

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 корабельной холодильной установки системы
кондиционирования воздуха»

ТОСЖ 05 00000000 ПЗ

Автор


 В.Е. Герус

Руководитель

 Ю.С. Беззаботов
22.06.21

Консультанты:

по безопасности
и экологичности

 14.06.21 Т.П. Бажина

по экономике

 Т.Г. Гурнович

Нормоконтролер

 М.В. Шамаров

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 _____ Герус Виктору Евгеньевичу _____
(фамилия, имя и отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: «Проект корабельной
холодильной установки системы кондиционирования воздуха»

Утверждена приказом ректора университета от 10.03.2021 г. № 438-Ст

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

Консультанты (с указанием относящихся к ним разделов):

1. Экономика – Т.Г. Гурнович
2. Безопасность и экологичность – Т.П. Бажина
3. _____


Срок сдачи выпускной квалификационной работы на кафедру 26.06.2021г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ

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 Сорог В. В. 21
(подпись, дата)

Руководитель 
(подпись, дата)

Содержание выпускной квалификационной работы

Введение:

- 1 Технико – экономическое обоснование
- 2 Теплофизические основы судовых систем кондиционирования воздуха
- 3 Описание и разбор расчётов ССККВ
- 4 Расчёт ССККВ
- 5 Автоматизация
- 6 Эксплуатация и ремонт ССККВ
- 7 Безопасность и экологичность проекта
- 8 Экономические показатели проекта

Заключение

Общее количество листов ПЗ 95 с.

Объем иллюстративной части

1. План судна – 1 лист форм. А1
2. Холодильная установка на $t_0 = 2^\circ\text{C}$ – 1 лист форм. А1
3. Компрессор – 1 лист форм. А1
4. Помещение кондиционеров – 1 лист форм. А1
5. Воздухораспределитель – 1 лист форм. А1
6. План кают – 1 лист форм. А1
7. План воздухопроводов и воздухораспределителей – 1 лист форм. А1
8. Холодильная установка на $t_0 = 2^\circ\text{C}$ – 1 лист форм. А1

Общее количество листов иллюстрационной части 8

Список основной и рекомендуемой литературы

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. «Судовая холодильная техника», - 2000. – 490 с.
2. Ладин Н.В., Абдульманов Х.А. «Судовые рефрижераторные установки», - 1993. – 244 с.
3. Захаров Ю.В., «Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины», - 1972. – 556 с.
4. Швецов Г.М., Ладин Н.В. «Судовые холодильные установки», - 1986. – 229 с.
5. Изотов О.А., Соляков О.В., Бадалов М.А. «Специальные судовые устройства, часть 3», - 2018. – 386 с.
6. Селиверстов В.М. «Расчеты судовых систем кондиционирования воздуха», - 1971. – 260 с.
7. Бронников А.В., «Морские транспортные суда. Основы проектирования», - 1984. – 347 с.

Реферат

Дипломный проект __с, __ рисунков, __ источника , 8 листов графической части формата А1

СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ, УНИВЕРСАЛЬНОЕ МОРСКОЕ СУДНО, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНДИЦИОНЕР, ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЬ, КОНДЕНСАТОР, ХЛАДАГЕНТ

Объектом разработки дипломного проекта является система судового комфортного кондиционирования воздуха (ССККВ). Цель разработки – проектирование системы кондиционирования воздуха для универсального сухогрузного судна открытого типа.

Пояснительная записка содержит технико-экономическое обоснование, техническое задание, разбор основных понятий микроклимата и характер его влияния на человека, обзор системы кондиционирования воздуха (СКВ) и его элементов, выбор и расчёт ССККВ, проектирование автоматизации, правила эксплуатации и ремонта ССККВ, расчёты по охране труда в процессе эксплуатации судна и экономической составляющей.

Проектирование ССККВ состоит следующих расчётов:

1. Расчёт тепловой изоляции для жилых помещений судна.
2. Выбор ССККВ, тепловлажностный расчёт и определение количества приточного воздуха.
3. Построение процесса обработки воздуха.
4. Определение холодопроизводительности и теплопроизводительности
5. Подбор оборудования

					ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Герус В.Е.			Лит.	Лист	Листов
Провер		Беззаботов Ю.С.		22.06.21		6	95
Н. Контр		Шамаров М.В.			Пояснительная записка КубГТУ ТОСЖ гр.16-М-СЖ1		
Утв.		Гукасян А.В.		22.06.21			

Содержание

Введение.....	8
1. Техничo – экономическое обоснование.	9
2. Теплофизические основы судовых систем кондиционирования воздуха...11	
2.1 Основные понятия и физиологические основы.	11
2.2 Классификация судовых систем кондиционирования.	14
2.3 Судовые кондиционеры и их классификация.	19
2.4 Схема и разбор ССККВ.	27
3. Описание и разбор расчётов ССККВ.....	30
3.1 Определение основных исходных данных и параметров воздуха.....	30
3.2 Тепловлажностный расчёт.....	35
3.3 Расчёт элементов ССККВ.....	43
3.4 Аэродинамический расчёт.....	48
4. Расчёт ССККВ.....	52
4.1 Расчёт в летний период плавания.....	52
4.2 Расчёт в зимний период плавания.....	58
4.3 Расчёт и подбор оборудования для ССККВ.....	63
4.4 Аэродинамический расчёт.....	70
5. Автоматизация.....	72
5.1 Цели и задачи системы управления.....	72
5.2 Структура современных АСУ.....	72
5.3 Автоматизация систем приточной и вытяжной вентиляции.....	74
6. Эксплуатация и ремонт ССККВ.....	80
7. Безопасность и экологичность проекта.....	84
8. Экономические показатели проекта.....	89
Заключение.....	94
Список используемой литературы.....	95

Введение

Кондиционирование воздуха – это меры для обработки и поддержания на необходимом уровне качества воздуха в помещении, независимо от состояния наружной среды и условий внутри помещения.

Комплекс технических средств для автоматического поддержания требуемого качества воздуха называют системой кондиционирования воздуха. Для обработки воздуха, предназначенного для создания оптимальных микроклиматических условий для жизнедеятельности людей, применяют систему комфортного кондиционирования воздуха.

Данный дипломный проект предусматривает расчёт и проектирование судовой системы комфортного кондиционирования воздуха в летнем и зимнем периоде плавания, предназначенного для поддержания благоприятных условий людей на морском судне.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

1 Техико – экономическое обоснование технического задания

Универсальное сухогрузное судно является одним из старейших типов морского судна и спустя сто с лишним лет технология строительства этих судов не стояла на месте. Увеличилась скорость, грузоподъёмность и дальность плавания, выросла уровень оснащённости прогрессивными техническими средствами и уменьшения числа обслуживающего персонала в виду использования современной автоматики. Но есть случаи, когда судоходные компании, для экономии средств, выбирают капитальный ремонт старых кораблей, но так как универсальный сухогруз является наиболее дешевым из всех судов, и факт того, что сильно старому сухогрузу, для успешной конкуренции с судами другой компании, модернизация не помогает остаться актуальным, то экономически оправданным решение будет строительство нового судна. Более того, большинство советских сухогрузов сданы в эксплуатацию до 2000 года и ввиду этого на сегодняшний день их практически все списали.

Разберем прирост и списание универсальных сухогрузов на территории России. Согласно статистике, на 2020 год под контролем РФ находится 542 единиц судов универсального назначения средним возрастом 25 лет, при сроках эксплуатации до 30 лет. Приходим к выводу, что на через 5 лет списанию подлежит большая часть сухогрузного флота страны.



