами холодильной установки. Достаточность заполнения контролируется по указателям уровня экономайзере.

Остаточное избыточное давление в транспортировочной емкости при полном ее опорожнении должно быть не менее 0,05 МПа.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## Заправка 2-й системы

Жидкий аммиак из автомобильной цистерны поступает в холодильную систему за счет разности давлений. Первоначальное и последующее заполнение выполняется в питатель с функцией отделитель жидкости после предварительного вакуумирования системы. Понижение давления в нем производится компрессором холодильной установки. Достаточность заполнения контролируется по указателям уровня в питателе с функцией отделитель жидкости.

Остаточное избыточное давление в транспортировочной емкости при полном ее опорожнении должно быть не менее 0,05 МПа

После окончания операции по сливу аммиака приемные вентили холодильной установки должны быть закрыты и опломбированы, заправочный узел холодильной установки следует закрыть на ключ.

### 3.5 Заполнение (пополнение) холодильной установки жидким CO<sub>2</sub>

Первичное заполнение углекислотной системы в проекте предусмотрено из автомобильной цистерны через узел заправки. Дозаправка производится из баллонов.

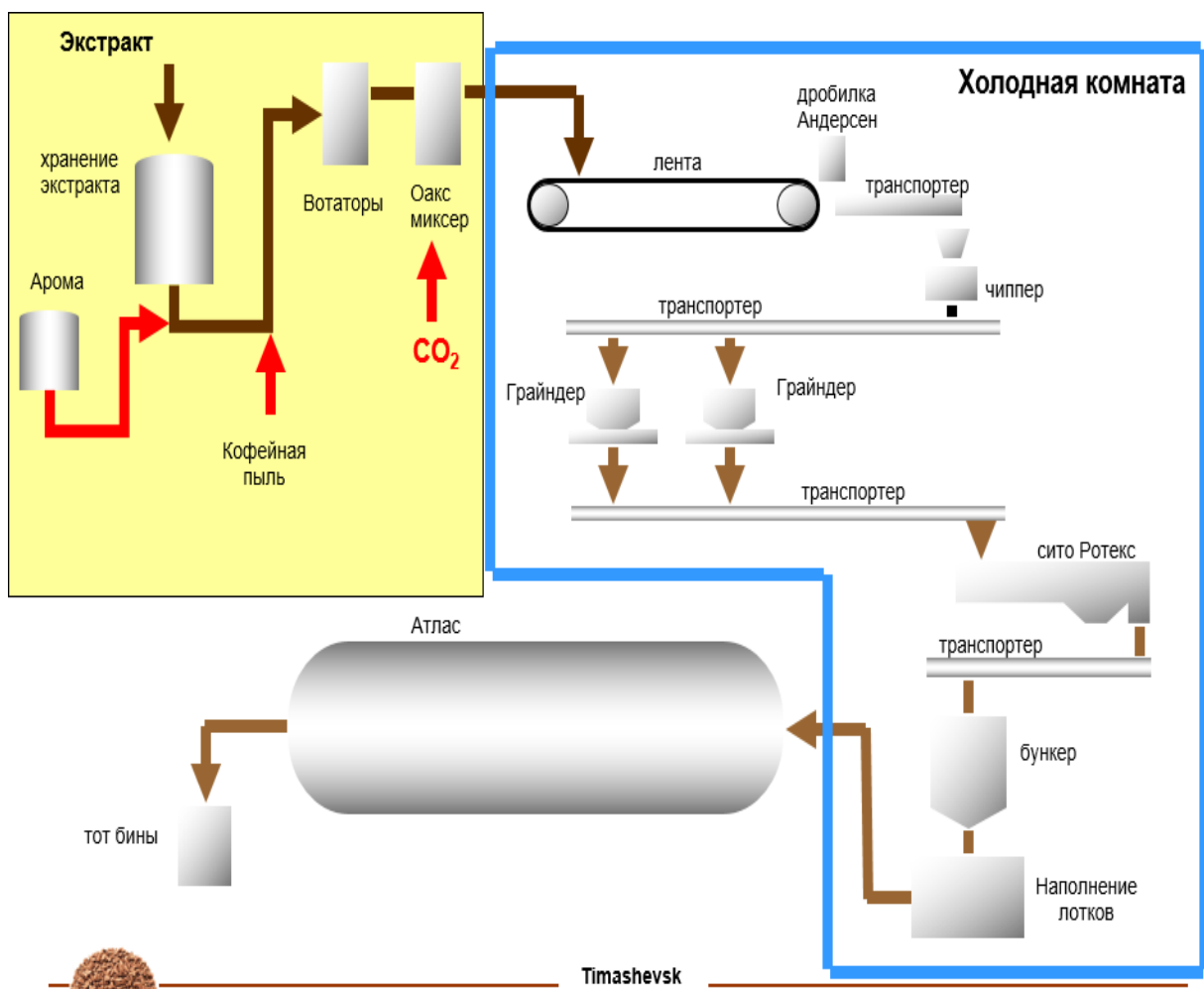
Готовность системы к заполнению и разрешение о заполнении системы оформляется соответствующими актами.

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

## 4 Заморозка кофейного экстракта

Более подробно рассмотрим участок заморозки кофейного экстракта.

После экстракции кофейный экстракт сливается в tanks хранения, где в него добавляется ароматизатор. Далее эта смесь с температурой 15°C проходит пречиллинг



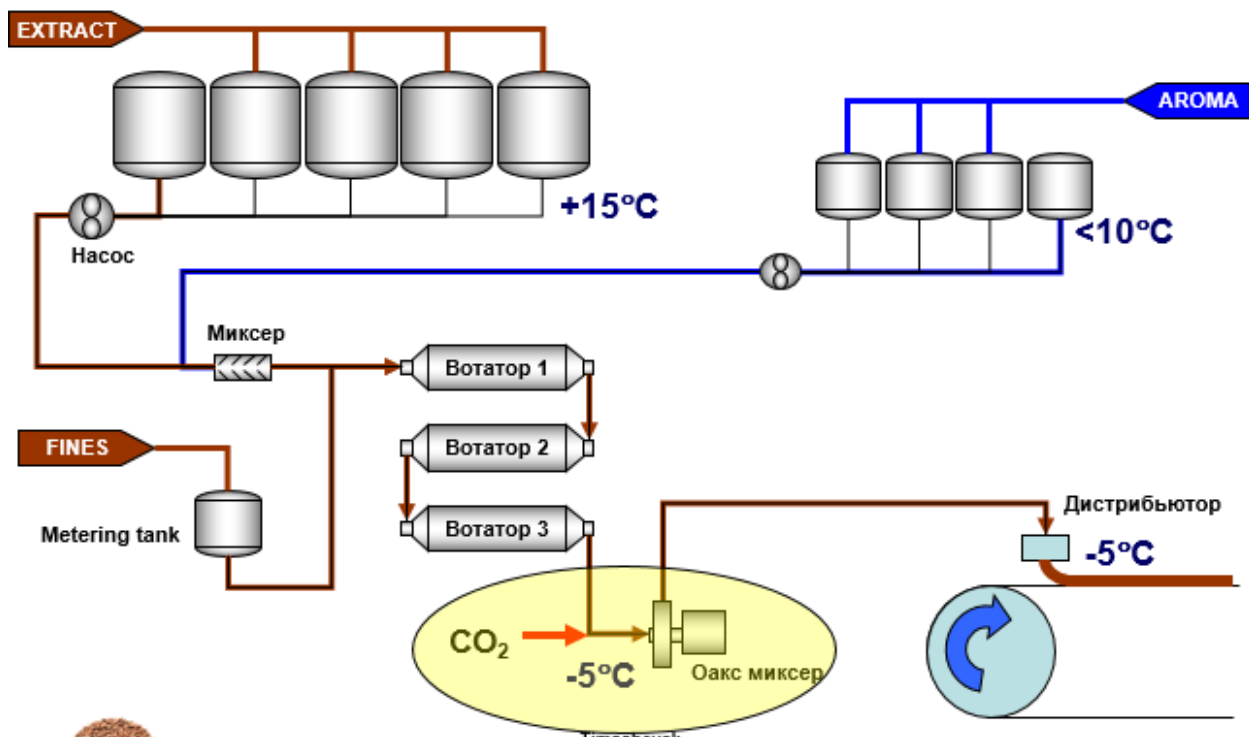
В кофейный экстракт добавляют пыль, которая образовалась после дробления кофе, полученная смесь направляется в вотаторы. Вотатор представляет собой большой кожухотрубный теплообменник с шнеком внутри. Внешний слой вотатора наполнен жидким CO<sub>2</sub>, внутренний кофейным экстрактом. В результате, на выходе мы получаем кофейный экстракт с образованием кристаллов льда, температурой -5°C.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис

23



Далее экстракт направляется в механический миксер, расположенный между вотаторами, предназначенный для смешивания  $\text{CO}_2$  с охлажденным экстрактом. Это нужно чтобы контролировать плотность готового продукта.

Больше  $\text{CO}_2$  => ниже плотность

Меньше  $\text{CO}_2$  => выше плотность

Далее полученная смесь, через дистрибьютор, равномерным слоем распределяется на металлический конвейер, длина которого 30 метров, и направляется в «холодную комнату».

Внутри «холодной комнаты» циркулирует воздух с температурой  $-52^\circ\text{C}$ .

В кофейном экстракте, под воздействием столь низкой температуры ,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис

24

Происходит формирование кристаллов льда

1. Снижение температуры приводит к образованию кристаллов льда
2. Кристаллы увеличиваются в размерах
3. Замерзание воды в экстракте
4. Полное замерзание экстракта

Крупные кристаллы соединяют поры, образованные CO<sub>2</sub>.

В конце «холодной комнаты» полностью замерзший кофейный субстрат дробят на мелкие кусочки, сортируют через множество вибро площадок частицы нужного размера направляют в устройства сублимационной сушки, А получившуюся в результате дробления кофейную пыль направляют обратно на пречилинг.

Во время сублимации влага покидает частицы кофе через каналы образованные кристаллами льда за счет этого кофе получает свою пористую структуру. Если кристаллы слишком маленькие, то пары воды не имеют свободного выхода наружу. Создается большое внутреннее давление внутри частицы, и происходит эффект попкорна.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

## 5 Расширение «холодной комнаты»

В качестве проекта своей дипломной работы я выбрал расчет и расширение «холодной комнаты».

### 5.1 Планировка охлаждаемых помещений

Размеры камеры в плане определяются по формулам:

$$F_{СТР} = l_{к} \cdot b_{к} = 360 \text{ м}^2 \quad (1)$$

$$l_{к1} = \frac{F_{СТР}}{b_{к}} = \frac{360}{12} = 30, \text{ м} \quad (2)$$

где  $l_{к}$  – длина камеры, м;

$b_{к}$  – ширина камеры, м.

Ширина камеры принимается кратной 6 м, т.е. может быть 6, 12, 18 метров.

#### Расчет теплоизоляции холодной комнаты

Срок службы холодильников определяется в том числе качеством изоляции. Правильно выбранный изоляционный материал и хорошо выполненная изоляция сохраняют свои качества в течение длительного периода. Теплоизоляция конструкций зданий охлаждаемых помещений должна приниматься по расчету, исходя из коэффициентов теплопередачи, установленных СНиП 3.11-87 «Холодильники. Нормы проектирования» Требуемые значения коэффициентов теплопередачи для различных охлаждений установлены из условия недопущения конденсации влаги на поверхности ограждений внутри камер.

### 5.2 Расчёт толщины теплоизоляции холодной комнаты.

Конструкция стены холодильной камеры показана на рисунке.

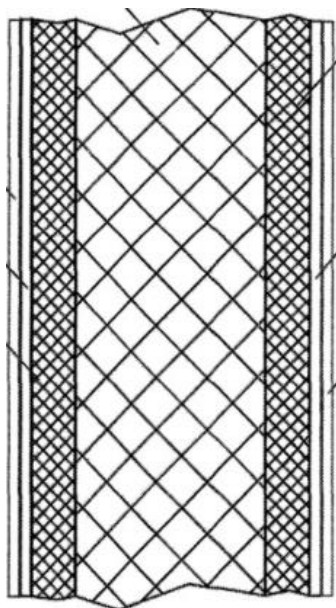


Рисунок 1 – Конструкция теплоизолированной стены

Таблица 1 – Перечень элементов строительной конструкции стены

№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина $\delta_i, м$	Коэффициент теплопроводности $\lambda_i, \frac{Вт}{м К}$
1	Оцинкованная тонколистовая сталь	0.001	47
2	Двухкомпонентный синтетический клей	0.003	3.25
3	Теплоизолирующий слой	0.3	0.04



Крыша холодильной камеры показано на рисунке.

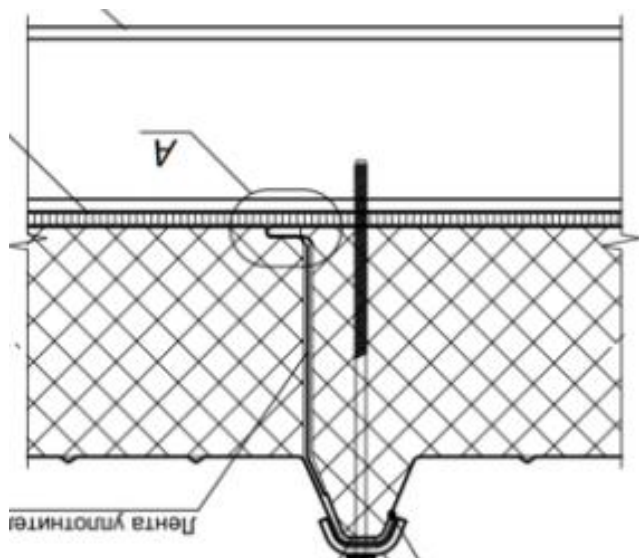


Рисунок 2– Конструкция крыш

Таблица 2– Перечень элементов строительной конструкции крыши

№ слоя	Наименование и материал	Толщина $\delta_i, м$	Коэффициент теплопроводности $\lambda_i, \frac{Вт}{м К}$
1	Оцинкованная тонколистовая сталь	0.001	47
2	Теплоизолирующий слой	0.3	0.04
3	Двухкомпонентный синтетический клей	0.003	3.25

## Конструкция полов в холодильных камерах.

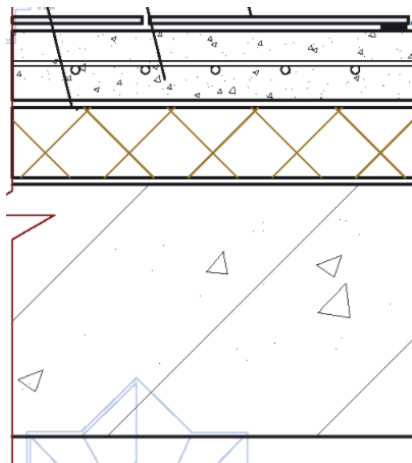


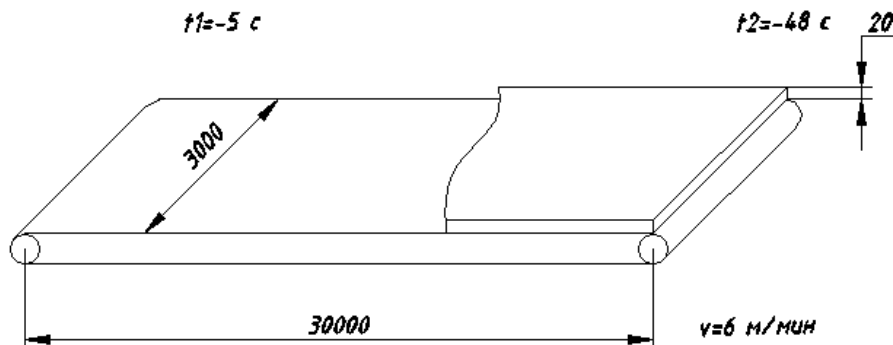
Рисунок 3 – Конструкция пола холодильных камер

Таблица 3– Перечень элементов строительной конструкции пола

№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщи на $\delta_i, м$	Коэффициен т теплопровод ности $\lambda_i, \frac{Вт}{м К}$
1	Плита перекрытия	0.22	1.5
2	теплоизоляция	0.05	0.04
3	Газобетонная стяжка	0.1	0.18

## 6 Теплотехнический расчет камеры

### 6.1 Производительность конвейера



$$G_{\text{кр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}} / t_{\text{пр}} \quad (1)$$

$$G_{\text{кр}} = \frac{1.8 \cdot 800}{300} = 4.8 \text{ кг/с}$$

$$V_{\text{пр}} = b \cdot h \cdot L = 3 \cdot 0.02 \cdot 30 = 1.8 \text{ м}^3 \quad (2)$$

Где,  $G_{\text{кр}}$  – производительность конвейера, кг/с;

$V_{\text{пр}}$  – объем продукта,  $\text{м}^3$

$\rho_{\text{пр}}$  – плотность продукта  $\text{кг/м}^3$

### 6.2 Теплоприток от продукта

На холодильных установках производятся такие виды термической обработки продуктов, которые сопровождаются отводом тепла от обрабатываемых продуктов: охлаждение, замораживание и домораживание. Охлаждению тел всегда сопутствует понижение их температуры, которое для тел, не содержащих жидкой фазы может быть осуществлено до желаемой низкой температуры, определяемой потребностями технологического

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис

30

процесса для тел, содержащих жидкую фазу, охлаждение переходит в замораживание при достижении температуры начала фазового превращения жидкости в твердое состояние.

Процесс замораживания может происходить только у тел, содержащих жидкую фазу (как это имеет место в пищевых продуктах, во влажном грунте и т. п.), так как основным содержанием этого процесса является превращение жидкой фазы в твердое состояние. Процесс домораживания заключается в увеличении количества замороженной влаги в продукте.

Количество отводимого в единицу времени тепла рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (3)$$

где  $G_{\text{кр}}$  – производительность конвейера, кг/с;

$C_{\text{пр}}$  – теплоемкость продукта, Дж/(кг·К)

$t_{\text{вх}}$  – температура продукта на входе °С

$t_{\text{вых}}$  – температура продукта на выходе °С

$$Q_{\text{пр}} = 4.8 \cdot 2600(-5 - (-48)) = 536640 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пр}} = 536.6 \text{ кВт}$$

### 6.3 Теплоприток от ограждения

Тепло от окружающей среды проникает внутрь охлаждаемых помещений в результате действия процесса теплопередачи через ограждения вследствие наличия разности температур наружной окружающей среды и воздуха внутри помещения.

Теплопритоки рассчитывают для всех ограждений камеры: наружных и внутренних стен, пола и покрытий.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{вн}}) \quad (4)$$

где  $K_{\text{ст}}$ —теплопроводность материала, Вт/м<sup>3</sup>К;

$F_{\text{ст}}$ — площадь ограждения м<sup>2</sup>

$t_{\text{н}}$  — температура наружная °С

$t_{\text{вн}}$  — температура внутренняя °С

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9}\right) + \left(\frac{0.03}{0.028}\right) + \left(\frac{1}{6}\right)} = 0.74 \text{ Вт/м}^3\text{К} \quad (5)$$

$$F_{\text{ст}} = (L_{\text{ст}} + B_{\text{ст}}) \cdot 2 \cdot h_{\text{ст}} + (L_{\text{ст}} \cdot B_{\text{ст}}) \cdot 1 \quad (2)$$

$$F_{\text{ст}} = (30 + 6) \cdot 2 \cdot 5 + (30 \cdot 6) = 540 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{ст}} = 0.74 \cdot 540 \cdot (20 - (-52)) = 28,7 \text{ кВт} \quad (7)$$

#### 6.4 Эксплуатационные теплопритоки

Кроме перечисленных основных теплопритоков, встречаются и другие теплопритоки, в частности эксплуатационные, связанные с обслуживанием охлаждаемых помещений, с работой вентиляторов, с освещением, с производством погрузочно-разгрузочных работ и т. п. В каждом конкретном случае приходится рассматривать возможные источники теплопритоков.

В данном случае эксплуатационные теплопритоки имеют не стабильное значение, так как камера в основном работает без внешних вмешательств со стороны персонала. Но все же иногда, рабочие надевают специальные

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

костюмы с низкой теплопроводностью, и проводят необходимые для ремонта оборудования процедуры.

Исходя из многолетней статистики, примем эксплуатационные теплопритоки равными 5 кВт.

$$Q_{\text{экс}} = 5 \text{ кВт}$$

### 6.5 Предварительные общие теплопритоки

Суммарные теплопритоки в холодильные камеры  $\sum Q$ , Вт.

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{экс}}. \quad (8)$$

Где

$Q_{\text{ст}}$  – теплопритоки через строительные ограждения камеры, Вт;

$Q_{\text{пр}}$  – теплопритоки от продукта, Вт;

$Q_{\text{экс}}$  – эксплуатационные теплопритоки, Вт;

$$Q_{\text{общ}} = 536.6 + 28.7 + 5$$

$$Q_{\text{общ}} = 570 \text{ кВт}$$

### 6.6 Объем воздуха циркулирующий через АХУ

$$Q_{\text{аху}} = \rho_{\text{воз}} \cdot V_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (9)$$

$$V_{\text{воз}} = Q_{\text{общ}} / \rho_{\text{воз}} C_{\text{воз}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (10)$$

$$V_{\text{воз}} = \frac{570}{1.26 \cdot 1.05 \cdot 4} = 110 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Sigma V_{\text{воз}} = 110 \cdot 3600 = 396000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Где

$Q_{\text{общ}}$  – Суммарные теплопритоки в холодильные камеры, Вт;

$V_{\text{воз}}$  – объем воздуха циркулирующий через воздухоохладитель, Вт;

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$C_{\text{воз}}$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

$\rho_{\text{воз}}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>

### 6.7 Количество АХУ

$$N_{\text{АХУ}} = \frac{396000}{72000} = 5.5 \quad (11)$$

Принимаем количество АХУ равным шести.

$$Q_{0 \text{ 1аху}} = \left(\frac{72000}{3600}\right) \cdot 1.26 \cdot 1.05 \cdot 4 = 105 \text{ кВт} \quad (12)$$

$$\Sigma Q_{\text{аху}} = 105 \cdot 6 = 630 \text{ кВт}$$

Количество электродвигателей:

$$N_{\text{двиг}} = N_{\text{АХУ}} \cdot 2 = 12 \quad (13)$$

Каждый двигатель имеет мощность 2 кВт

Соответственно суммарная мощность двигателей АХУ

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 24 \text{ кВт}$$

### 6.8 Конечный расчет

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{экс}} + N_{\text{дв}} \quad (14)$$

$$Q_{\text{общ}} = 570 + 28.7 + 5 + 24$$

$$Q_{\text{общ}} = 627.7 \text{ кВт.}$$

запас на не предвиденные теплопритоки 2.3 кВт

### 6.9 Определение нагрузки на оборудование

Нагрузку на камерное оборудование определяем как сумма всех теплопритоков

$$\Sigma Q = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{экс}} + N_{\text{дв}} = 630 \text{ кВт.} \quad (15)$$

Нагрузку на компрессор  $Q_0$ , Вт, определяем по формуле

$$Q_0 = \frac{\sum Q}{\varphi} \quad (16)$$

где  $\varphi$  - коэффициент утечки холода,

$$Q_0 = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВт}$$

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



## 7 Расчет холодильного оборудования

### 7.1 Тепловой расчет компрессора

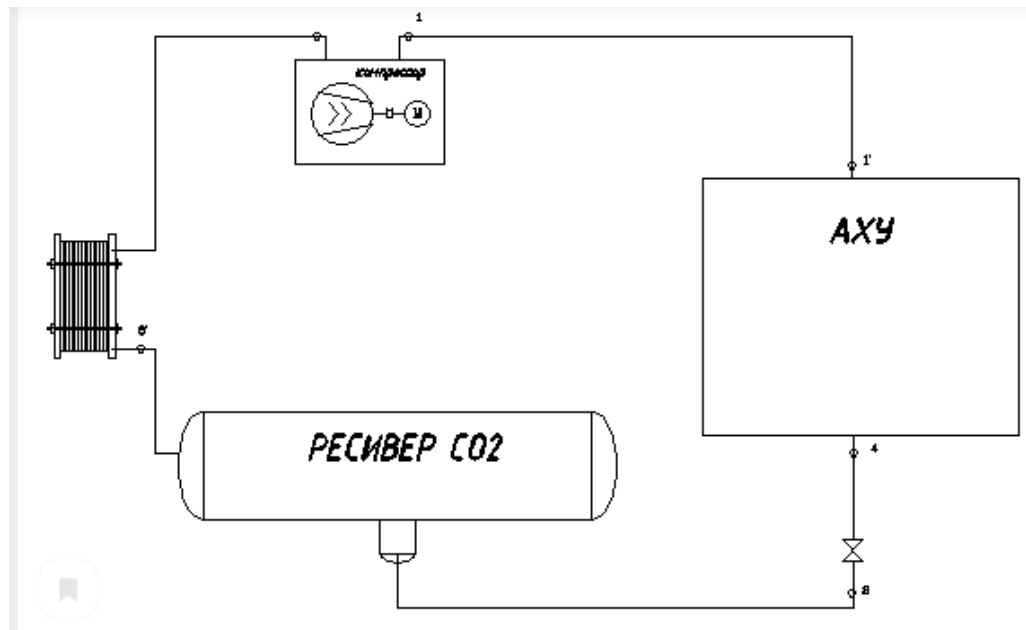


Рисунок 1 - Схема холодильной машины

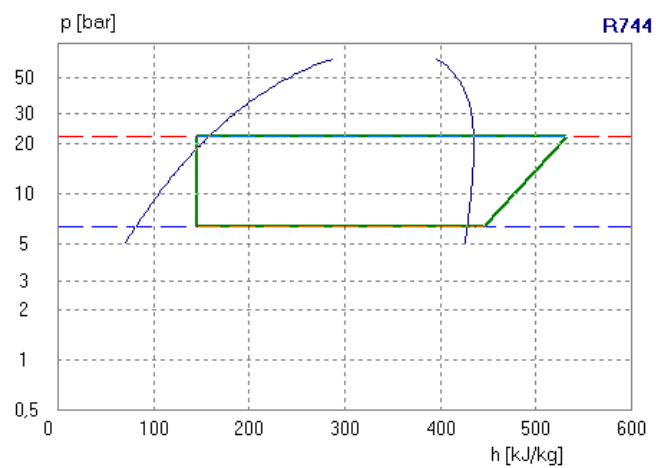


Рисунок 2 - Цикл холодильной машины

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис  
36

Таблица 1- Параметры характерных точек цикла холодильной машины

Параметры точек цикла	t, °C	P, МПа	i, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	v, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$
1	-42	6,35	436	0,063
1'	-32	6,35	445	0,067
2	80	21,84	532	0,028
3	-22	21,84	145	0,0009
4	-62	6,35	145	0,012

Удельная холодопроизводительность цикла.

$$q_{0T} = i_1 - i_4 = 445 - 145 = 300 \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

Удельная объемная холодопроизводительность агента.

$$q_v = \frac{q_{0T}}{v_1} = \frac{300}{0,063} = 4761 \text{ кДж/кг} \quad (2)$$

Массовый расход холодильного агента в цикле.

$$m_{0T} = \frac{Q_0}{q_{0T}} = \frac{760}{300} = 2,53 \text{ кг} \quad (3)$$

Действительный объем всасываемых паров в компрессор.

$$V_d = m_{0T} \times v_1 = 2,53 \times 0,063 = 0,16 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

Объем, описываемый винтами компрессора.

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda}, \quad (5)$$

где коэффициент подачи ВМК  $\lambda = 0,9$  находим для принятой марки впрыскиваемого масла и геометрической степени сжатия  $\varepsilon = 2,6$

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,16}{0,9} = 0,17 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр винта проектируемого компрессора.

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{V_h}{K_n K_l K_f z n}} \quad (6)$$

где  $K_n$  – коэффициент использования объема парной полости;  $K_n = W_{II}/W_0$ ;  $W_0 = l_B (f_{1II} + f_{2II})$  полный объем парной полости;  $l_B$  длина винта;  $f_{1II}$  и  $f_{2II}$  площади впадин между зубьями в торцевой плоскости соответственно ведущего и ведомого винтов;  $W_{II}$  объем парной полости в момент начала уменьшения ее объема у торца всасывания (полезный объем парной полости);  $K_l = l_B/D_1$  относительная длина винта;  $K_f = (f_{1II} + f_{2II})/D_1^2$  безразмерный коэффициент площади парных впадин;  $z_1, n_1$  число зубьев и частота вращения ведущего винта. Для типоразмерного ряда винтов с асимметричным профилем зубьев  $z_1 = 4$ , величина коэффициента  $K_f = 0,1191$ . Коэффициент  $K_n = f[1_3 - 1_{пр}]$ ; угол закрутки ведущего винта  $1_3 = 2 K_l/K_H$ ;  $K_H = h_1/D_1$  относительный ход ведущего винта;  $h_1$  ход ведущего винта;  $1_{пр} = 223,70$  предельный угол закрутки ведущего винта. Для типоразмерного ряда винтов с асимметричным профилем величины  $K_H = 1,2$  для винтов с  $K_l = 0,9; 1,0$  и  $K_H = 1,6$  для винтов с  $K_l = 1,35$  и  $1,5$ . Значение  $K_n$  определяется по следующей формуле:  $K_n = 1 - C (1_{30} - 1_{пр0}) 10^{-4}$ . Значение коэффициента  $C$  принимается в зависимости от величины  $K_l$ :

$K_l$  ..... 0,9 1,0 1,35 1,5

$C$  ..... 5,4 5,3 5,0 4,3

Принимаем величину  $K_l = 1,35$  тогда:  $1_{30} = 3600 \cdot 1,35/1,6 = 303,750$ ;  $1_{пр0} = 223,70$ ;  $K_n = 1 - 5,3 (303,75 - 223,7) 10^{-4} = 0,96$  и значение внешних диаметров винтов равно:

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{0,17}{0,96 \cdot 1,35 \cdot 0,1191 \cdot 4 \cdot 49}} = 0,177 \approx 0,180 \text{ м}$$

Удельное кол-во теплоты в конденсаторе.

$$q_{КТ} = i_2 - i_3 = 532 - 145 = 387 \text{ кДж/кг} \quad (7)$$

Работа сжатия в цикле.

$$l_{сжТ} = i_2 - i_{1'} = 532 - 445 = 87 \text{ кДж/кг} \quad (8)$$

Адиабатная мощность на сжатие.

$$N_{aТ} = m_{oТ} \cdot l_{сжТ} = 2,53 \cdot 87 = 220 \text{ кВт} \quad (9)$$

Индикаторный КПД компрессора.

$$\eta_i = \lambda_w + v \times T_0 = 0,825 \quad (10)$$

Индикаторная мощность компрессора.

$$N_i = \frac{N_{aТ}}{\eta_i} = \frac{220}{0,825} = 266 \text{ кВт} \quad (11)$$

Эффективная мощность компрессора.

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{266}{0,85} = 313 \text{ кВт} \quad (12)$$

Электрическая мощность (мощность, забираемая электродвигателем из сети).

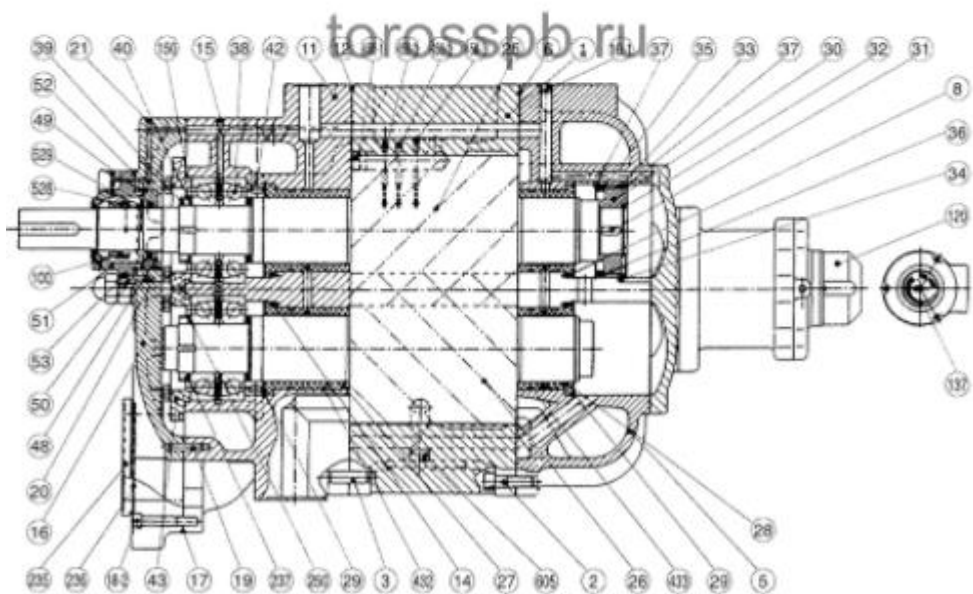
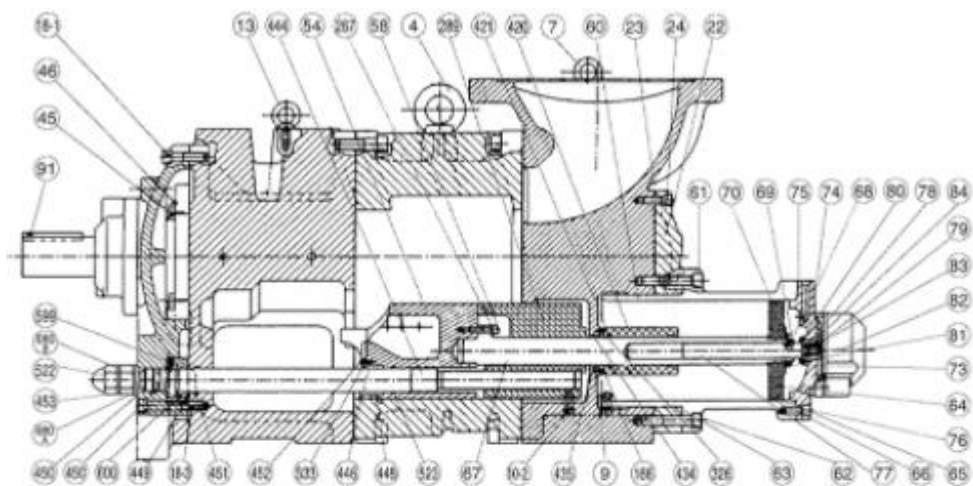
$$N_э = \frac{N_e}{\eta_{эд} \cdot \eta_{п}} = \frac{313}{0,8 \cdot 0,975} = 402 \text{ кВт} \quad (13)$$

Холодильный коэффициент.

$$\varepsilon_T = \frac{q_{oТ}}{l_{сжТ}} = \frac{300}{87} = 3,4 \quad (14)$$

Исходя из полученных данных подобрали винтовой компрессор MYSOM серии SCV модель 320 холодопроизводительностью 760кВт

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39



$n_{KM} = 5 \text{ шт.}$

Таблица 2 – Параметры винтового компрессора

Модель	$N_3, \text{кВт}$	Максимальный рабочий ток, А	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
			L	B	H	
MYCOM SCV320	500	800	1500	880	1100	249

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лист  
40

## 7.2 Расчет пластинчатого испарителя-конденсатора

Для процесса теплообмена в конденсаторе-испарителе и получения от теплообменных аппаратов нужного результата на выходе задаем исходными параметрами, опираясь на недопущение замедления или даже прерывания производственного процесса, задаем расходами охлаждаемой среды и  $\Delta t$  на входе и выходе из теплообменного аппарата.