Рисунок 1. График количества новых судов и списанных в зависимости от года

Поэтому ведущие судостроительные компании, такие как «Восточная верфь», «Амурский судостроительный завод», «Астраханское Судостроительное Производственное Объединение» и т.д. намерены увеличить выпуск новых универсальных судов до 70-100 ежегодно, а с 2026 г. может возрасти до 110-130 судов в год.

Согласно анализу выше, приходим к выводу, что рост строительства судов увеличивается и соответственно увеличивается потребность в установки судовых систем кондиционирования воздуха и их модернизации. Одноканальная прямоточная местно-центральная с дополнительной обработкой воздуха путём его охлаждения и нагрева в каютных доводочных воздухораспределителях эжекционного типа на сегодняшний день является самой распространенной и экономически выгодной ССККВ. Данная система должна обслуживать судно с экипажем в 24 человека и 24 служебных кают с общей площадью 821 м² при неограниченном районе плавания. Число центральных кондиционеров на таких судах ограничиваются одним агрегатом. Каждая каюта будет оборудована специальным судовым воздухораспределителем с дополнительной обработкой воздуха.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

2 Теплофизические основы судовых систем кондиционирования воздуха

2.1 Основные понятия и физиологические основы

Условия жизни человека в судовом помещении, внутренний баланс организма и здоровья и его психологическое состояние во многом зависят от состояния окружающей среды или **микроклимата**. В любом современном морском судне необходимо воссоздать для экипажа благоприятные условия пребывания в жилых, служебных, общественных помещениях в любых местах плавания, в любое время года и при различных погодных условиях.

Главной особенностью жизни людей на судне является резкая смена различных факторов, как состав, температура и влажность воздуха, тепловых излучений в ограниченных помещениях.

Параметры микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ и СанПиН 2.2.4.548-96 являются необходимы для поддержания работоспособности членов экипажа и продолжительного пребывания пассажиров. Микроклимат характеризуется совокупностью:

- Состав воздуха (концентрация кислорода, азота, углекислого газа и т.д.)
- Температура воздуха и влажность воздуха в судовом помещении
- Температура ограждений и оборудования
- Скорость движения воздуха

Амплитуда и скорость изменения параметров микроклимата зависит от наружных климатических условий и процессов, происходящих внутри помещения. Это может быть работа оборудования и жизнедеятельность человека.

При дыхании человека происходит изменение состава воздуха, так как содержание кислорода в каждой порции вдыхаемого атмосферного воздуха понижается с 21% до 18%, а содержание углекислого газа повышается с 0,03% до 4% или около 18 до 26 литров каждый час (более конкретные значения зависят от физиологии человека). Но воздействие человека, находящийся внутри судовых помещений, на состав воздуха становится в разы выше, что приводит к резкому изменению концентрации кислорода и углекислого газа. Это вызывает нарушение процессов дыхания, газообмена, кровообращения.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Таблица 1. Выделение теплоты, влаги и углекислоты при различной нагрузке при температуре 20-22°C

№ п/п	Характер работы	Производимая работа, Вт	Общее тепловыделение одного человека, кДж/ч	Влаговыведение одного человека, кг/ч	Выделение CO ₂ , кг/ч	Примеры применения
1	Состояние покоя	0	400	0,050	0,035	Отдых, кинозал, лазарет
2	Умственная работа	0	500	0,075	0,043	Каюты комсостава, библиотека
3	Легкая физическая работа	11	550	0,100	0,047	Кают-компания, столовая
4	Небольшие движения стоя	11	600	0,120	0,051	Судоводители, вахтенные матросы
5	Легкая физическая работа	22	650	0,140	0,056	Вахтенные механики, электрогруппа
6	Умеренная физическая работа	37	800	0,185	0,069	Вахтенные мотористы, рабочая бригада палубной команды, обслуживающий персонал
7	Тяжелая физическая работа	83	1200	0,300	0,103	Ремонтная бригада машинной команды, авральные работы

Не стоит забывать, что человек выделяет не только углекислый газ, но также влагу и теплоту. Количество отводимого тепла и влаги от человека зависит от нескольких параметров:

- теплопроводность одежды
- Разницы температур между телом воздухом
- выделение или поглощение тепла ограждениями или оборудованием
- количеством влаги на теле человека

Теплота и влага передаются в окружающую среду при дыхании и через кожные покровы конвекцией, радиацией, испарением и теплопроводностью или явной и скрытой теплотой. При средней температуре воздуха отвод теплоты от человека составляет в среднем 33% из-за конвекции, 47% радиацией и 21% испарением пота. Однако в помещении значение выделяемой теплоты от человека, посредством конвекции и теплопроводностью, напрямую зависят от параметров микроклимата.

Количество теплоты, передаваемое окружающему воздуху от ограждающих поверхностей, представляющие собой большие металлические сооружения с высоким коэффициентом теплопроводности, определяется внешними климатическими условиями. В морских судах, которые приспособлены для дальних плаваний, температура атмосферного воздуха и содержание влаги зависит от комплекса климатогеографических факторов внешней среды: температурному, гелиокосмическому, влажностному динамическому и статическому давлению, качке, смене климатических зон и часовых поясов. Значения могут колебаться от +45°C до -45°C с содержанием влаги в 1 килограмме воздуха от 25 до 0,1 г, а температура забортной воды может изменяться от +35°C до -2°C. Так же изменяется интенсивность солнечной радиации, что значительно влияет на температуру внутри помещения. Теплоотвод может быть увеличен при помощи увеличении скорости воздушного потока.

Таблица 2. Расчётные параметры наружной среды

Район плавания	Летний период			Зимний период		
	Температура воздуха t_a , °C	Относительная влажность воздуха ϕ_a , %	Температура воды $t_{\text{вв}}$, °C	Температура воздуха t_a , °C	Относительная влажность воздуха ϕ_a , %	Температура воды $t_{\text{вв}}$, °C
Неограниченный	34	70	30	-25	85	0
Северная Атлантика	21	65	16	-11	85	0
Северный морской путь	12	80	8	-40	85	-2
Азовское море	27	60	25	-21	85	1
Черное море	29	60	27	-15	85	5
Средиземное море	30	65	26	-3	70	10
Персидский залив, Красное море	45	40	33	—	—	—
Японское море	25	75	20	-23	85	0

Из всего перечисленного следует, что на основные параметры микроклимата влияют жизнедеятельность человека и погодные условия. Значительное изменение температуры воздуха негативно сказывается на работе систем терморегулирования организма, в результате чего снижается работоспособность, растёт температура тела, возникают проблемы с нервной системой и т.д. Поэтому в жаркое время года в помещениях поддерживают температуру на 6-10°C ниже температуры наружного воздуха. Это не позволяет не допустить значительную отдачу теплоты конвекцией.

Затрудняется теплоотдача и влагоотдача испарением при повышении влажности воздуха, из за чего следует обильное потовыделение, быстрой утомляемости и нарушение дыхания и наоборот, при низкой влажности воздуха происходит высыхание кожи и слизистых оболочек, что повышает сопротивляемость болезням, а организм получает обезвоживание. Весомое значение для благоприятного микроклимата имеет скорость движения воздуха в помещении. Конвективная теплоотдача и испарение с повышением скорости происходит более интенсивнее, но при больших скоростях возникает эффект «сквозняка» из-за чего возрастает опасность простудиться. Поэтому, чтобы не допустить вышеперечисленные проблемы со здоровьем и создать благоприятные условия для работы и организма необходимо соблюдать относительную влажность воздуха 50% (+- 10%), скорость движения воздуха в районе 0.15 м/с, но при необходимости можно увеличить до 0,5 м/с и разность температур воздуха в помещении и температурой ограждений в пределах 4°C.