Таблица 3 - Характеристики сред и необходимых параметров теплообмена

Среда	t на входе	t на выходе	Расход среды	Теплоемкость	Теплопроводность	Плотность
	°С	°С	м <sup>3</sup> /ч	кДж/кг*°С	Вт/м*°С	кг/м <sup>3</sup>
Аммиак	-20	72	1025	2,2	0,23	0,711
СО <sub>2</sub>	80	-17	2420	0,88	0,023	1,977

При имеющихся исходных данных и заданных в них параметрах рассчитаем тепловую мощность, выделяемую при теплообмене кВт:

$$Q = G_{\text{ср}} \cdot c_{\text{ср}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) / 3600 \quad (15)$$

Где  $G_{\text{ср}}$  - расход среды через поверхность теплообмена;  $c_{\text{ср}}$  - теплоемкость среды;  $t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$  - температуры на входе, выходе из теплообменника.

Рассчитаем тепловую мощность для теплообмена СО<sub>2</sub>, кВт:

$$Q = 2420 \cdot 0,88 \cdot \frac{(80 - (-17))}{3600} = 57,4 \text{ кВт}$$

Рассчитаем тепловую мощность для теплообмена аммиака, кВт:

$$Q = 1025 \cdot 2,2 \cdot \frac{(72 - (-20))}{3600} = 57,5 \text{ кВт}$$

На основе рассчитанной мощности составим баланс теплообмена при заданных температурных режимах.

Получив значения теплового мощности, произведем расчёт поверхности теплообмена:

$$F_{\text{ТО}} = \frac{q}{K_{\text{ТО}} \cdot (t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}})} \quad (16)$$

где,  $K_{\text{ТО}}$  – коэффициент теплопередачи поверхности теплообменника

Рассчитаем площадь поверхности:

$$F_{\text{ТО}} = \frac{57500}{24 \cdot (80 - (-17))} = 24,7 \text{ м}^2$$

По полученным данным подобрали пластинчатый теплообменник модель АМХ-30-25.

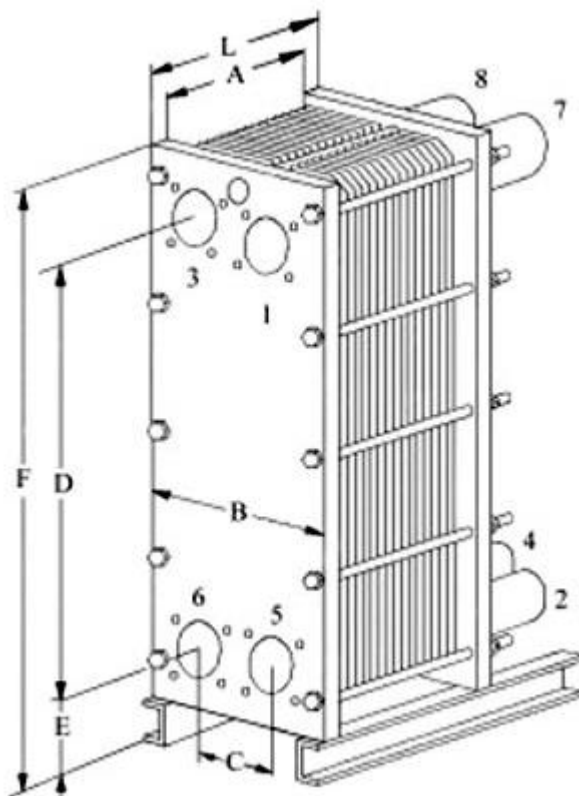


Таблица 4 -Параметры испарителя-конденсатора холодильной машины

Модель	Холодопроизводительность, кВт	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Габаритные размеры, мм			F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>
			L	B	H	
АМХ-30-25	57.5	20900	800	780	2020	25

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис

42

### 7.3 Подбор воздухоохлаждителя

Опираясь на расчеты в главе (6), пункт (6.7) по полученным параметрам подбираем воздухоохлаждители для холодной комнаты.

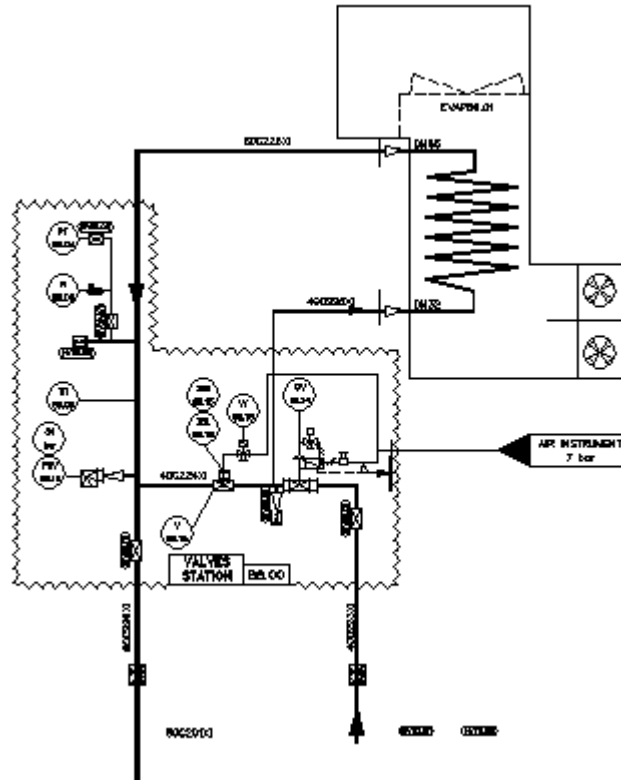


Таблица 5 параметры воздухоохлаждителя

Модель	Холодопроизводительность, кВт	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Габаритные размеры, мм	
			L	B
FDA1\72\CO2-EL	55	72000	4000	2000



Воздухоохладитель состоит из корпуса, в который помещены теплообменник и вентиляторы. Теплообменник выполнен из медных трубок с прикрепленными к ним стальными ребрами. Трубки имеют толстостенное исполнение для работы при высоком (около 30 бар) давлении. Расстояние между ребрами составляет 7-12 миллиметров.

Принцип работы аналогичен аммиачным теплообменникам и заключается в отборе тепла из окружающей среды. Воздух прогоняется через испаритель, температура внутри которого около -52 градусов Цельсия. Значение температуры регулируется автоматикой.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

## 8 Автоматизация холодильной установки

Холодильная установка с  $t_0 = -52^{\circ}\text{C}$  предназначена для поддержания температурного режима от  $-52^{\circ}\text{C}$  до  $-48^{\circ}\text{C}$  в камере для замораживания кофейного экстракта. Проектом предусматривается комплексная автоматизация процессов контроля, регулирования, управления и защиты от опасных режимов работы.

Установка может работать в трех режимах:

- 1) автоматическом – от реле температур, которые контролируют температуру воздуха в камерах, температуру кипения хладагента;
- 2) полуавтоматическом, при котором регулирование параметров в объекте и производительности установки осуществляется частично или полностью вручную, а автоматически работает защита и контроль;
- 3) ручном, который характеризуется отключением системы автоматизации, за исключением защиты, все операции осуществляются вручную. Режим применяют как наладочный.

### Характеристика объекта автоматизации

Холодильная установка работает на хладагенте R744 и R717. Используются компрессорные агрегаты, теплообменное оборудование и вспомогательное холодильное оборудование. Испарительная система насосно-циркуляционная с непосредственной нижней подачей хладагента в воздухоохладители. Применяются воздушные конденсаторы.

Перечень оборудования с указанием его марки и количества приведены ранее.

### Щиты и пульты

В объеме комплексной автоматизации предусматривается смешанная компоновка щитов и пультов. Локальная система автоматизации агрегатов, приборов охлаждения объединена командно-сигнальным щитом в единую систему регулирования, управления, контроля и защиты. Щит и рабочее место оператора располагается в отдельном помещении, и составляют центральный пульт управления холодильной установкой, куда поступает информация о технологическом процессе, внешних воздействий на объект и состояние технологического оборудования. Отсюда осуществляется контроль и оперативное управление установкой.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

Для размещения средств автоматизации предусмотрены местные щитки и индивидуальные пульта с заводским расположением на оборудовании, а также индивидуальные пульта и местные щиты расположенные на раме с оборудованием.

На КСЦ расположена схема со встроенной технологической и аварийной световой сигнализацией, приборы регулирования производительности компрессора, температуру воздуха в камерах, температуру конденсации, а также ключи управления водяными насосами, воздухоохладителями.

Управление компрессорами производится с индивидуальных пультов управления, расположенных у компрессоров. На пультах размещены: ключ режима работы, кнопки включения защиты, сигнальная лампа защитных приборов, счетчик работы компрессоров.

#### Основные решения по автоматизации

##### Автоматическая защита компрессоров от опасных режимов работы

Автоматическая защита компрессоров от опасных режимов работы осуществляется по следующим параметрам:

1) от гидравлического удара при помощи двух дублирующих друг друга реле уровня ПРУ-5 для аварийного отключения, устанавливаемых на отделителе жидкости;

2) от повышения температуры паров хладагента на нагнетании с помощью датчика-реле Alco-Controls TS1-A6C; датчик которого помещен в гильзе нагнетательного трубопровода компрессора между нагнетательным вентиляем и обратным клапаном. Реле останавливает компрессор при;  $t_{откл} \geq 95^{\circ}\text{C}$

3) от повышения давления нагнетания с помощью блока высокого давления в двухблочном реле давления Alco-Controls PS2-A7U, которое подключается к нагнетательному трубопроводу компрессора до запорного вентиля компрессора  $P_{откл} \geq 30$  МПа;

4) защита от понижения всасывания с помощью блока низкого давления в двухблочном реле давления Alco-Controls PS2-A7U, которое подключается к всасывающему трубопроводу компрессора до запорного вентиля  $P_{откл} \leq 0,2$  МПа;

5) от нарушений работы системы. Контролируется работа шестеренчатого насоса, через контроль разности давлений, создаваемых масляным насосом. При снижении разности давлений  $\Delta P \leq 0,05$  МПа, реле Bitzer MP54 срабатывает и останавливает компрессор;

б) электродвигатели от перегрузок осуществляется от короткого замыкания с помощью автоматов защиты, от повышения силы тока в цепи с помощью автоматов защиты, от повышения силы тока в цепи с помощью теплового реле Bitzer SE-B2, встроенного в магнитный пускатель компрессора.

#### Автоматическое регулирование температуры кипения

Автоматическое регулирование температуры кипения в испарительной системе предусматривается с целью согласования холодопроизводительности компрессоров с тепловой нагрузкой, путем их автоматического пуска и остановки. Датчики Alco-Controls ESCN-P80 электронного контроллера температуры Alco-Controls EC3-111 располагаются на жидкостном стоке. На два компрессора, т.е. ступенчатая система регулирования компрессоров осуществляется четырьмя датчиками температуры. При статической системе настройки необходимо, чтобы температура пуска каждого из последующих компрессоров была выше температуры остановки последующего компрессора – ниже температуры остановки предыдущего.

#### Автоматическое регулирование подачи жидкого холодильного агента в испарительную систему

Автоматическое регулирование подачи жидкого холодильного агента в циркуляционный ресивер осуществляется при помощи реле уровня ПРУ-5 управляющего соленоидным вентилем на трубопроводе подачи жидкого фреона в циркуляционный ресивер. Для дросселирования жидкости и первоначальной настройки системы регулирования после соленоидного вентиля следует предусматривать ручной регулирующий вентиль. С целью обеспечения устойчивой и безаварийной работы насоса, датчик реле уровня размещают на ресивере так, чтобы общая высота столба жидкости над осью насоса составляла  $H_{с.т.жид.} = 0,7 \div 1,0$  м.

#### Автоматическая защита насосов от опасных режимов работы

Автоматическая защита аммиачных насосов от опасных режимов работы осуществляется по следующим параметрам:

- 1) защита от срыва струи с помощью реле разности давлений Alco-Controls FD 113 ZU, подключаемых к трубопроводам до и после насоса  $\Delta P_{откл} \geq 0,3$  МПа;
- 2) защита от недостаточного количества жидкости в контуре насоса при помощи реле уровня ПРУ-5, поплавковая камера которого устанавливается выше оси насоса на 250 – 300 мм ;
- 3) защита электродвигателя насоса, встроенного в магнитный пускатель.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

## Автоматическое регулирование температуры воздуха в камерах

Вследствие большой тепловой инертности холодильных объектов и простоты системы распространено двухпозиционное регулирование производительности воздухоохладителей. В качестве производительности датчиков используются температурные датчики Alco-Controls ESCN-P80. В качестве вторичного прибора используется контроллер Alco-Controls EC3-111. Контроллер воздействует на соленоидный клапан и вентиляторы воздухоохладителей. При повышении температуры воздуха в камере, контроллер включает соленоидный клапан на трубопроводе подачи холодильного агента в воздухоохладитель и включает вентилятор воздухоохладителя. При достижении заданной температуры реле отключает соленоидный клапан и электродвигатель вентилятора, т.е. происходит раздельное регулирование температуры в объекте.

Комплексной системой автоматизации предусматривается также:

- Автоматизация оттаивания воздухоохладителей;
- Управление пуском компрессоров;
- Управление пуском насосов;
- Световая сигнализация технологическая, предупредительная, аварийная;
- Звуковая сигнализация предупредительная и аварийная.

Автоматическое отключение всего оборудования компрессорного цеха

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## 9 Безопасность и экологичность проекта

В своей выпускной квалификационной работе я проектирую холодильную установку кофейного завода. Несмотря на все современные технологии, работа на такой установке сопровождается большими рисками. Многие технические агрегаты являются опасными из-за оборудования, работающего на высоких оборотах и под высоким давлением. Далее рассмотрим подробнее какие вредные и опасные факторы воздействуют на персонал, обслуживающий данную установку.

### Физические факторы

**Запыленность:** Пыль, образуемая в процессе технологических и производственных операций, является одним из вредных факторов рабочей среды. Пылевые примеси различного характера в составе воздуха способны не только оказывать негативное воздействие на здоровье работников, но и снижать показатели качества изготавливаемой продукции. На данном предприятии уровень запыленности критически мал. Все цеха залиты специальным напольным покрытием (жидкое стекло). Хорошая вентиляция, а так же ежедневная уборка специальным оборудованием.

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Поддержание микроклимата рабочего места в пределах гигиенических норм – важнейшая задача охраны труда.

### Показатели микроклимата:

**Температура воздуха:** установка находится в полностью изолированном от внешней среды помещении, это позволяет круглогодично поддерживать температуру в пределах 21-25 градусов.

Относительная влажность воздуха; 60%

Скорость движения воздуха; менее 0.2 м/с, что позволяет персоналу комфортно чувствовать себя на рабочем месте.