2.2 Классификация судовых систем кондиционирования

Адаптационные возможности человека позволяют не ощущать небольшие изменения в составе, температуре и влажности воздуха. Но этого недостаточно, так как морское судно является местом ощутимых изменении основных параметров микроклимата. Для поддержания благоприятной воздушной среды в рамках адаптационных возможностей человека служит **судовая система комфортного кондиционирования воздуха (ССККВ)**, или **система кондиционирования воздуха (СКВ)**. Она включает комплекс устройств, выполняющие приём, обработку, распределение воздуха по жилым помещениям, а также поддержанием заданных параметров воздушной среды (микроклимата) независимо от состояния наружных климатических условий или процессов внутри помещения. Современные судовые СКВ, в зависимости от внешних условий, выполняют осушение, увлажнение, охлаждение и нагрев воздуха, обеспечивают улучшение качественного состава и доведение до необходимых физиологических или технологических кондиций, путём его ионизации, озонирования, парфюмеризации, стерилизации, одорации, вибро- и шумоглушение, при помощи автоматического регулирования и управления комплекса. Основные требования к работе ССККВ это поддержание в жилых помещениях режима обогрева при температурах наружного воздуха ниже 10°C с подачей 25 м³/ч свежего воздуха на одного человека и режима

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

охлаждения при температурах наружного воздуха выше 23°C с подачей 20 м³/ч свежего воздуха также на одного человека, но если температура наружного воздуха находится в интервале от 10°C до 23°C, то ССКВ для экономии энергии может работать в режиме вентиляции. Следует использовать чистые, безвредные и пожаробезопасные холодильные агенты и холодоносители. Соблюдать приемлемый уровень шума и простую систему регулирования параметрами микроклимата. Система кондиционирования должна быть легко доступна для обеспечения необходимого обслуживания, монтажа или демонтажа определенного элемента системы. В зависимости от судна ССКВ могут отдельно устанавливаться на помещения левого и правого борта.

В связи с развитием морских грузоперевозок и судового оборудования все большее значение приобретают и **системы технического кондиционирования воздуха (СТКВ)**. Их задача обеспечить качество перевозимого груза в трюмах, поддерживать сохранность оборудования, механизмов и ограждающих поверхностей грузовых отсеков, танков, цистерн от коррозии, предотвращение образования летучих взрывоопасных компонентов грузов, создание необходимой концентрации влаги в воздухе для поддержания общесудовых пневмосистем. На сегодняшний день в приоритете создание современного модернизированного флота и повышение надежности технических средств судов. Их оснащают пневматическими устройствами и средствами автоматизации, устойчивыми к различным механическим воздействиям, условиям радиации и обладающими повышенной пожаробезопасностью. Во многом это благодаря поддержанию качественной воздушной среды, обеспечиваемая системами технического кондиционирования.

В трюмах, содержащие в себе перевозимые грузы, происходят тепловлажностные процессы, приводящие к конденсации воды из влажного воздуха на грузе или на частях корпуса судна. Это приводит к порче груза из-за образования плесени, нагреванию, брожению и усушке груза. Для предотвращения порчи груза необходимо поддерживать необходимый тепловлажностный режим путём удаления лишней влаги и вентиляции грузовых помещений. В процессе перевозки жидких грузов происходит выделение взрывоопасных и пожароопасных паров жидких грузов с воздухом. Эта проблема характерна для судов газовозов и нефтеналивного флота и решение будет созданием в грузовых отсеках инертной среды с отсутствием кислорода. Для обеспечения таких условий перевозки необходимо

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

оборудовать эффективными судовыми системами подачи инертных газов в грузовые помещения.

Технологический процесс не стоит на месте, как и строительство современных морских судов различного назначения. Для обеспечения комфортных условий для труда и отдыха экипажа и поддержание микроклимата независимо от внешних воздействий принимают современные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, но для работы всего комплекса требуется большие расходы ресурсов, а именно до 40% добываемого топлива и до 10% производимой электроэнергии, поэтому до сих пор совершенствуются технологии воздухоподготовки и создание судовых автоматизированных СКВ с минимальными энергозатратами.

Выбор СКВ осуществляется в соответствии с назначением и особенностью судов. К примеру суда, предназначенные для неограниченных районов плавания, оснащаются системами комфортного круглогодичного кондиционирования, но для судов, ориентированные для работы в южных или северных регионах оборудуются системами сезонного кондиционирования. Так же существует полное и неполное кондиционирование воздуха. При неполном кондиционировании ограничиваются только некоторыми регулируемые параметрами под определенные цели, а при полном необходимы все возможные параметры воздуха. Для создания комфортного микроклимата в каютах используют только полное кондиционирование воздуха. Существуют несколько способов обработки и подачи воздуха системой кондиционирования: замкнутая, прямоточная, прямоточная с рециркуляцией. Замкнутая системам отбирает на обработку воздух напрямую из кондиционируемого помещения, где после обработке в кондиционере поступает обратно в помещение. Эта система предназначена для обработки воздуха в техническом помещении, где не требуется подача наружного воздуха или, когда объектом обработки является другая среда. Замкнутая система обладает высокой экономичностью по сравнению с прямоточной системой, где кондиционер берет обрабатываемый воздух из наружной среды, а после подачи в помещение выбрасывается обратно наружу, в следствии чего расход холода или тепла в кондиционере выше его потребности в помещениях. В конечном итоге заменой двум рассмотренным системам является прямоточная СВК с рециркуляцией. В данной системе объединены и развиты все основные достоинства замкнутой и прямоточной системы, но преобладают и их недостатки. Эта система способна подавать на кондиционер необходимое количество смеси свежего и рециркуляционнго воздуха, что позволяет

поддерживать концентрацию кислорода и углекислого газа в кондиционируемом помещении и при этом сохраняя низкий расход холода или тепла. Из этого следует, что для работы этой системы рециркуляционный воздух должен обладать одинаковой концентрацией во всех помещениях, поэтому внутренняя атмосфера в каждом помещении будет одинакова. Место обработки воздуха называют системы центральных, местных, местно-центральных и автономных кондиционеров. В центральных системах обработка воздуха происходит в одном кондиционере, при этом источники тепла и холода так же централизованы. Система местного кондиционирования имеет несколько кондиционеров, но источники тепла и холода тоже централизованы. В местно-центральных системах тепловлажностная обработка воздуха производится в центральном кондиционере и местных теплообменных каютных воздухораспределителях, где уже обрабатывается рециркуляционный воздух. Автономный кондиционер в отличие от других имеет каждый свой источник холода и тепла в виде холодильной машины, который может работать и в режиме теплового насоса или с использованием различных нагревательного оборудования.

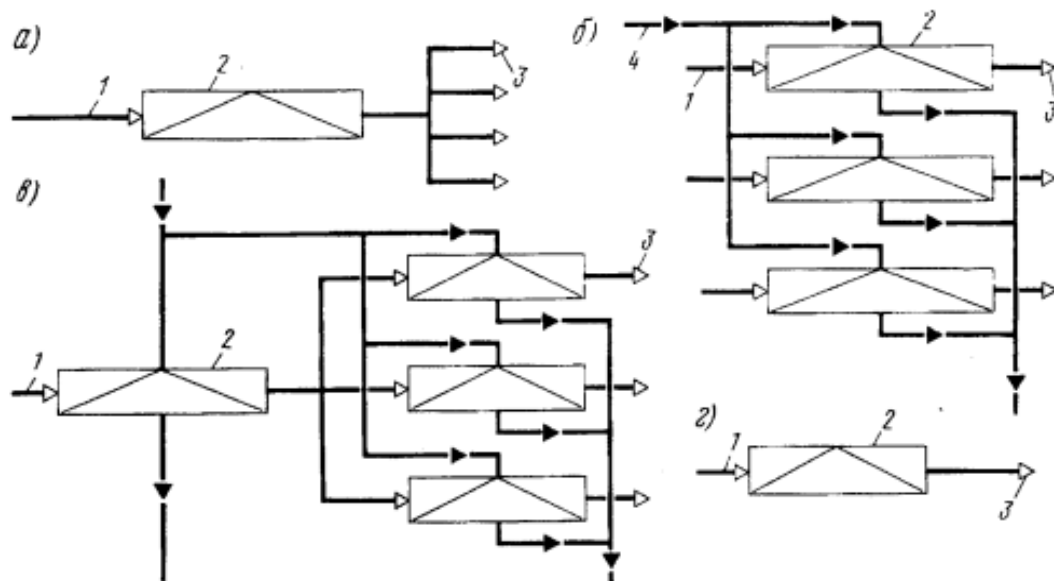


Рисунок 2. Упрощенная схема СКВ: а) – центральные СКВ, б) – местные СКВ, в) – местно-центральные, г) – автономные СКВ; 1 – необработанный воздух, 2 – кондиционер, 3 – обработанный воздух, 4 – вода

Различают и способы подачи холодоносителя системы на одноканальные, двухканальные и трехканальные. Они отличаются количеством параллельных воздуховодов, которые доставляют воду от кондиционера в вентилируемое помещение. Одноканальные СКВ имеют единственный канал, по которому отработанный воздух поступает в помещение и регулируется в центральном

кондиционере по датчикам, размещёнными в образцовом помещении или в выходной магистрали кондиционера. Таким образом регулировка микроклимата производится одинаково во всех каютах для сохранения температурного режима в соседних каютах. Двухканальные и трёхканальные СКВ воздух разной температуры и смешения идет по нескольким каналам к воздухораспределителю помещения, где смешивается до необходимых параметров. Двух- и трёхканальные СКВ имеют преимущество в индивидуальной регулировке микроклимата в каждом помещении, но имеют высокую стоимость и сложную структура. Немаловажную роль играет и скорость потока воздуха в магистральных воздухопроводах. Различают низкоскоростные, среднескоростные и высокоскоростные СКВ. В низкоскоростных системах скорость воздуха 15-17 м/с и большое сечение воздухопровода, выполненные из оцинкованного железа коробов. Они бесшумны и не требуют больших затрат энергии на транспортировку воздуха. Данные магистрали сложно изолировать, так как они имеют большие габариты, но это необходимо из-за большой поверхности теплопередачи и малых скоростях воздуха, что вызывают большие потери холода или тепла. Использование этой системы в морских судах осуществляется в том случае, когда необходима разность температур каютного и приточного воздуха в районе 7-10°C. В высокоскоростных системах скорость воздуха 40-60 м/с и поперечное сечение воздухопроводов соизмеримы с водогазопроводными трубами, что упрощает монтаж, изолирование и имеет малые габариты низкие потери холода или тепла. К недостаткам относят аэродинамическое сопротивление, шум и сложности изготовления элементов воздухопроводов, а также низкую экономичность, вызванную увеличением мощности вентиляторов и холодильной машины. Стоит упомянуть, что шум характерен для СКВ в целом. Возникает он из-за работы вентиляторов, воздухораспределительной арматуры и т.п. Полностью избавиться от шума невозможно, но можно снизить при помощи уменьшения шумности источника или его поглощением. В среднескоростных системах применяются в тех случаях, когда необходима альтернатива двум перечисленным системам для устранения определенного недостатка.

И последнее это классификация по напору или полному давлению в воздухопроводах: низконапорные, средненапорные и высоконапорные. Для создания необходимого напора используют различные вентиляторы, которые способны создать давление от 40 мм вод.ст. (низконапорные) до 1200 мм вод.ст. (высоконапорные). Между напором и скоростью потока воздуха есть

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

условная зависимость, т.е. при повышении скорости воздуха будет подниматься напор в воздуховодах и на оборот. Величина напора зависит от гидравлического сопротивления и давления внутри помещения. Если разность температур между каютным и приточным воздухом в пределах 7-10°C, то распределение воздуха происходит без значительных затрат потенциальной энергии, но в случае значительной разности температур между каютным и приточным воздухом существует риск заболеть различными простудными заболеваниями.

2.3 Судовые кондиционеры и их элементы

Судовой кондиционер представляет собой установку, состоящий из множества элементов. Они предназначены для очистки, тепловлажностной обработки и распределения воздуха в помещениях. В некоторых конструкциях все элементы СКВ смонтированы в один общий корпус, их называют моноблочными, но при необходимости элементы могут состоять из отдельных секций, связанных собой технологически.

Один из таких элементов называется фильтр. Он необходим для механической очистки воздуха от пыли различного происхождения. В связи деятельности человека наносится ущерб окружающей среде, поэтому для качественной очистки приточного воздуха существуют несколько способов:

- обработка под действием инерциальных сил;
- прохождение воздуха через различные пористые поверхности (сухие и маслянистые);
- при помощи электризующих синтетических материалов и электрического поля.

Конструкция сухого фильтра представляет собой металлический каркас, в котором присутствует специальный пылеулавливающий материал

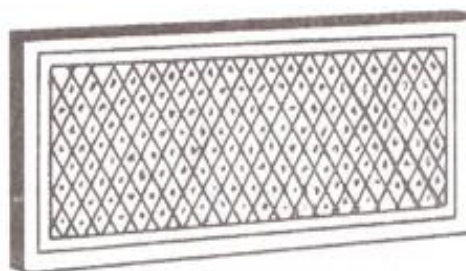


Рисунок 3. Общий вид сухого фильтра

Маслянистые фильтры так имеют металлический каркас с синтетическим волокнистым фильтрующим элементом, который увлажняется маслом при помощи распыления, но имеющие сложную конструкцию. Поэтому чаще всего в центральных кондиционерах применяют сетчатые маслянистые фильтры. Фильтрующий элемент состоит из нескольких мелкоячеистых гофрированных сеток, покрытые липким, долгосохнущем и не стекающие масла. Эффективность очистки составляет больше 90%, но необходимо периодически обслуживать все элементы фильтра.

Для охлаждения воздуха в СКВ используют воздухоохладители. В основном на судах используют трубчато-пластинчатые поверхностные теплообменные аппараты. При помощи различных охлаждающих жидкостей или холодильного агента происходит охлаждение воздуха, проходящего через теплообменные поверхности. Подвод холодильного агента происходит через ТРВ, а водяные охладители имеют входные и выходные коллекторы.