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

## Шум

Повышенный уровень шума на рабочем месте. Действие фактора: способствует снижению остроты слуха, нарушению функционального состояния сердечно - сосудистой и нервной системы. Шум сопровождающий производственный процесс, бывает разным. Его измеряют по характеру спектра и по продолжительности. В связи с непрерывной работой винтовых компрессоров шум на предприятии всегда выше 60 дБ. При входе в цех работники обязаны надевать специальные наушники или беруши. Персонал получает денежную надбавку за работу в таких условиях.

## Вибрация

Повышенный уровень вибрации. Действие фактора: при длительном воздействии вибрации на организм возникают изменения, приводящие в ряде случаев к вибрационной болезни. Благодаря тому, что все оборудование установлено на специальные виброопоры, уровень вибрации минимален и не наносит вреда персоналу.

## Освещенность

В зависимости от источника различают естественное, искусственное и совмещенное освещение. Естественное освещение осуществляется солнцем и рассеянным светом небосвода. Искусственное – лампами накаливания и газоразрядными лампами. Совмещенное освещение представляет собой комбинацию естественного и искусственного освещения.

Одна из стен цеха выполнена полностью из стекла для обеспечения хорошего естественного освещения, так же на расстоянии 3 метров друг от друга установлены светодиодные фонари.

Освещенность цеха равно 400 лк. Что позволяет выполнять производственные работы средней малой и грубой точности. В ночное время в виду отсутствия естественного освещения, освещенность равна 300 лк.

## Тяжесть и напряженность труда

Тяжесть труда – это характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Напряженность труда – это характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

Нормирование напряженности труда проводится по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные. На предприятии допустимая тяжесть и напряженность труда. Персонал работает в основном в сидячем положении, все грузы перевозятся на специальных таях и тележках. Программы на компьютерах сигнализируют о не исправности оборудования звуковым сигналом, напряженность трудового процесса низкая.

#### Электробезопасность

Для обеспечения безопасности при пользовании электрическим оборудованием, аппаратурой и электроустановками на предприятии реализован ряд организационных и технических мер, призванных защитить людей от поражения электричеством.

Система этих мер включает такие мероприятия, как:

- меры по организации исправной работы электрооборудования и его эксплуатации в соответствии с инструкцией и правилами;
- мероприятия технического характера;
- организационные меры, в том числе административного характера;
- обеспечение работников электрозащитными средствами

Все оборудование на предприятии имеет контур заземления. Каждый день электрик контролирует состояние всех электро-механизмов. Персонал 1 раз в пол года проходит инструктаж по технике безопасности. На стенах размещены предупреждающие плакаты. Все электро-опасные работы осуществляются в специальной экипировке и специальным электро-защищенным инструментом.



## Пожарная безопасность

Пожарная безопасность промышленных предприятий – важный комплекс мероприятий, обеспечивающий сохранение здоровья работников промышленности. Подобные правила разрабатываются и утверждаются специальными комиссиями, деятельность которых направлена на предотвращение несчастных случаев на рабочих местах. Производственные помещения холодильной установки имеют В категорию пожарной опасности. В каждом цехе установлены 2 пожарных гидранта и 4 огнетушителя. Все цеха оснащены противопожарной сигнализацией и дымовыми анализаторами. Персонал 1 раз в шесть месяцев проходит инструктаж .

На территории завода есть специальная площадка, находящаяся на большом удалении от всех цехов. В случае экстренной ситуации весь персонал обязан немедленно направиться на данную площадку.

## Экологическая безопасность в ВКР

В холодильной установке в качестве хладагента используется жидкий CO<sub>2</sub> Согласно требованиям Монреальского протокола (1987г.) этот хладагент относится к разряду соединений, не имеющих экологическую опасность. Но все же в процессе эксплуатации рекомендуется не допускать утечек, а при их образовании принять меры к устранению.

Выброс CO<sub>2</sub> в окружающую среду выполняется только в аварийном случае, когда невозможно принять другие меры, в этом случае срабатывают предохранительные клапаны, установленные на оборудовании, работающем при повышенном давлении.

В случае плановых ремонтов жидкий CO<sub>2</sub> сливают в специальные автоцистерны.

Второй основной причиной загрязнения окружающей среды является загрязнение маслом. Особенностью винтовых компрессоров является

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

большой масляный запас для работы. В каждом компрессоре около 400 литров масла. Необходимо при проведении ремонтных работ и при эксплуатации холодильной установки производить работы таким образом, чтобы исключить попадание отработанного масла в грунт или в грунтовые воды. Все отработанное масло собирается в специальные подписанные бочки и отправляется в специальный склад. В дальнейшем его забирает специальная перерабатывающая компания.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

## 10 Экономические показатели проекта

В России кофе становится одним из самых популярных напитков. Объем рынка продаж динамично развивается, но не смотря на это, по прежнему остается достаточно низким по сравнению с зарубежными.

Согласно данным, предоставленным компанией Euromonitor International, потребление кофе в США на 2013 год составило 1320 тонн, в Бразилии 1200 тонн, в Германии-600 тонн, в России всего 210 тонн. К 2014 году потребление кофе в России выросло примерно в 6 раз. В тоже время объем продаж с 2008 по 2013 года удвоился

Так сложилось, что наиболее популярным видом кофе в России стал растворимый кофе. В 2018 году его доля на рынке составляла 85%.

Несмотря на относительно высокую стоимость растворимого кофе, которая является едва ли не самой высокой в Европе, россияне очень лояльны к тем брендам, к которым они привыкли и не отказываются от них даже при дальнейшем росте цены.

Согласно аналитике РосИндекс, кофе чаще всего употребляют люди в возрасте 35-54 лет, люди с высшим образованием или ученой степенью и россияне с высоким уровнем дохода. Кроме того, растет популярность употребления кофе и среди молодежи в возрасте до 35 лет. Учитывая эти данные, можно говорить, что Краснодарский край является в высшей степени адекватным рынком для данного проекта по ряду следующих причин. Население края постоянно и стабильно растет.

Исходя из всех вышеперечисленных пунктов, можно понять, что кофейный рынок не переполнен. Малые фирмы не способны создать конкуренцию для знаменитых брендов, таких как НЕСТЛЕ.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Расширение просто необходимо, чтобы сохранить или даже преумножить свою долю на рынке.

Планирование комплекса работ и оценка их трудоемкости

Для расширения нам потребуется увеличить количество холодильного оборудования.

Установить два винтовых компрессора CO<sub>2</sub>, два винтовых компрессора Nh<sub>3</sub>, два испарителя Nh<sub>3</sub>, четыре испарителя конденсатора, два воздухоохладителя.

Заменить конвейер в холодной комнате на более продуктивный.

Расширить помещение холодной комнаты.

Трудоемкость работ определяется с учетом срока окончания работ, объема выполненных функций.

Для определения ожидаемой продолжительности применяется формула:

$$T_{\text{ож}} = t_{\text{нв}} + 4t_{\text{мин}} + t_{\text{макс}}/6 \quad (1)$$

Где  $t_{\text{мин}}$  - кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{\text{макс}}$  - самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка);

$t_{\text{нв}}$  = наиболее вероятная продолжительность работы (реалистическая оценка).

Таблица 1: Оценка трудоемкости отдельных видов работ

Виды работ	Оптимистическая оценка, $t_{\text{мин}}$	Реалистическая оценка, $t_{\text{нв}}$	Пессимистическая оценка, $t_{\text{макс}}$	Ожидаемая продолжительность работы, $T_{\text{ож}}$
Установка компрессоров	2880	3600	5760	3480
Установка испарителей	960	1440	2160	1240
Установка испарительных конденсаторов	720	960	1200	840
Установка воздухоохладителей	3360	4800	6720	4160
Замена конвейера	6720	10080	13440	8400
Расширение помещения	14880	19200	28800	17920

Таблица 2: календарный график выполнения работ

Содержание работ	исполнители	Длительность мин.	График работ
Установка компрессоров	Подрядная организация «ХОЛОД»	3480	01.02.2021 по 08.02.2021
Установка испарителей	Подрядная организация «ХОЛОД»	1240	09.02.2021 по 11.02.2021
Установка испаритель-ьных конденсато-ров	Подрядная организация «ХОЛОД»	840	12.02.2021 по 13.02.2021
Установка воздухоохладителей	Подрядная организация «ХОЛОД»	4160	14.02.2021 по 23.02.2021
Замена конвейера	Подрядная организация «ХОЛОД»	8400	24.02.2021 по 11.03.2021
Расширение помещения	Подрядная организация «ХОЛОД»	17920	12.03.2021 по 20.03.2021

Расчет затрат на разработку проекта

Капитальные вложения рассчитываются по формуле:

$$K = C_{об.} + C_m + C_{смп} \quad (2)$$

где,

$C_{об}$  – цена оборудования, руб;

$C_m$  - стоимость монтажа, руб;

$C_{смп}$  – строительно-монтажные работы, руб.

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таблица 3: Техничко-экономические показатели оборудования

Тип оборудования	Количество оборудования, шт	Потребляемая мощность, кВт	Цена за единицу, руб	Всего, руб
Основное оборудование				
Компрессор MYCOM SCV320	4	500	6542800	26171200
Испарительный конденсатор AMX- 30-25	4	57.5	180500	722000
Испаритель HFL-1503	2	483	46500	930000
Воздухоохладитель FDA1\72\ CO2-EL	2	55	17850000	35700000

Таблица 4: Затраты на строительные-монтажные работы

Наименование объекта	Объем работы, м <sup>3</sup>	Стоимость	
		1 м <sup>3</sup> , тыс. руб.	Всего объема, тыс. руб.
Монтаж компрессоров	70	4.5	315
испарителей	200	4.5	900
Испарительных конденсаторов	50	4.5	225
Монтаж конвейера	230	4.5	1035

Монтаж холодной комнаты	1800	4.5	8100
-------------------------------	------	-----	------

**Капитальные затраты на объект** **74098200** Руб.

Таблица 5: Финансовая отчетность

Основные финансовые показатели субъекта крупного предпринимательства (руб.)	2018г.	2019г.	2020г.
выручка	16357175000	17113430000	20633933000
Прибыль(убыток) до налогообложения	723836000	1069025	771896000
Чистая прибыль (убыток)	552030000	836108000	602384000

Исходя из данной отчетности принимается решение финансировать проект за счет собственных средств, так как затраты на его реализацию составят менее 15% чистой прибыли предприятия НЕСТЛЕ КУБАНЬ.

Себестоимость выработки холода

Выработка холода

$$Q = \frac{\sum Q_0 \cdot T \cdot n_c}{b} \quad (3)$$



где:

$\Sigma Q_o$  – суммарная производительность, кВт;

T – количество дней работы воздухоохладителя в год;

$n_c$  – количество часов работы воздухоохладителя в сутки;

b – Коэффициент, учитывающий расход холода на теплопередачу и эксплуатационные потери (0,5-0,7).

Принимаем по проекту:

$\Sigma Q_o$	110 кВт
T	360 дней
$n_c$	24 час
b	0,6

Получаем:

$$Q = 1584000 \text{ кВт/год}$$

Затраты на силовую электроэнергию

$$C_{э.сi} = \frac{N_{yi} \times t_i \times D_i \times K_{спр}}{КПД_m} \quad (4)$$

где:  $N_{yi}$  - установленная мощность, кВт,

$t_i$  - число часов работы в сутки,

$D_i$  - дней работы в году,

$K_{спр}$  - коэффициент спроса (коэффициент использования установленного оборудования по времени и мощности),

$КПД_m$  - коэффициент полезного действия потребителей энергии (электродвигателей, приборов).

Принимаем по проекту:

$N_{yi}$  500 кВт  
 $D_i$  360 дней  
 $t_i$  24 час  
 $k_{спр}$  0,6  
 $KПД_m$  0,95

Стоимость 1 кВт эл энергии 5,7 руб/кВт

$C_э = 2728421.05$  кВт\*час в год

$C_э = 2728421.05 * 5,7 = 15552000$  руб.

### Расходы на эксплуатацию оборудования.

Таблица 6: Расход и затраты на смазочное масло

Статьи затрат	Установленная мощность, кВт	Норма расхода, кг/кВт т.ч	Потребное количество, кг	Цена за 1кг	Общая стоимость, руб.
Масло компрессорное, кг	500	0,8	400	950	380000

Таблица 7: Запасные части и расходные материалы

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость, руб.				Затраты на текущий ремонт, руб
		Стоимость единицы	Транспортные расходы	Затраты на монтаж	Итого	
Масло компрессорное, кг	2000	950			1900000	3000
Ремкомплект на компрессора, шт	1	450000	3250	250000	703250	250000

Итого, руб:

2603250

253000

Таблица 7.5 - Расчёт фонда З/П

Наименование должности	Квалификация	Численность	Месячный оклад, тыс. руб	Сумма основной З/П, тыс. руб
Начальник цеха	5	1	84	84
Оператор	4	6	62	372
Механик	4	2	53	106
Итого месячный фонд:				562

Страховые взносы и отчисления

30,2 %

169,724

ФОТ за год

тыс. руб

12 месяцев

8780.688

Расчёт себестоимости выработки холода

Таблица 8: Смета затрат на процессы охлаждения воздуха

Стать расхода	На весь объём помещения, руб	руб на 1м <sup>3</sup>	руб на 1 кВт холода
1. З/П	8780688	4878.16	0.5543
2. Расходы на эксплуатацию и ремонт оборудования	633000	351.6666	0.39962
3. Расходы на электроэнергию	15552000	8640	9.8181
Итого	164965688	13869.82	10.772

Оценка эффективности разработанного проекта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ

Лис

62

Оценка экономической эффективности проекта основывается на расчете показателей сравнительной экономической эффективности капитальных вложений

Эффективность нового строительства определяется по коэффициенту экономической эффективности

$$E = \Pi / K \quad (5)$$

где  $\Pi$  – прибыль;

$K$  – капитальные затраты.

Расчет годовой суммы прибыли по оптовой торговле. Расчет приведен в таблице.

Таблица 9: Расчет прибыли

№	Наименование услуги	Единица измерения	Реализация, т/год	Цена закупки производственных ресурсов, руб/т	Стоимость производства и хранения, руб/т	Цена продажи готовой продукции, руб/т	Сумма товарооборота, руб/год
1	кофе	т	1620	112000	800000	980000	176904000
						Итого:	176904000

Текущие затраты на проект рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{тек}} = Z_{\text{осн.}} + C_a + C_{\text{рем}} + Z_n, \quad (6)$$

где:  $C_a$  – амортизационные отчисления от стоимости оборудования и устройств системы, руб./год;

$C_{\text{рем}}$  – затраты на межремонтное обслуживание и текущий ремонт оборудования и устройств системы, руб./год;

$Z_{\text{н}}$  – накладные расходы, руб./год.

$$Z_{\text{н}} = 3\% * Z_{\text{осн.}} = 0,03 * 74098200 = 2222946 \text{ руб} \quad (7)$$

Расходы по содержанию, эксплуатации и ремонта оборудования:

- межремонтное обслуживание составляет 4% от стоимости оборудования ц<sub>0</sub>, тыс. руб.

- текущий ремонт составляет 7% от стоимости оборудования.

$$C_{\text{рем}} = (0,04 + 0,07) * 63523200 = 6987552 \text{ руб.}$$

Амортизация оборудования составляет от 8 до 12 % от стоимости оборудования и рассчитывается по формуле

$$C_{\text{а}} = 0,12 * 3358340 = 7622784 \text{ руб.}$$

Текущие затраты в итоге будут равны:

$$Z_{\text{тек}} = 74098200 + 7622784 + 6987552 + 2222946 = 90931482 \text{ руб.}$$

Расчет коэффициента эффективности и уравнение рентабельности холодильника

Так как, мой проект позволит увеличить объем выпускаемой продукции на 1.5% то из общей прибыли возьмем 1.5% на окупаемость данного проекта.

$$\Pi = O_{\text{от}} - Z_{\text{тек}} \quad (8)$$

$$\Pi = 1587600000 - 90931482 = 1496668518 \text{ руб.}$$

Коэффициент абсолютной эффективности

$$E = \Pi / K = 22450027.7 / 74098200 = 0.302$$

Срок окупаемости:

$$T = 1 / E, \quad (9)$$

$$T = 1 / 0,302 = 3.31 \text{ года.}$$

Разработка холодильного и вентиляционного оборудования и его установка рентабельна.

					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## Заключение

В данном дипломном проекте был произведен расчет расширения холодной комнаты для заморозки кофейного экстракта. Определена планировка новой холодильной камеры. Проведены расчеты толщины теплоизоляции строительных конструкций и теплотехнический расчет холодильного контура предприятия.

Было рассчитано и подобрано современное холодильное оборудование. Принята насосно-циркуляционная схема холодильной установки. Разработана схема комплексной автоматизации, предусматривающая контроль, защиту, сигнализацию, управление и регулирование параметров работы холодильной установки.

Рассмотрены вопросы технической эксплуатации холодильного оборудования и его ремонта.

Рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

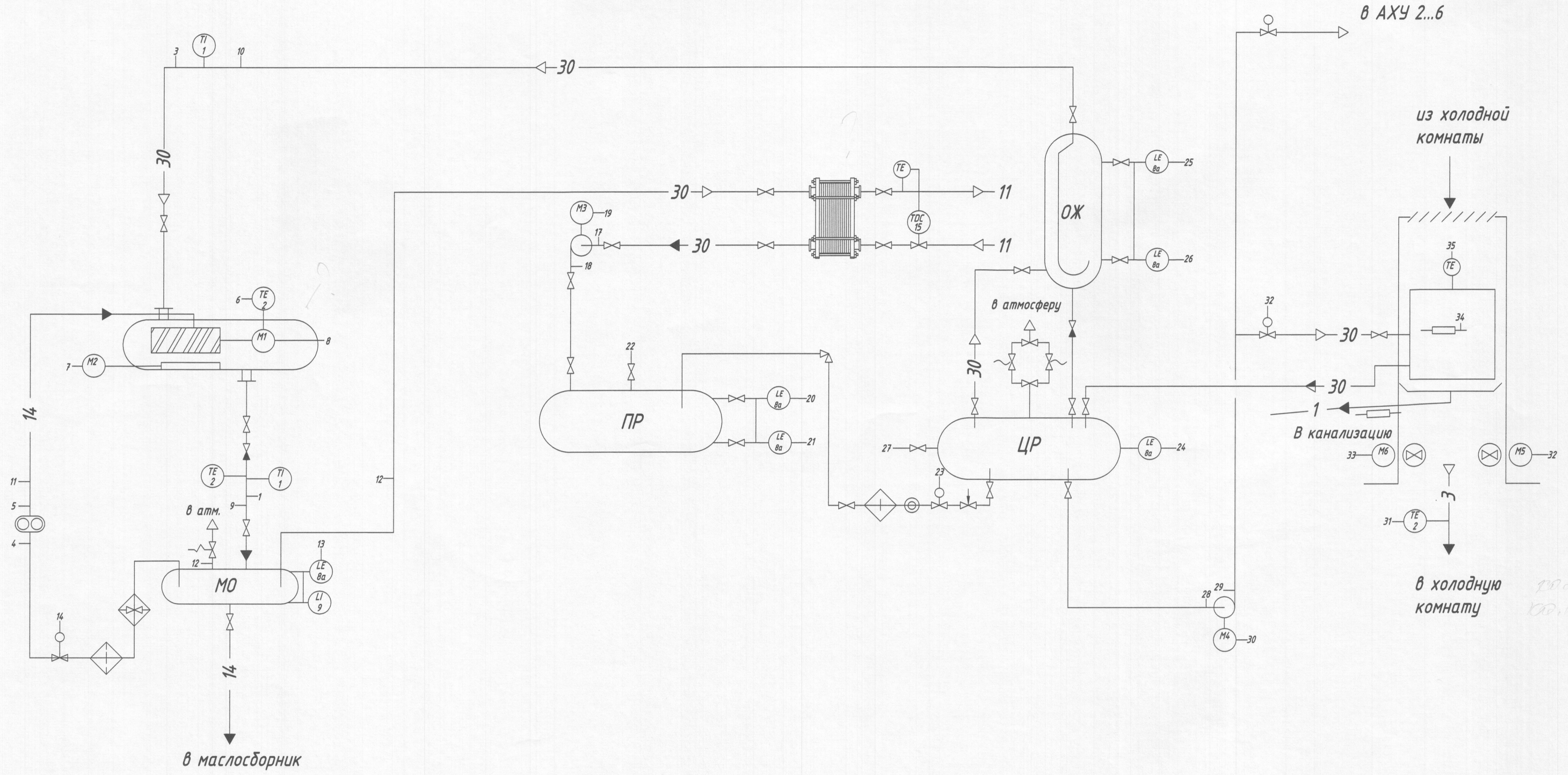
В экономической части проекта рассчитаны затраты на эксплуатацию, суммы затрат на техническое обслуживание и ремонт и определены технико-экономические показатели проекта.

					<b>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

## Список использованных источников

1. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха – М.: Агропромиздат, 1989. – 224 с.
2. Курылев Е.С. и др. Холодильные установки - Л.: Политехника, 2000. 562с.
3. Холодильные компрессоры. Справочник под редакцией Быкова А.В. – М.: Легкая и Пищевая промышленность, 1981. – 280 с.
4. Ужанский В.С. Автоматизация холодильных машин и установок. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 304 с.
5. Зайцев И.Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник 3 изд. перер. и доп. – М. ИНФРА- М, 2001 – 358 с. – (Серия «Высшее образование»).
6. Карташова В.Н., Приходько А.В. Экономика организации (предприятия). Учебник для средних специальных учебных заведений. – М: Приор - изд. 2004.-160 с.

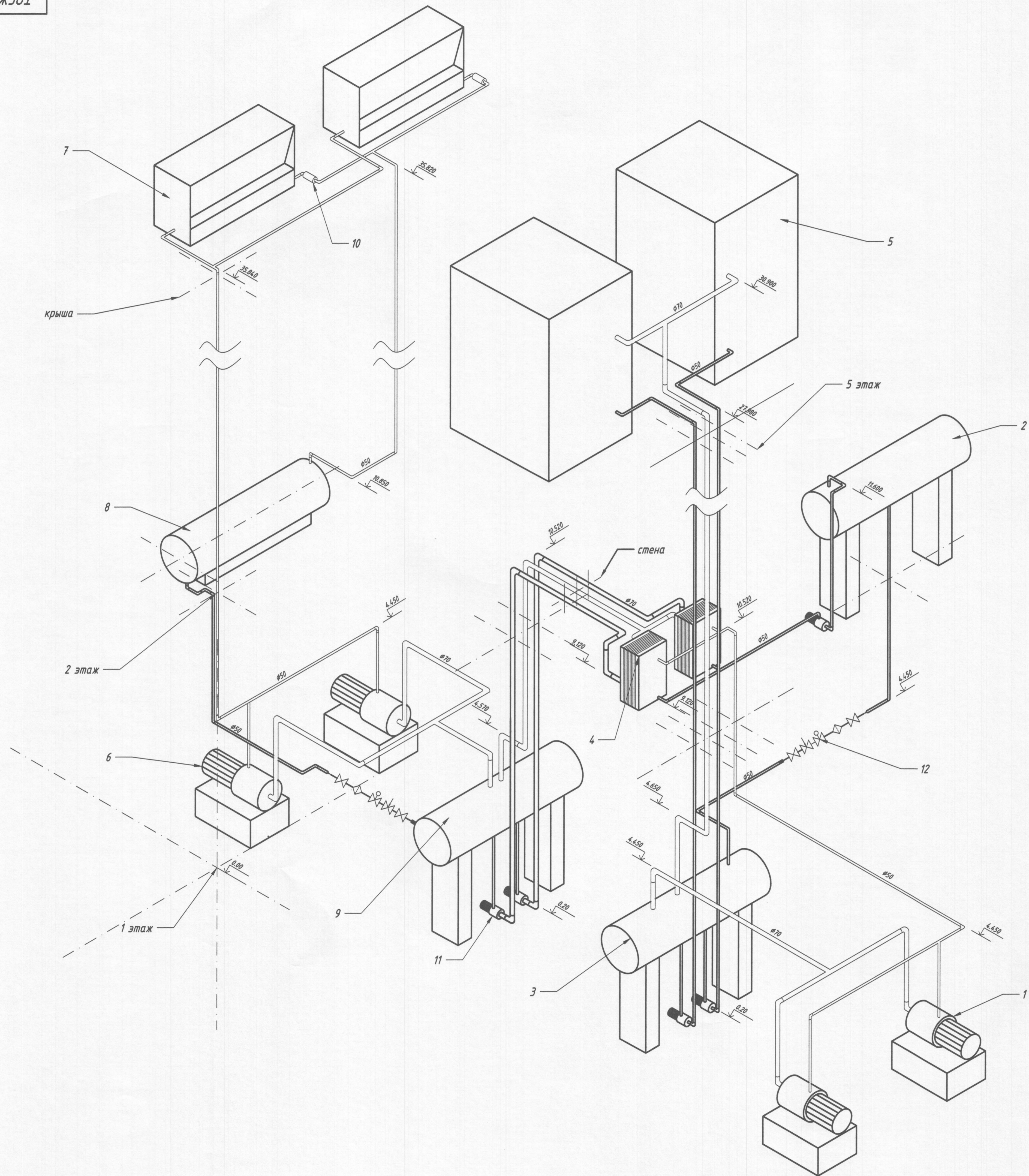
					<i>ТОСЖ 09 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
2,76 МПа	-8°C	0,73 МПа	0,08 МПа	3,0°C			2,18 МПа	0,635 МПа	2,8 МПа	2,18 МПа	80% 50мм			3,1°C	0,08 МПа	80%	20%	2,4 МПа	10% 50мм			80%	80% 50мм	0,635 МПа	0,08 МПа	3,0°C	3,55°C										
PSA 3 H	TSA 4 H	PSA 3 L	PDSA 6 L	TSA 4 H	NS KM2		NS KM1	PI 5	PI 5	PI 5	PI 5	LCA 8 L			PDSA 6 L	NS KM3			PI 5				PI 5		PDSA 6 L	NS KM4			NS KM5	NS KM6			NS KM7	TC L			
HL 1	HL 2	HL 3	HL 4	HL 5	HS SB2	HS SA1	HS SB1							TIRC 26 H	HS SB3	LSA 8B	LSA 8B	LSA 8B	LSA 8B			LSA 8B	LSA 8B			HS SB3	TIRC 26 H		HS SB3	KIS KI1	HS SB4						
					HL 6	HL 7	HL 8					HL 9		HL 10						HL 11				HL 12	HL 13	HL 14	HL 15		HL 16		HL 17	HL 18		HL 19	HL 20	HL 21	
TCC																																					
PCC																																					
ACC																																					
PZC																																					
AZC																																					

ТОСЖ 09.00.00.000 Т2			
«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кубань"»			
Изм.	Лист	№ докум.	Год
Разраб.	Попов К.О.	21.08.18	
Проверил			
Руковод.	Беззаботов Ю.С.		
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.		
Зав. каф.	Гукасин А.В.		
Холодильная установка на t <sub>0</sub> = -17°C			Стадия
			Лист
			Листов
КузГТУ КТОиСЖ			
гр.16-М-СЖ1			

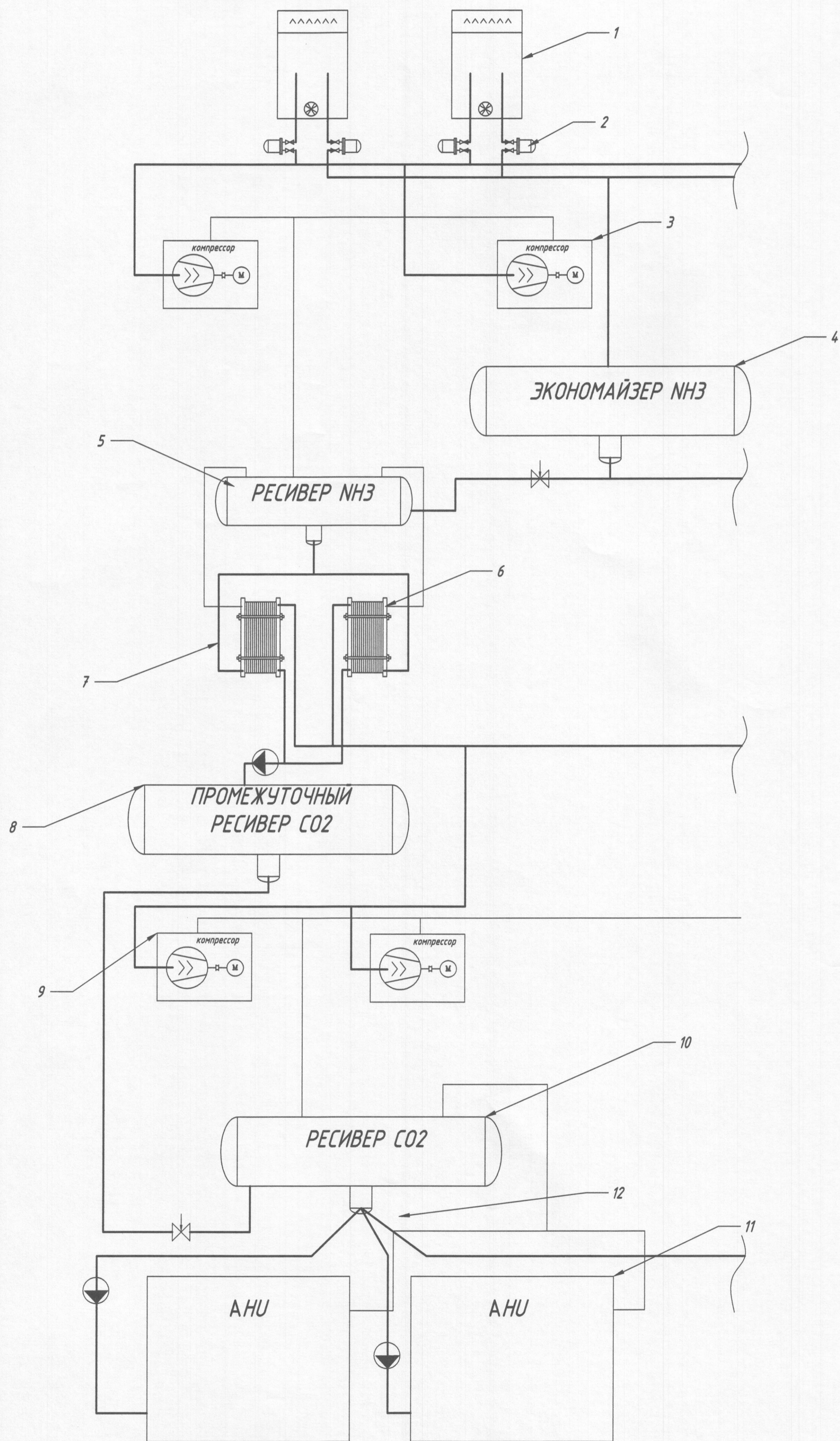




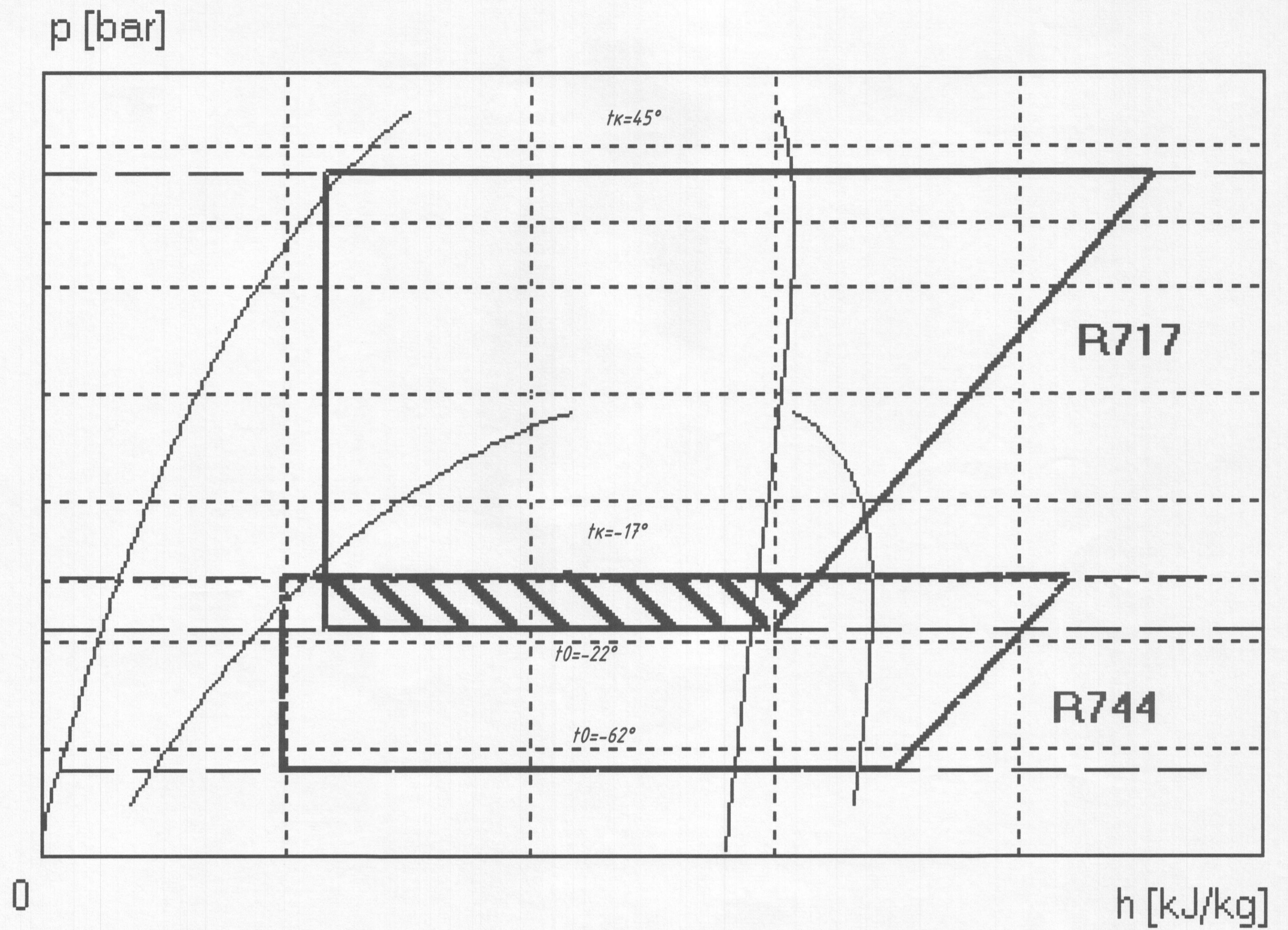
Поз.	Обозначение	Кол-во
1	КОМПРЕССОР CO2	2
2	ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ РЕСИВЕР CO2	1
3	ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РЕСИВЕР CO2	1
4	ИСПАРИТЕЛЬНЫЙ КОНДЕНСАТОР	2
5	ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ	2
6	КОМПРЕССОР NH3	2
7	ИСПАРИТЕЛЬ NH3	2
8	ЭКОНОМАЙЗЕР NH3	1
9	ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РЕСИВЕР NH3	1
10	ПОПЛАВКОВЫЙ КЛАПАН	2
11	ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС	4
12	ДРОСЕЛЬ	2