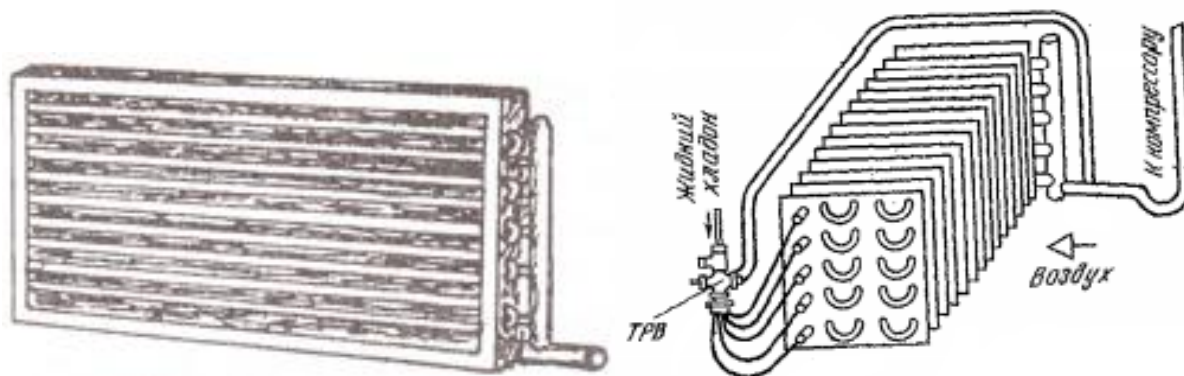


Рисунок 4. Общий вид и возможный вариант подключения ТРВ в судовом ребристом воздухоохладителе

Существуют воздухонагреватели паровые, водяные и электрические. Паровые и водяные мало отличаются друг от друга, обладают небольшим оребрением и числом рядов трубок по ходу воздуха. Это обусловлено высокой температурой нагрева поверхности и более высокой удельной теплосъемом. Электрические воздухонагреватели имеют вид прямых или петлеобразных трубчатых электронагревателей (ТЭН). Они состоят из металлической оребренной трубки, внутри которой размещена спираль из нихромовой или фехральной проволоки, приваренная к контактными стержням. Остальное пространство внутри заполняют специальным порошкообразным наполнителем (оксид алюминия или кварцевый песок).

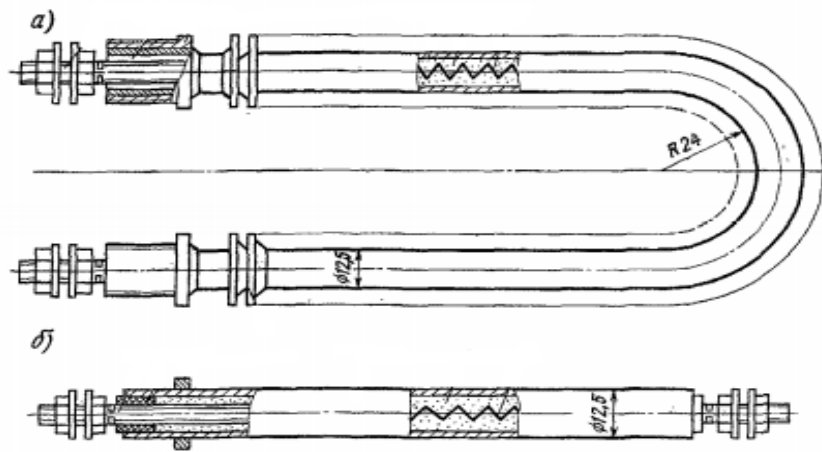


Рисунок 5. Трубчатый электронагреватель:

а) – И-образный оребренный, б) – гладкий прямой

При работе СКВ в режиме обогрева применяются увлажнительные устройства различного типа: водяной, паровой атмосферного давления и паровой повышенной давления. Водяной увлажнитель представляет собой пористую стеклянную пластину с ячейками, направленными поперек движения воздуха. На них подается вода, которая испаряется в воздух. Паровое увлажнительное устройство атмосферного давления состоит из парового генератора, которые образует насыщенный пар, равномерно распределяющийся в потоке воздуха. Увлажнитель паром высокого давления происходит при помощи дросселирования и последующим смешиванием в камере увлажнения с набегающим потоком нагретого воздуха под давлением 0,3 – 0,5 Мпа.

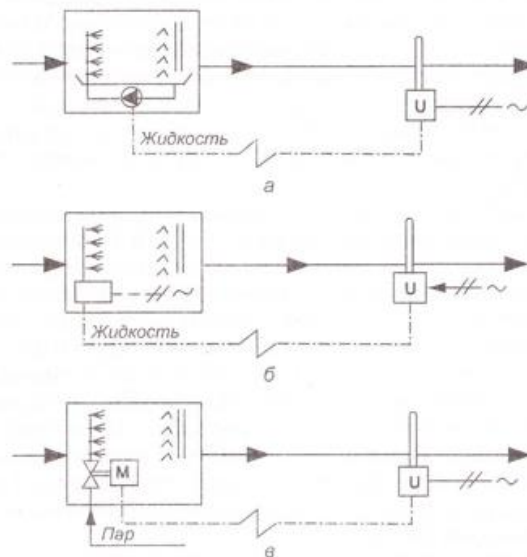


Рисунок 6. Схема судового увлажнителя воздуха: а) – водяной увлажнитель, б) – паровой увлажнитель атмосферного давления, в) – паровой увлажнитель высокого давления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

На нагрев или охлаждение приточного воздуха требуется дополнительные расходы электроэнергии и может быть экономически затратно. Поэтому применяются простой и эффективный метод экономии энергии – смешение свежего наружного и рециркуляционного воздуха на входе в кондиционер при помощи регенеративного теплообменника. Он подразделяется по таким характеристикам: по фазовому состоянию теплообмениваемых сред (газ – газ, жидкость – газ, газ – жидкость), по характеру теплообмена (прямой, не прямой), по конструкции (статический и механический). Регенеративный статический теплообменник конструктивно имеет некоторое количество параллельно расположенных пластин с чередующимися донорными и рецепторными щелями, выполненных из гладкого алюминия.

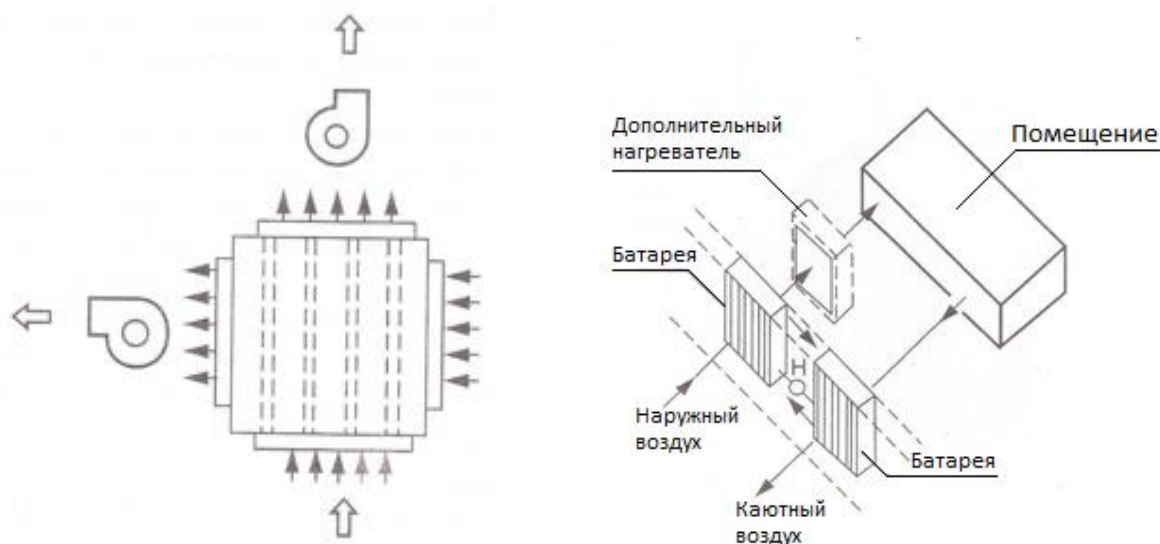


Рисунок 7. Схема прямого (слева) и непрямого (справа) регенеративного теплообменника

Регенеративный статический теплообменник непрямого действия состоит из двух батарей, которые выполнены трубок змеевикового типа, в которых циркулирует с помощью насоса теплохолодоноситель. Через определенную батарею проходит поток наружного и каютного воздуха, осуществляя этим регенеративный перенос тепла.