ТОСЖ 09.00.00.000 ТЗ				Технологическая схема		
«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кудань"»						
Изм.	Лист	№ докум.	Првп.	Дата	Стадия	Лист
Разраб.	Петов К.О.			20.08.2017	ДП	7
Проверил	Беззаботов И.С.			27.06.17		8
Руковод.	Беззаботов И.С.			27.06.17		
Н. контр.	Беззаботов И.С.			27.06.17		
Зав.каф.	Гукасян А.В.			27.06.17		
					КубГУ КТОУСЖ гр.16-М-СЖ1	

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА  
ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

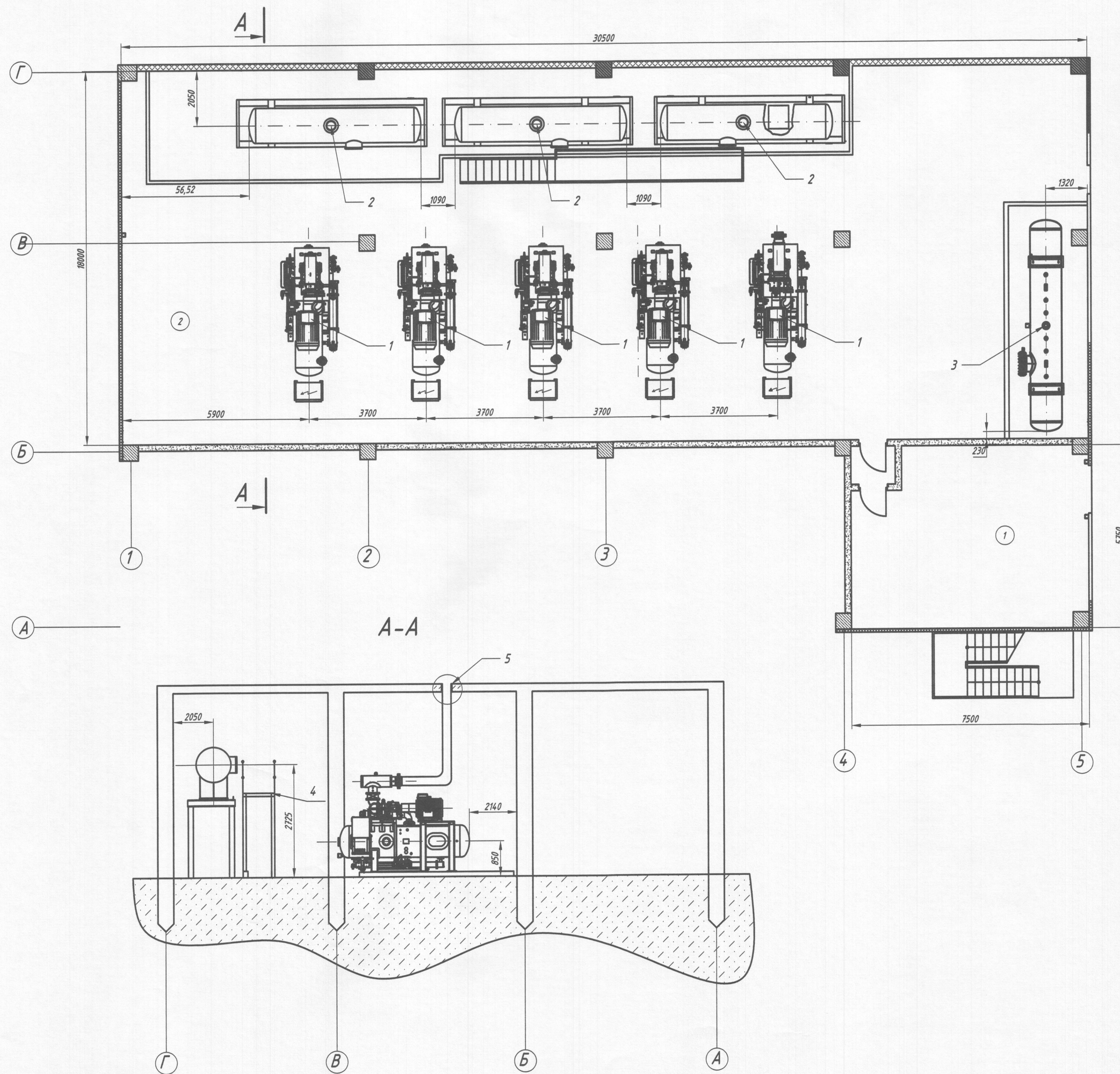


ЦИКЛ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ  
МАШИНЫ



Поз.	Обозначение	Кол-во
1	ИСПАРИТЕЛЬ NH3	6
2	ПОПЛАВКОВЫЙ КЛАПАН	12
3	КОМПРЕССОР NH3	5
4	ЭКОНОМАЙЗЕР NH3	1
5	ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕСИВЕР NH3	3
6	ИСПАРИТЕЛЬНЫЙ КОНДЕНСАТОР	6
7	ДРОССЕЛЬНЫЙ КЛАПАН	12
8	ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ РЕСИВЕР CO2	1
9	КОМПРЕССОР CO2	5
10	ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕСИВЕР CO2	3
11	ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ	6
12	НАСОС ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ	9

ТОСЖ 09.00.00.000 Т2				Стадия	Лист	Листов
«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кудань"»				ДП	6	8
Изм.	Лист	№ докум.	Проф.			
Разраб.	Попов К.О.			21.06.21		
Проверил	Беззаботов И.С.					
Руковод.	Беззаботов И.С.					
Н. контр.	Беззаботов И.С.	21.06.21				
Зав.каф.	Гукасян А.В.	21.06.21				
Технологическая схема				КуДГТУ КТЮСЖ гр.16-М-СЖ1		

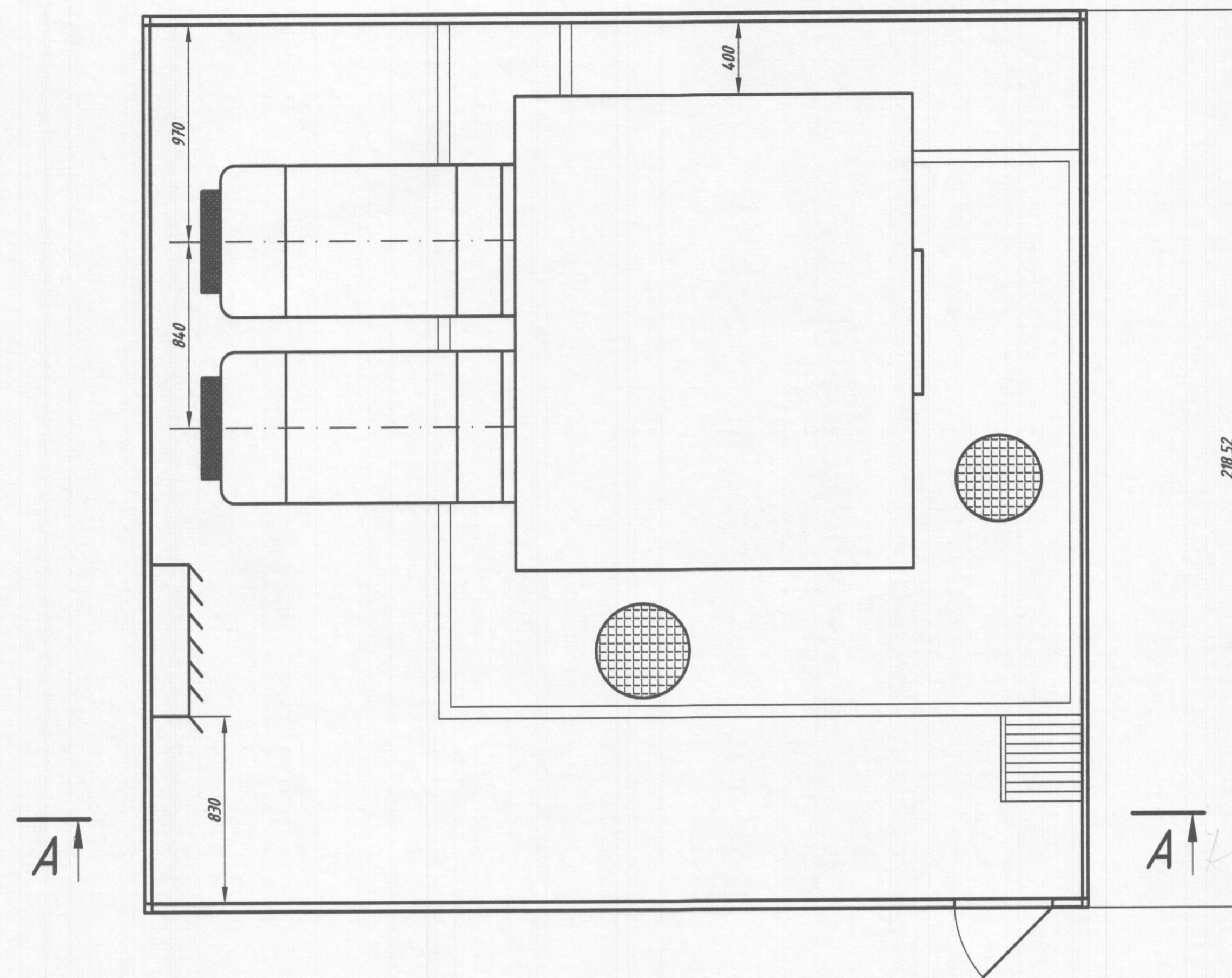


Экспликация производственных помещений

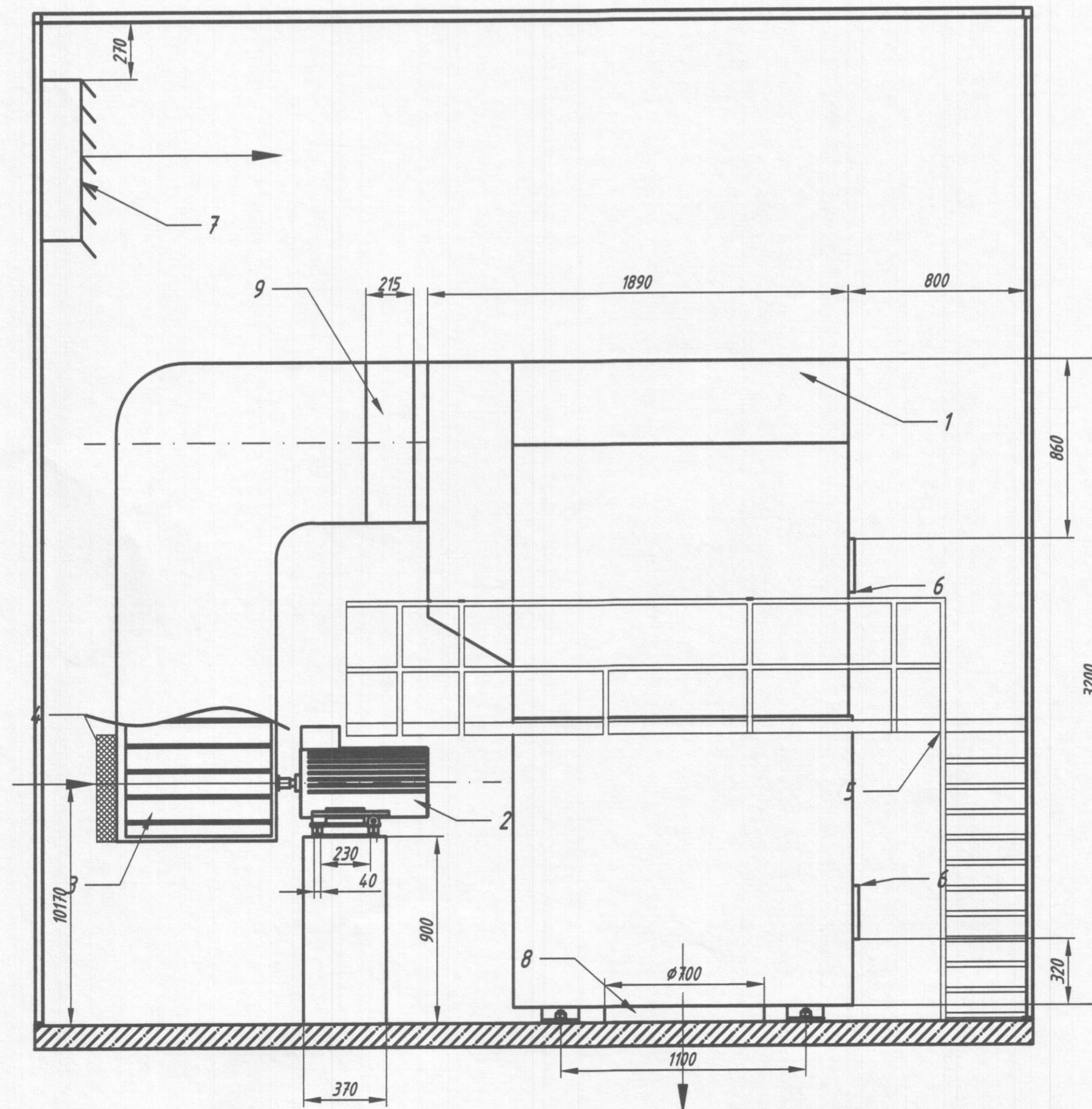
Поз	Помещение	Площадь, м²	Характеристика	класс пожароопасности
1	Операторская	549	Производственное	Г
2	Компрессорный цех	43.2	Производственное	Г

Поз.	Обозначение	Кол-во
1	КОМПРЕССОРНЫЙ АГРЕГАТ	5
2	ПОДПИТЫВАЮЩИЙ РЕССИВЕР	3
3	ДРЕНАЖНЫЙ РЕССИВЕР	1
4	СМОТРОВАЯ ПЛОЩАДКА	1
5	ГИЛЬЗА	5

ТОСЖ 09.00.00.000 ВО				«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кубань"»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Попов К.О.				ДП	5	8
Проверил					Компрессорный цех		
Руковод.	Беззаботов Ю.С.				КузГТУ КТЮСЖ		
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.				зр.16-М-СЖ1		
Зав.каф.	Гуканян А.В.						



A-A



Экспликация производственных помещений

Поз	Помещение	Площадь, м <sup>2</sup>	Объем, м <sup>3</sup>	Характеристика	класс пожароопасности
1	Помещение АНУ	24	120	Производственное	Г

Техническая характеристика

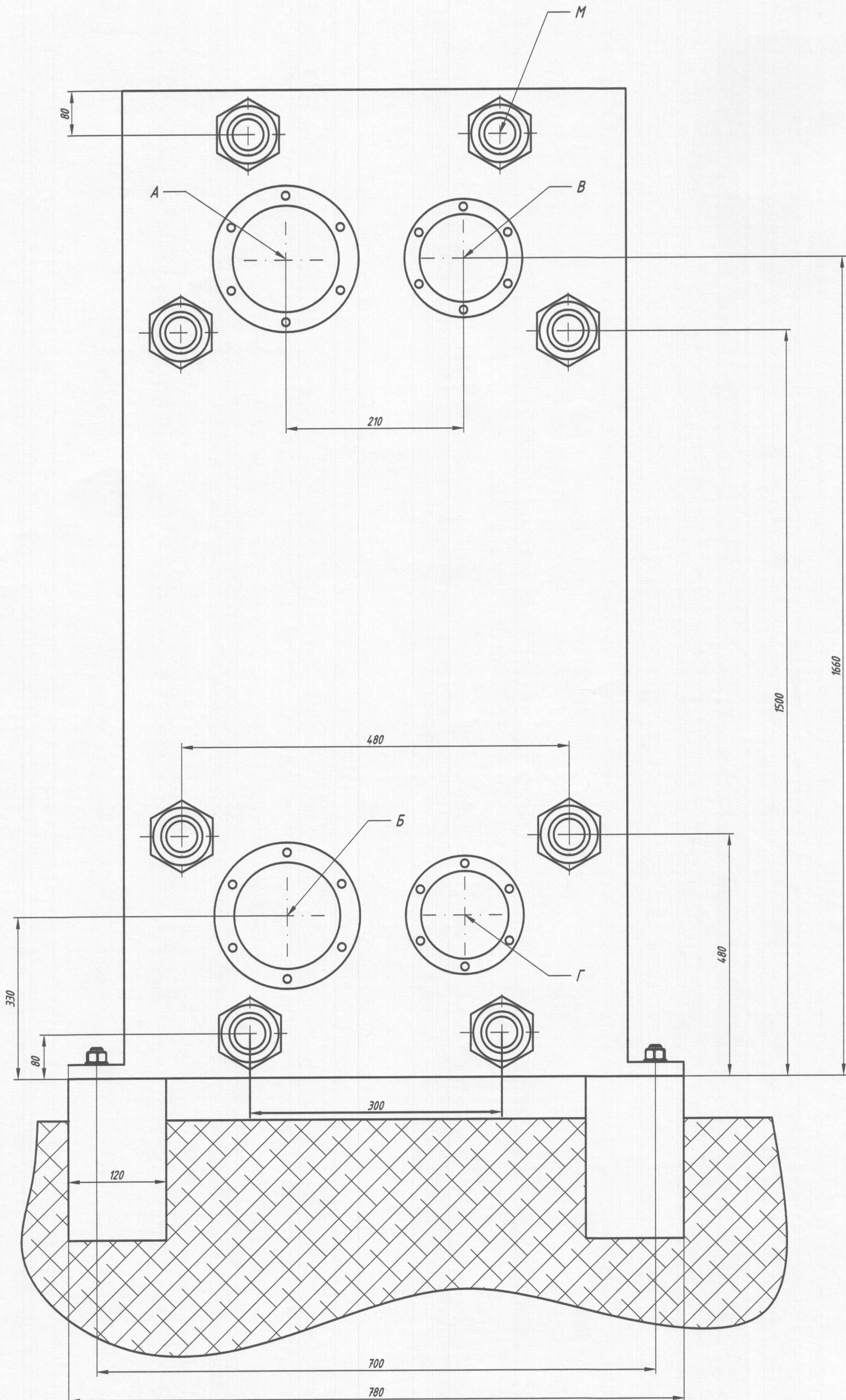
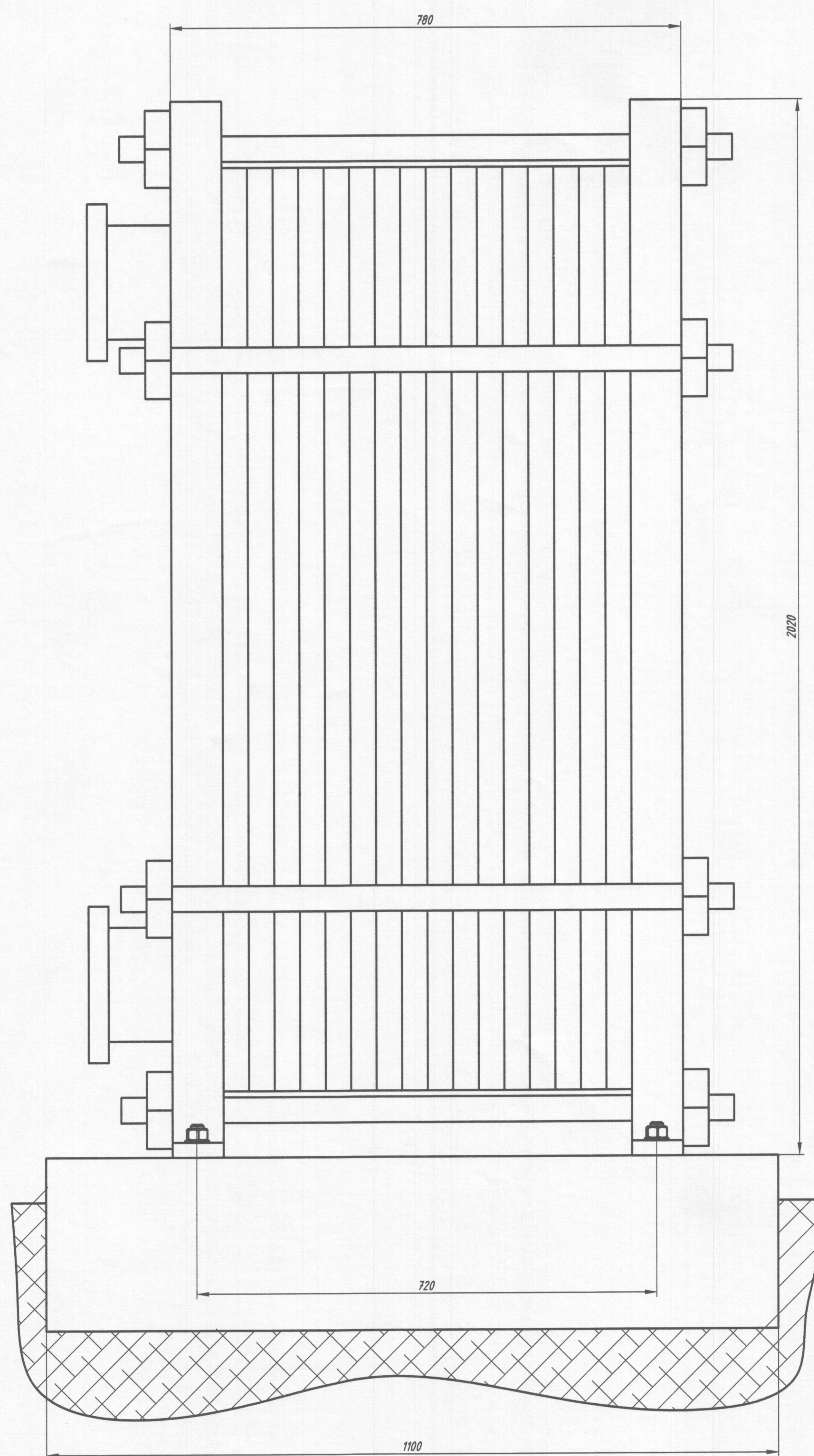
1. Пропускная способность 72000 м<sup>3</sup>/ч
2. мощность АНУ : 105 кВт
3. Мощность электродвигателя 55кВт
4. Масса 13000 кг
5. Рабочая среда : R744

Поз.	Обозначение	Кол-во
1	АНУ	1
2	ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ	2
3	КРЫЛЬЧАТКА	2
4	СЕТКА	2
5	СМОТРОВАЯ ПЛОЩАДКА	1
6	ЛЮК	2
7	ВОЗДУХОВОД (из х.к.)	2
8	ВОЗДУХОВОД (в х.к.)	2
9	СИЛИКОНОВАЯ ВСТАВКА	2

ТОСЖ 09.00.00.000 ВО				«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кубань"»			
Изм.	Лист	№ докум.	Пробл.	Дата			
Разраб.	Попов К.О.			11/02			
Проектир.	Беззаботов Ю.С.			06.21			
Руковод.	Гукасян А.В.						
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.			06.21			
Зав.каф.	Гукасян А.В.						
					Стация	Лист	Листов
Помещение АНУ					ДП	4	8
					КубГУТ КТОиСЖ гр.16-М-СЖ1		

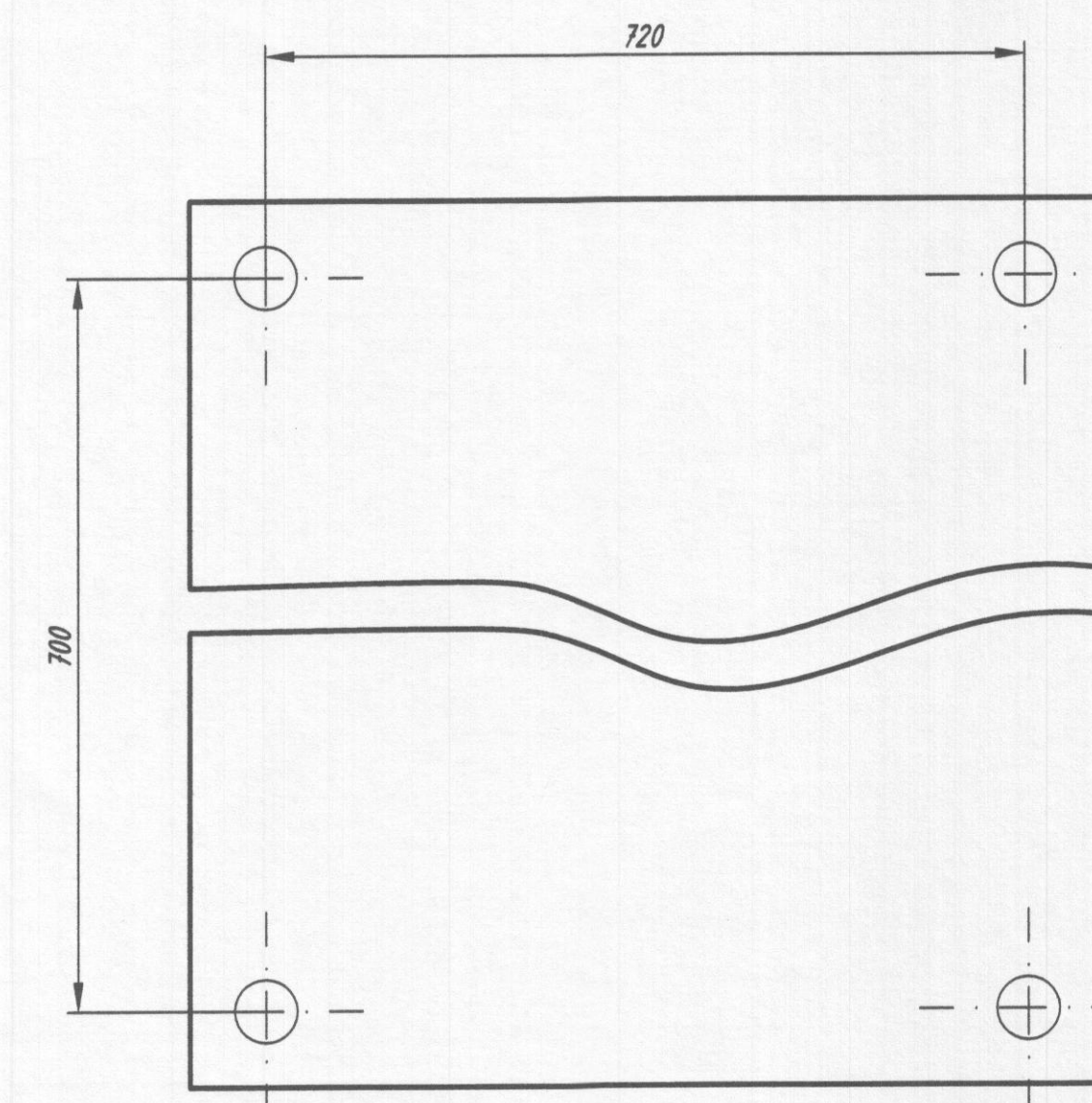
Таблица штуцеров

Объёмная часть	Наименование	Кол.	Проход условный Ду, мм	Давление условное Ру, МПа
А	АММИАК (вход)	1	70	14
Б	АММИАК (выход)	1	70	14
В	СО2 (вход)	1	50	25
Г	СО2 (выход)	1	50	25



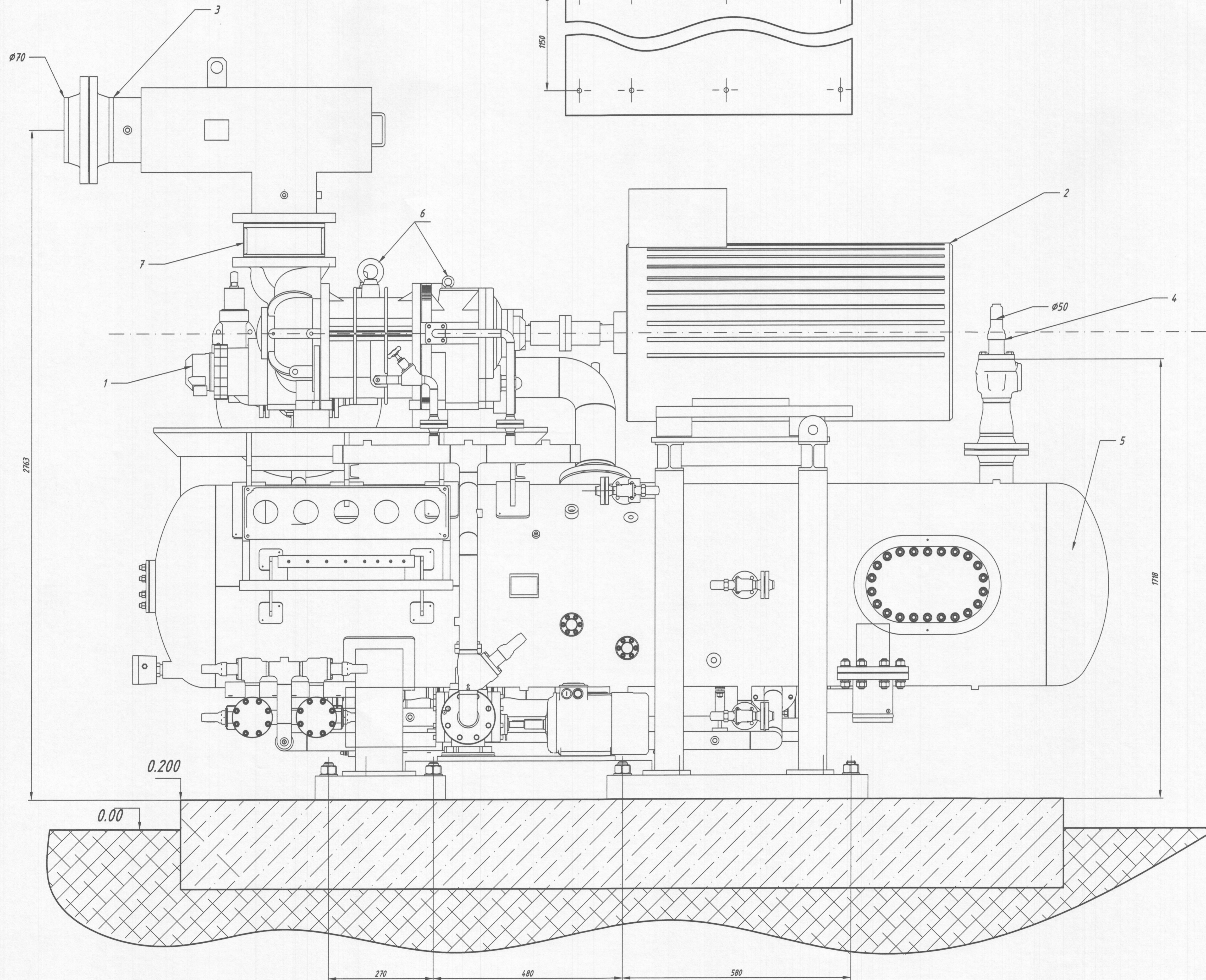
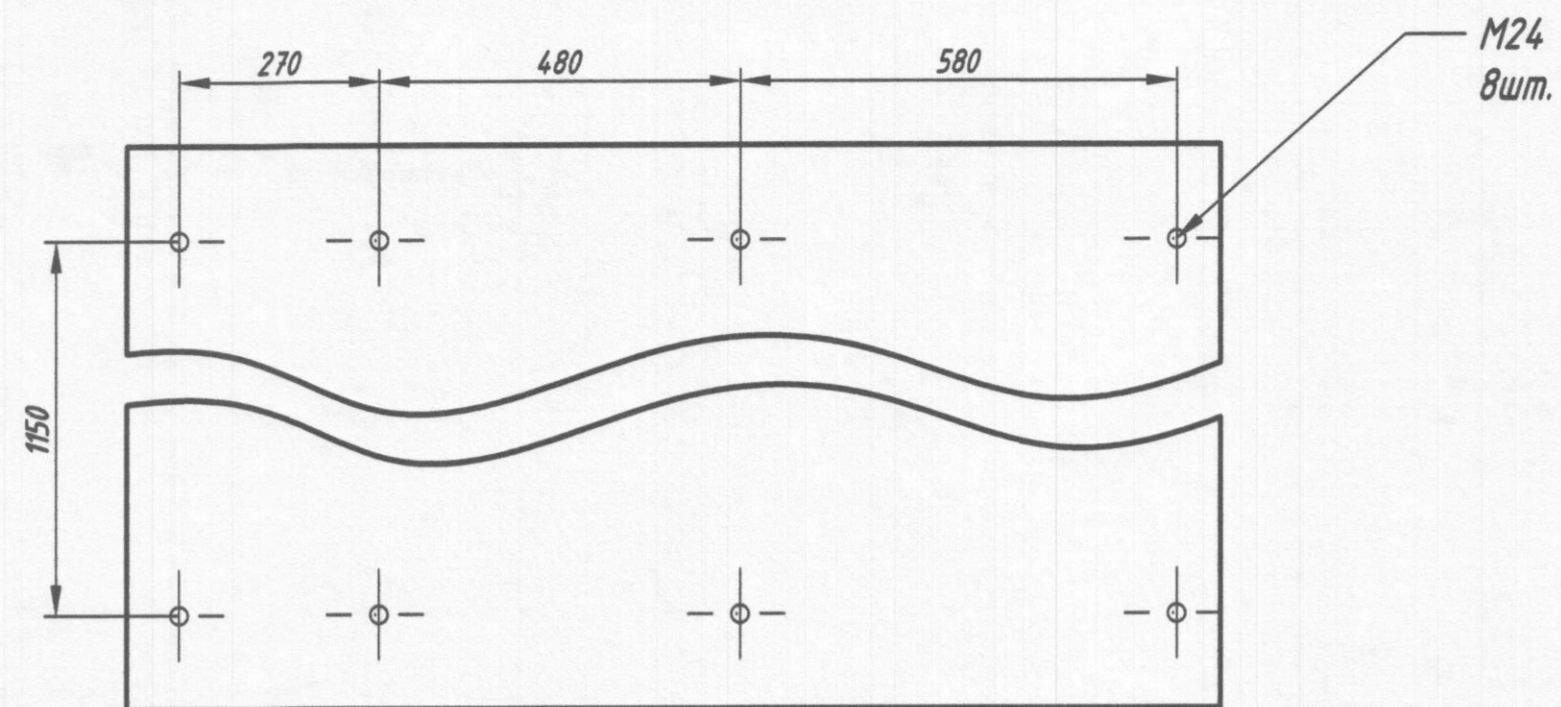
Техническая характеристика испарителя-конденсатора