Передача больших объемов воздуха в СКВ применяют электровентиляторы. Они должны работать непрерывно, быть эффективными при умеренном потреблении электроэнергии и соблюдать приемлемый уровень шума. В основном на судах используют центробежные вентиляторы одностороннего и двухстороннего всасывания. На отечественных судах используют центробежные электровентиляторы серии ЦСУ с подачей от 240 до 40 тыс м³/ч при давлении от 520 до 4600 Па.

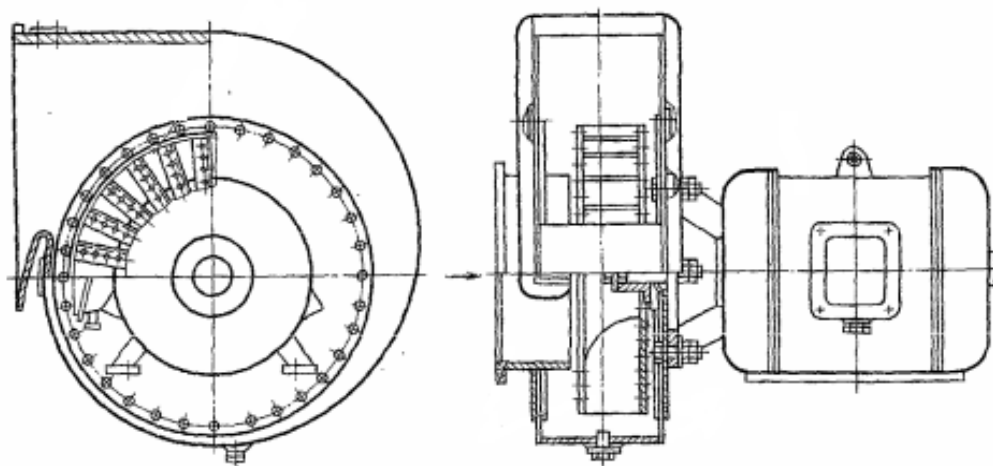


Рисунок 8. Центробежный электровентилятор серии ЦСУ

Нам известно, что существует разница температур между приточным и каютным воздухом, а также подвижность воздуха, вызванная циркуляцией внутри помещения. Это приводит к появлению ощущения сквозняка, негативно влияющий на здоровье человека. Для организации качественного распределения воздуха внутри помещения используют различные каютные воздухораспределители. Важно понимать, что требуемое распределение воздуха зависит от устройства воздухораспределителя и его расположение. Каютный воздухораспределитель является частью помещения, поэтому к нему предъявляются следующие требования.

- необходимая тепловлагоассимиляция;
- малозумность при работе;
- надежность при работе в судовых условиях;
- регулировка параметров воздуха в широких пределах;
- эстетичность.

На судах используют выпускные и доводочные воздухораспределители. Разница между ними в том, выпускные не выполняют тепловую обработку воздуха, в отличии от доводочного воздухораспределителя, в котором имеется теплообменник. Основные типы выпускных воздухораспределителей показаны на рисунке 9.

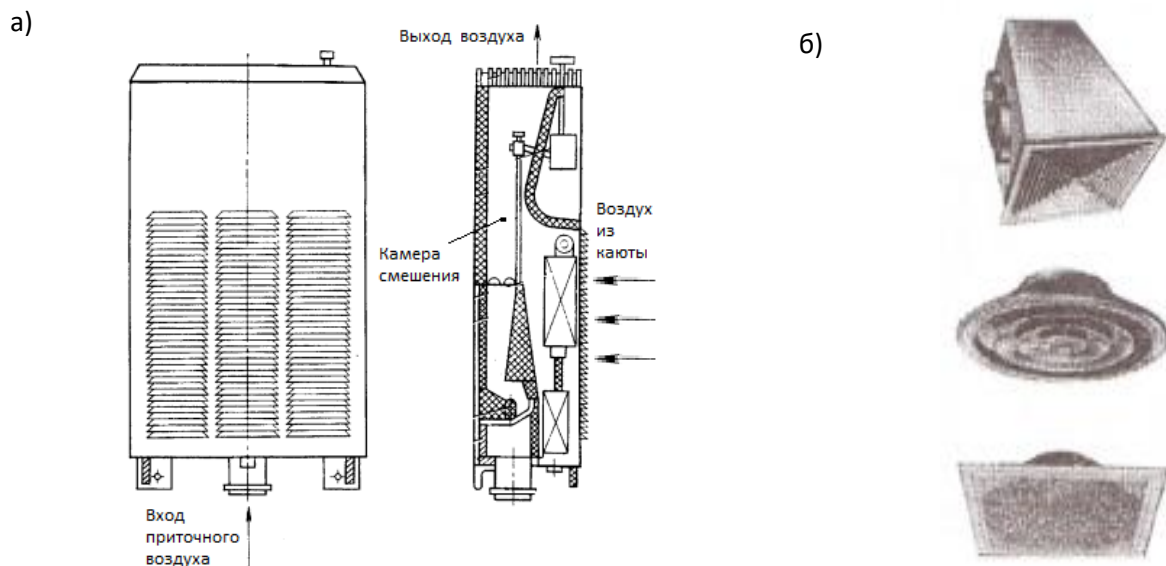


Рисунок 9. а) - Доводочный эжекционный воздухораспределитель с электроподогревателем типа ВДЭЭ и б) - выпускные воздухораспределители

В зависимости от требований и конструкции судна применяются различные доводочные воздухораспределители, а именно на эжекционные и прямоточные с подогревом приточного воздуха. Через сопловое устройство происходит подсос через водяной или электрический теплообменник каютный воздух и подача приточного воздуха со скоростью 10-25 м/с. Скорость смешанного воздуха равен 2-5 м/с.

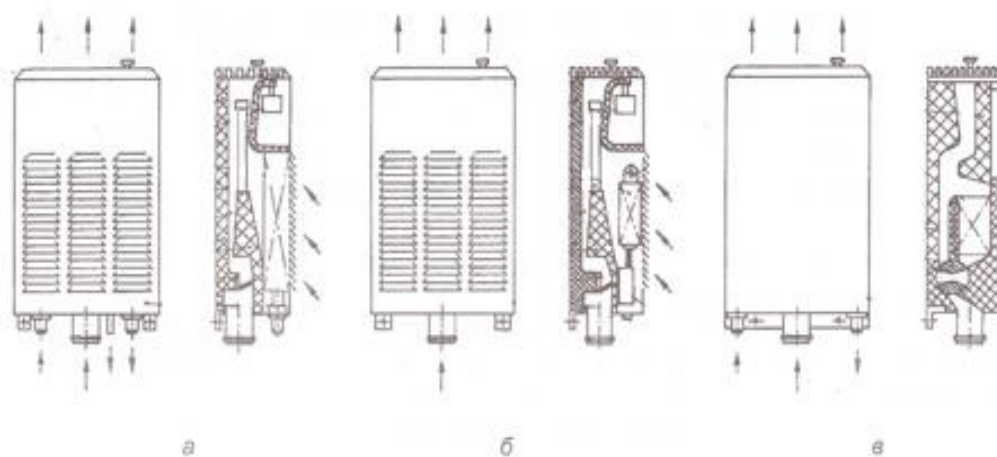


Рисунок 10. Доводочный воздухораспределители; а) – эжекционный с водяным теплообменником, б) – эжекционный с электронагревателем, в) – прямоточный с водяным воздушнонагревателем

Центральный секционный кондиционер состоит из отдельных секций, число, последовательность и монтажа которых зависит от назначения самого кондиционера. Общий корпус имеет алюминиевую обшивку с внутренним

слоем изоляционного материала для обеспечения акустической и термической изоляции. Все панели являются съёмными, а герметичные дверцы позволяют проводить осмотр внутренних элементов. Разберем все секции центральной секционного кондиционера.

Входная секция имеет вид жалюзей, состоящий из необходимого числа алюминиевых пластин, подвижно закрепленных в стальной рамке (рис). Данная секция необходима для ограничения прохода воздуха в систему после выключения кондиционера. Регулировка осуществляется при помощи электропривода или вручную.

Секция фильтрации воздуха предназначена для очистки наружного воздуха для дальнейшей его обработки. Современные системы фильтрации имеют три фильтрующих элемента: панельный, карманный и плотный фильтр.

Секция подогрева воздуха необходим для требуемого нагрева воздуха в нагревательных батареях с помощью горячей воды, пара или электронагревателей. Жидкостных нагреватель имеет вид рамы, состоящий из медных трубок с алюминиевыми рёбрами, а электрический нагреватель состоит из трубчатых нагревательных элементов, аналогично помещенных в рамку.

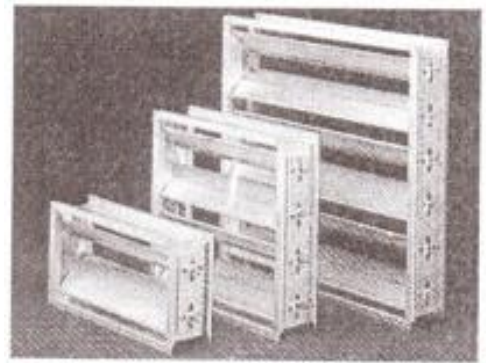


Рисунок 11. Входная секция

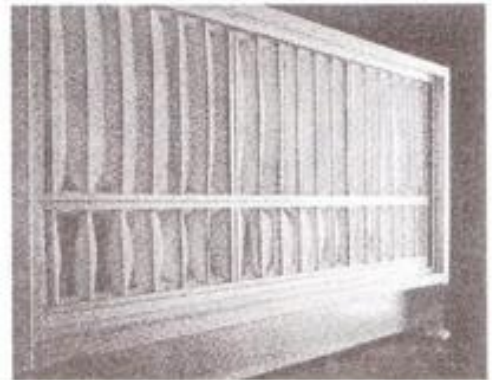


Рисунок 12. Фильтрующая секция

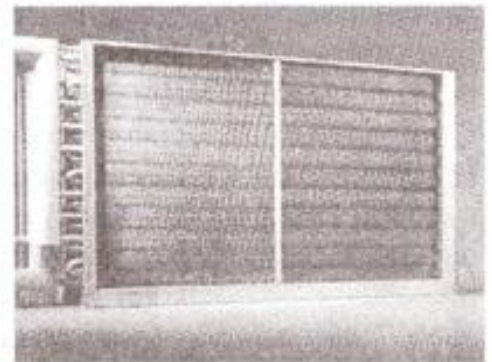


Рисунок 13. Секция нагрева

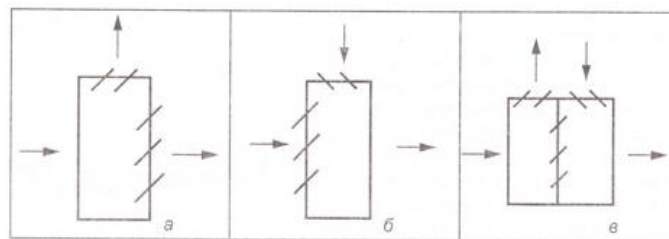


Рисунок 14. Схема секции распределительной – а, смесительной – б, распределительно – смесительной – в.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Секция регенерации тепла нужен для передачи энергии от уходящего к входящему воздуху. Она выполнена в виде листовой конструкции, имеющий тепловоспринимающий вращающийся алюминиевый ротор, смонтированный перпендикулярно потокам входного и выходного воздуха.

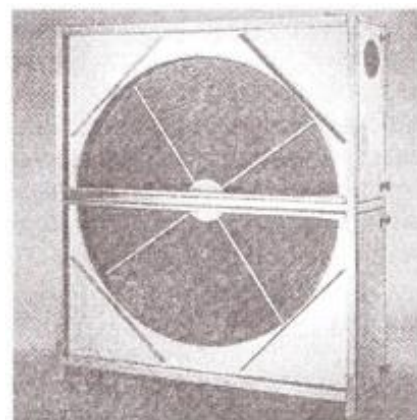


Рисунок 15. Секция регенерации

Секция увлажнения воздуха увеличивает концентрацию водяного пара в воздухе при помощи адиабатного увлажнения испаряющейся водой или изотермического увлажнения паром. Данный элемент устанавливается в раму и имеет вид трубы.

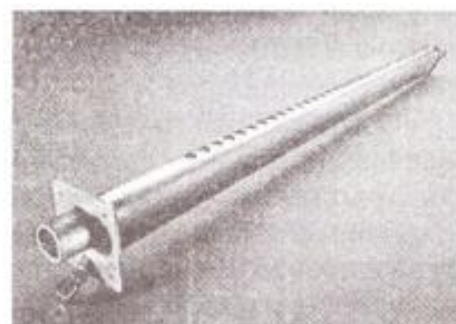


Рисунок 16. Увлажнительная трубка

Секция охлаждения воздуха имеет вид стандартного испарителя или в некоторых случаях элемента водяного охлаждения. Выполнен из медных трубок и алюминиевыми ребрами, находящиеся в стальной рамке. В морских вариантах центрального секционного кондиционера секция имеет поддоны для конденсата, который вытекает при давлении в секции до 1200 Па. Дренаж имеет вид невозвратных клапанов, которые не дают засасывать затхлый воздух внутрь системы. Ещё воздухоохладитель имеет сепаратор, улавливающий капельки конденсата.



Рисунок 17. Распределительная секция

Секция вентиляции состоит из вентилятора, электродвигателя и клиновидного приводного ремня и выполнена полностью съёмной для удобства обслуживания и замены вышедших из строя элементов секции. Вентилятор имеет гибкую вставку для исключения передачи вибрации на смежные секции глушитель для хорошего распределения воздуха.

Распределительная секция состоит из выходных отверстий для подсоединения зональных воздуховодов. В зависимости от скорости потока воздуха внутри системы различают круглые выпускные секции с диаметром 160 - 200 мм, для высокоскоростных систем и прямоугольные, для

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

низкоскоростных систем. Секция расположена в конце кондиционера, сверху или на входе в регенеративных теплообменниках.

Запасная секция необходима для осмотра элементов центрального кондиционера, для обеспечения технологического промежутка между секциями и для установки необходимых датчиков.

Угловая секция выполняет роль регулировки направления потока воздуха в низкоскоростных системах.

2.4 Схема системы судового комфортного кондиционирования воздуха

Развитие холодильной техники и рост требований к микроклимату каютных помещений отразилось на создании и совершенствовании различных типов ССКВ. Они обладают различными теплотехническими и техно - экономическими показателями, преимуществами и недостатками. Из этого следует, что выбор системы кондиционирования зависит от основных требований и назначения морского судна. Расчёт ССКВ производится в рамках некоторым требованиям, согласно которым количество приточного воздуха не должен превышать санитарные нормы и простота регулирования основных параметров микроклимата в жилом помещении.