1. Рабочие среды: Аммиак, СО2
2. Рабочая температура: Аммиак (-20; 7)°с
3. Рабочая температура: СО2 (-17; 80)°с
4. рабочее давление: от 10 до 25 мПа
5. Материал пластин: AISI 304
6. Тип Присоединения: фланцевое
7. Пропускная способность : Аммиак 1025 м3/ч
8. Пропускная способность : СО2 2420 м3/ч
9. площадь теплообменной поверхности: 25 м2
10. Тип Т.О.: пластинчатый ,разборный



ТОСЖ 09.00.00.000 ВО				«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кубань"»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Статус	Лист	Листов
Разраб.	Попов К.О.			11.03	ДП	3	8
Проверил					Пластинчатый испаритель-конденсатор		
Руковод.	Беззаботов Ю.С.				КузГТУ КТОиСЖ гр.16-М-СЖ1		
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.			11.05.21			
Заяв.каф.	Гукасян А.В.			11.05.21			

схема расположения закладных под  
крепление компрессора М 1:2

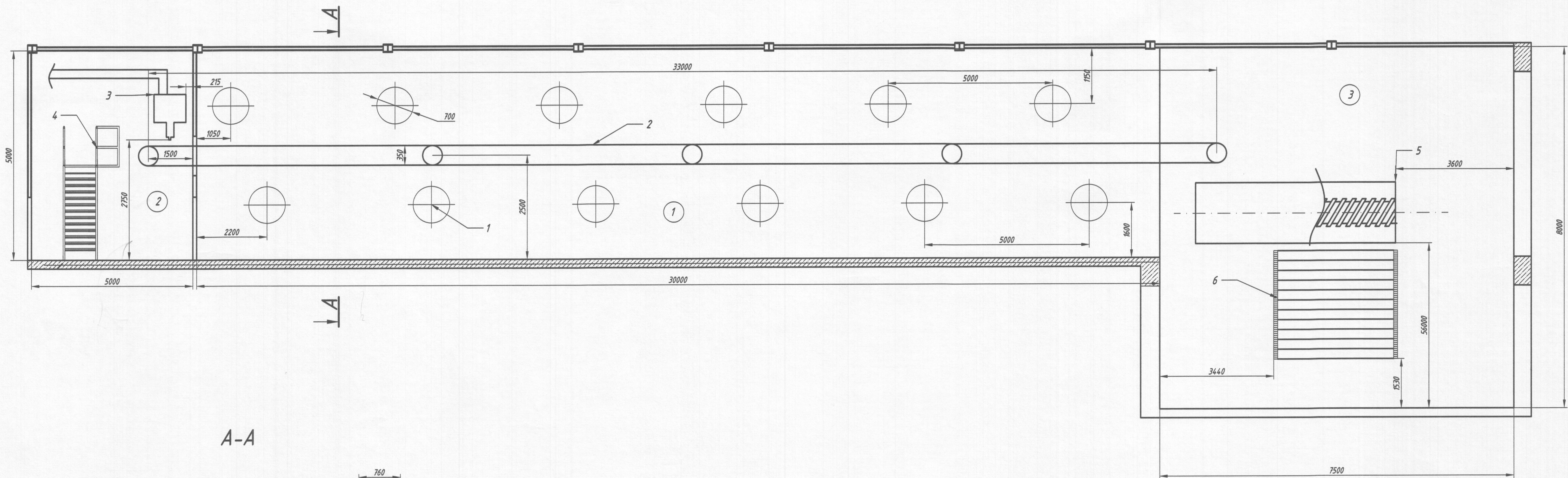


Техническая характеристика  
компрессора

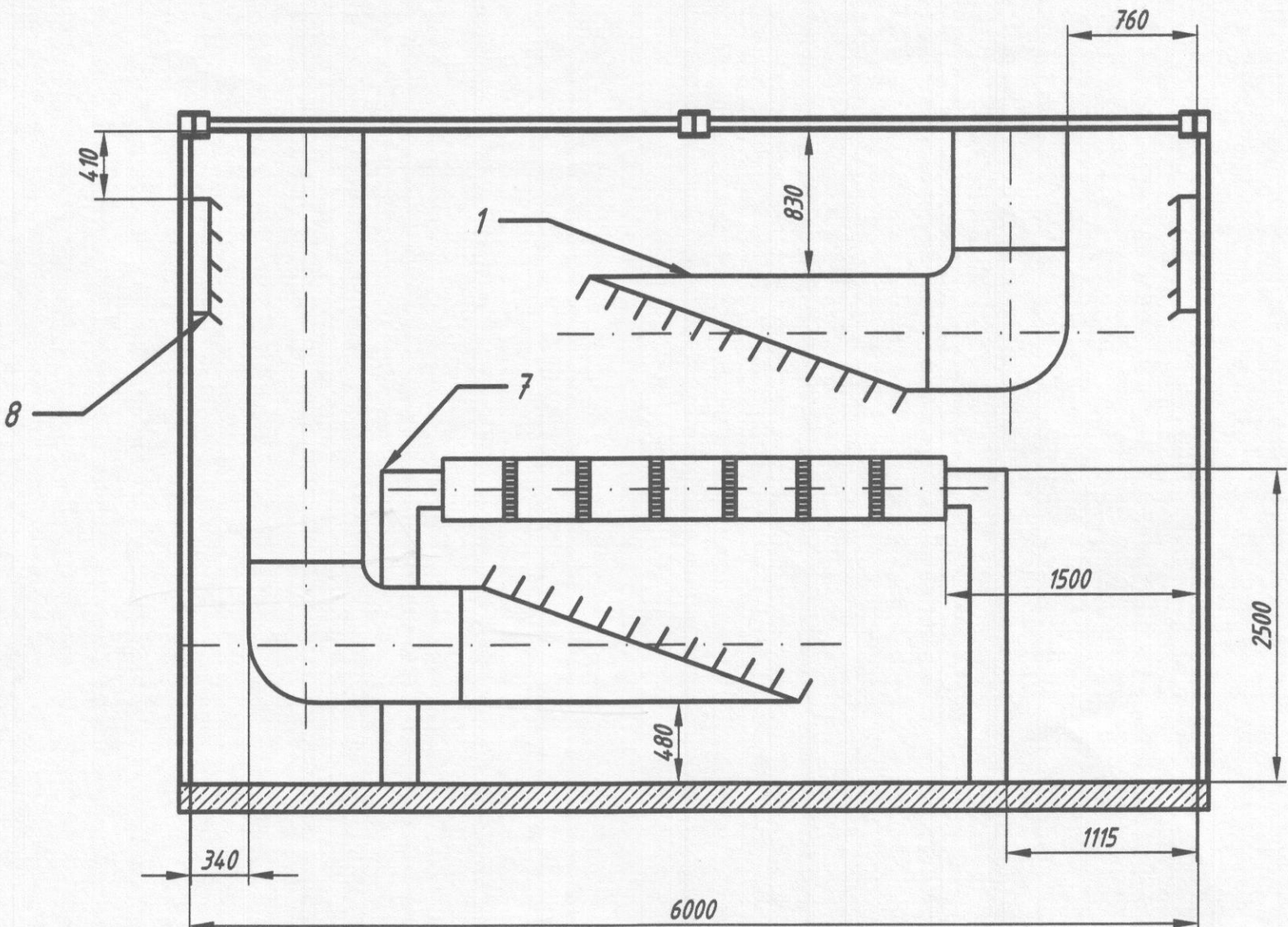
- 1. Рабочее давление: 25 мПа
- 2. Рабочая мощность: 500 кВт
- 3. Производительность 10.2 м<sup>3</sup>/мин
- 4. Объем описываемый винтами компрессора 0.17 м<sup>3</sup>
- 5. Температура всасывания -17°С
- 6. Температура на нагнетания 80°С
- 7. Хладагент R744

Поз.	Обозначение	Кол-во
1	КОМПРЕССОР ВИНТОВОЙ	1
2	ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ	1
3	ВСАСЫВАЮЩИЙ ТРУБОПРОВОД	1
4	НАГНЕТАТЕЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД	1
5	МАСЛОУДЕЛИТЕЛЬ	1
6	РЫМ-БОЛТ	2
7	ОБРАТНЫЙ КЛАПАН	1

ТОСЖ 09.00.00.000 МЧ						
«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО «Нестле-Кудань»»						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Папов К.О.			20.06.21		
Проверил	Беззаботов Ю.С.					
Руковод.	Беззаботов Ю.С.			20.06.21		
					Компрессор	
					Стадия	Лист
					ДП	2
					Листов	8
					КудГТУ КТОУСЖ	
					гр. 16-М-СЖ1	
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.			20.06.21		
Зав.каф.	Гукасян А.В.			20.06.21		



A-A



Экспликация производственных помещений

Поз	Помещение	Площадь, м²	Объем, м³	Характеристика	класс пожароопасности
1	Холодная комната	180	900	Производственное	Г
2	Цех распределения	30	150	Производственное	Г
3	Цех измельчения	96	480	Производственное	Г

Поз.	Обозначение	Кол-во
1	Воздуховод	12
2	КОНВЕЙЕР	1
3	РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ	1
4	НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА	1
5	ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ	1
6	ТРАНСПОРТЕР	1
7	СТОЙКА КОНВЕЙЕРА	5
7	ВЫТЯЖКА	12

**ТОСЖ 09.00.00.000 ВО**

«Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО "Нестле-Кудань"»

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	План холодной комнаты	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Попов К.О.			06.21		ДП	1	8
Проверил	Беззаботов Ю.С.			06.21		КудогТУ КТОиСЖ ар.16-М-СЖ1		
Руковод.	Беззаботов Ю.С.			06.21				
Н. контр.	Беззаботов Ю.С.			06.21				
Зав.каф.	Гуксаян А.В.			06.21				

## ОТЗЫВ

### на выпускную квалификационную работу студента

Попова Кирилла Олеговича

(Ф.И.О. студента)

1 Тема выпускной квалификационной работы- Проект холодильной установки цеха производства кофе в ООО «Нестле - Кубань».

2 Заключение о степени соответствия выполненной ВКР заданию на дипломный проект(работу) - ВКР выполнена в соответствии с заданием на проектирование и в полном объеме

3 Краткая характеристика выполнения каждого раздела ВКР :

Теплотехнические и технические расчеты выполнены по нормативным методикам. Компрессорно-конденсаторное оборудование подобрано по современным каталогам холодильного оборудования и отвечает уровню развития холодильной техник на современном этапе. Выполненный экономический анализ подтверждает эффективность принятых в проекте решений.

4 Степень самостоятельности выполнения отдельных разделов работы – теплотехнические расчеты и графическая часть проекта выполнены с высокой степенью самостоятельности, что подтверждается результатами проверки на «Антиплагиат».

5 Оценка качества и обоснованности предлагаемых решений – принятые решения в проекте обоснованы и опираются на современный уровень холодильного оборудования и холодильных технологий.

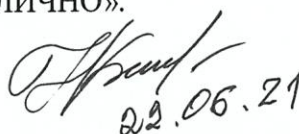
6 Наличие и оценка научно-исследовательской составляющей ВКР (при выполнении научной ВКР или с элементами НИР) – ВКР выполнена с элементами НИР в области совершенствовании холодильной технологии при производстве растворимого кофе.

7 Наличие и оценка использования современных программных продуктов в ВКР – при выполнении технических расчетов и чертежей иллюстративной части проекта использованы стандартные компьютерные программы «Компас», «Автокад», «Статистика».

8 Оценка качества выполнения иллюстративной части ВКР (для технических и технологических направлений подготовки) : Иллюстративная часть ВКР выполнена аккуратно и с соблюдением требований ЕСКД и ГОСТов.

9 Общая оценка ВКР: ВКР представляет собой самостоятельное исследование, соответствует требованиям ФГОС ВО по специальности 16.05.01 –Криогенная техника и системы жизнеобеспечения и заслуживает оценки «ОТЛИЧНО».

Руководитель ВКР, доц. Беззаботов Ю.С.



22.06.21

(подпись, дата)



## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу студента

**Попова Кирилла Олеговича**

выполненную на тему

**«Проект холодильной установки цеха производства кофе  
в ООО «Нестле-Кубань»,»**

16.05.01 – Специальные системы жизнеобеспечения

Выпускная квалификационная работа содержит 8 листов графической части формата А1, пояснительную записку на 65 листах формата А4.

В ВКР произведен расчет холодильного оборудования, составлен проект расширения холодной комнаты для заморозки кофе.

Выполнен раздел по безопасности и экологичности проекта. Оценена экономическая эффективность принятых решений. Рассчитан срок окупаемости проекта.

Работа выполнена на хорошем техническом уровне, с применением современных методов проектирования.

По работе имеются следующие замечания:

1. В пояснительной записке имеются опечатки.
2. Для полноты исследования желательно было рассмотреть и аммиачную ступень.

Указанные замечания не снижают ценность выполненной работы, которая оценивается на **«ОТЛИЧНО»**, а Попов К.О. заслуживает присвоения ему квалификации специалист по направлению 16.05.01 – Специальные системы жизнеобеспечения

Рецензент



*А.Т. Воеводина*

## СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа  
на наличие заимствований

Кубанский государственный  
технологический университет

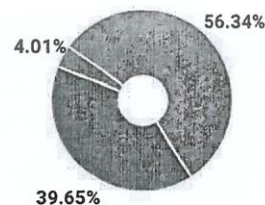
### ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Попов К О  
Самоцитирование  
рассчитано для: Попов К О  
Название работы: 16-М-СЖ1 Попов К.О.  
Тип работы: Выпускная квалификационная работа  
Подразделение: ТОСЖ

### РЕЗУЛЬТАТЫ

ЗАИМСТВОВАНИЯ		39.65%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ		56.34%
ЦИТИРОВАНИЯ		4.01%
САМОЦИТИРОВАНИЯ		0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 21.06.2021



Модули поиска: ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования издательства Wiley (RuEn); eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ; Модуль поиска "КубГТУ"; Медицина; Диссертации НББ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по Интернету; Патенты СССР, РФ, СНГ; Шаблонные фразы; Кольцо вузов; Издательство Wiley; Переводные заимствования

Работу проверил: Шамаров Максим Владимирович

ФИО проверяющего

Дата подписи:

21.06.2021



Подпись проверяющего



Чтобы убедиться  
в подлинности справки, используйте QR-код,  
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование  
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.  
Предоставленная информация не подлежит использованию  
в коммерческих целях.