В настоящее время на судах применяются различные ССКВ, но наиболее распространены четыре типа:

- одноканальная центральная прямоточно-рециркуляционная система с выпускными воздухораспределителями;
- одноканальная прямоточная-рециркуляционная местно-центральная система с дополненным подогревом воздуха в каютных доводочных воздухораспределителях;
- одноканальная прямоточная местно-центральная с дополнительной обработкой воздуха путём его охлаждения и нагрева в каютных доводочных воздухораспределителях эжекционного типа;
- двухканальная прямоточно-рециркуляционная центральная со смесительными выпускными воздухораспределителями.

В рамках дипломного проекта будет рассмотрена одноканальная прямоточная местно-центральная СКВ с дополнительной обработкой воздуха

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

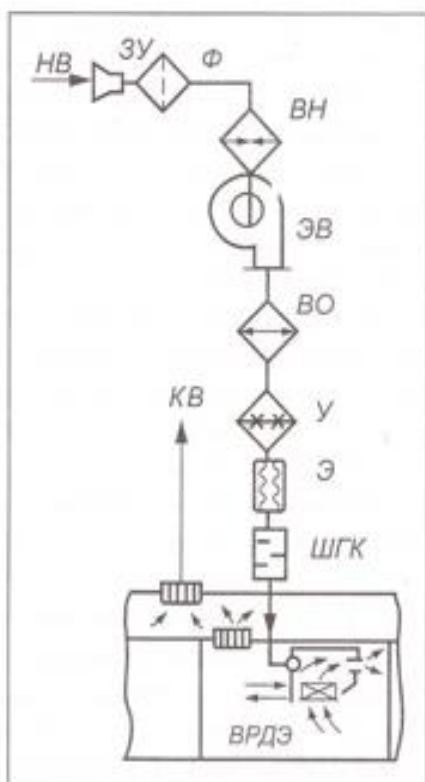


Рисунок 18. Схема ССККВ

путём его охлаждения и нагрева в каютных доводочных воздушораспределителях эжекционного типа. Данная система имеет меньшие габариты, в отличие от других распространённых судовых ССККВ, высокую ассимиляцию, надёжность и простое регулирование. Система состоит из центрального кондиционера, где производится обработка наружного воздуха и неполная ассимиляция теплопритоков и влагопритоков по санитарным нормам и каютного доводочного воздушораспределителя эжекционного типа, где каютный воздух охлаждается или нагревается в теплообменнике, ассимилируя остальную часть тепла и холода. Компактность системы обусловлена небольшим расходом приточного воздуха и высокими скоростями в воздуховодах приблизительно 50м/с, но возросло

энергопотребление элетровентилятора, так как системе необходим напор до 2000 Па и больше, учитывая потерю напора в эжекторе доводочного воздушораспределителя и увеличение холодопотребности на ассимиляцию теплопритоков.

Принцип работы системы зависит от режима. В летнем режиме наружный воздух НВ под действием вентилятора ЭВ проходит заборное устройство ЗУ. Далее воздух проходит фильтр, где очищается от пыли и попадает в воздухоподогреватель ВН. После проходя вентилятор воздух сжимается до высокого давления и движется в воздухоохладитель ВО. Там воздух охлаждается и увлажняется до требуемых параметров и далее проходит увлажнительную камеру У, каплеотделитель К и шумоглушительную камеру ШГК. На половину ассимилированный воздух попадает в каютный воздушораспределитель ВРДЭ, где проходит через сопло эжектора и в результате адиабатного расширения увеличивается скорость и падает давление приточного воздуха. В следствии разряжения внутри ВРДЭ каютных воздуха попадает в воздушораспределитель, проходя через ребристый воздушораспределитель и далее смешивается с приточным воздухом. Наконец обработанный воздух выходит через направляющие решетки воздушораспределителя и настиляет стену и потолок, где далее равномерно

опускается на рабочую поверхность каюты. Данный принцип воздухораспределения обеспечивает отличную ассимиляцию воздуха и низкий градиент температур в зоне комфорта, так же простое и качественное регулирование температуры каютного воздуха при помощи теплообменника ВРДЭ. В зимнем режиме процесс обработки наружного воздуха аналогичен при летнем режиме работе, отличие в теплообменнике каютного воздухораспределителя, в котором циркулирует горячая вода или пар, который обеспечивает подогрев каютного воздуха. Главные недостаток данной системы является шум, вызванный высокими скоростями воздуха в воздухопроводе. Для уменьшения уровня шума проводятся испытания всей системы на шумность, установка вентиляторов производится на амортизирующие подушки, широкое использование демпфирующих прокладок и шумоглушительных камер. Так же удорожание установки вызванная сложностью и громоздкостью коммуникаций теплохолодоносителя в каждую камеру.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

3 Описание и разбор расчёта ССККВ

3.1 Определение основных исходных данных и параметров воздуха

Расчёт ССККВ состоит из тепловлажностного и аэродинамического расчёта. Цель тепловлажностного расчёта это определение:

- баланса теплоты и влаги в кондиционируемом помещении;
- требуемой холодопроизводительности и расхода теплоносителя;
- площади поверхности теплообмена и воздухоохладителей для подбора холодильного оборудования и элементов центрального кондиционера;
- мест для установки датчиков систем автоматического регулирования;
- необходимых диаметров воздуховодов и аппаратов систем воздухоподачи.

Цель аэродинамического расчёта — это определение:

- потерь давления в воздуховодах и в различных аппаратах судовых систем.
- суммы потерь давления в системе и подбор требуемого вентилятора кондиционера.

Перед началом проектирования необходимо знать основные исходные данные.

1. Назначение судна – грузоперевозка.
2. Тип судна – универсальное сухоходное судно открытого типа.
3. Район плавания – неограниченный.
4. Численный состав экипажа – 24 человек.

Далее производится расчёт ССККВ, начиная с определения параметров, необходимых для проведения тепловлажностного расчёта.

1. В зависимости от районов плавания по таблице 2 определяем параметры наружной среды в летний или зимний период, а именно температуру воздуха t_n , относительную влажность воздуха ϕ_n и температуру воды $t_{зв}$ и далее, исходя из принятых значений, находим влагосодержание d_n и энтальпию H_n наружного воздуха.

2. Согласно санитарным нормам СП 2.5.3650-20 оптимальные значения воздуха для жилых помещений судов определяются параметрами микроклимата ϕ , t . Их значения находят методом результирующих температур РТ. Зная районы плавания определяем в таблице 3 РТ в каждый период года и

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

находим при помощи номограммы температуру каютного воздуха $t_{п}$ исходя из рекомендуемых значений: скорость воздуха $w=0,15$ м/с, относительной влажности воздуха $\phi=50\%$ в летний и $\phi=60\%$ в зимний и радиационная температура ограждения $t_{огр} = \pm 4$ С°. Определяем влагосодержание $d_{п}$ и энтальпию $H_{п}$.

Таблица 3. Расчётные значения результирующих температур

Район плавания	Период года	Результирующая температура, °С		
		Нижняя граница	Рекомендуемая расчетная	Верхняя граница
Тропики	—	22,6	24,2	25,7
Субтропики	Теплый	20,8	22,0	23,2
	Холодный	17,7	19,2	20,7
Умеренные широты	Теплый	17,7	19,8	22,0
	Холодный	15,9	18,1	20,3
Северные (приполярные)	Теплый	18,3	20,0	21,6
	Холодный	17,6	19,0	20,4
Неограниченный	Теплый	22,6	24,2	25,7
	Холодный	15,9	18,1	20,3

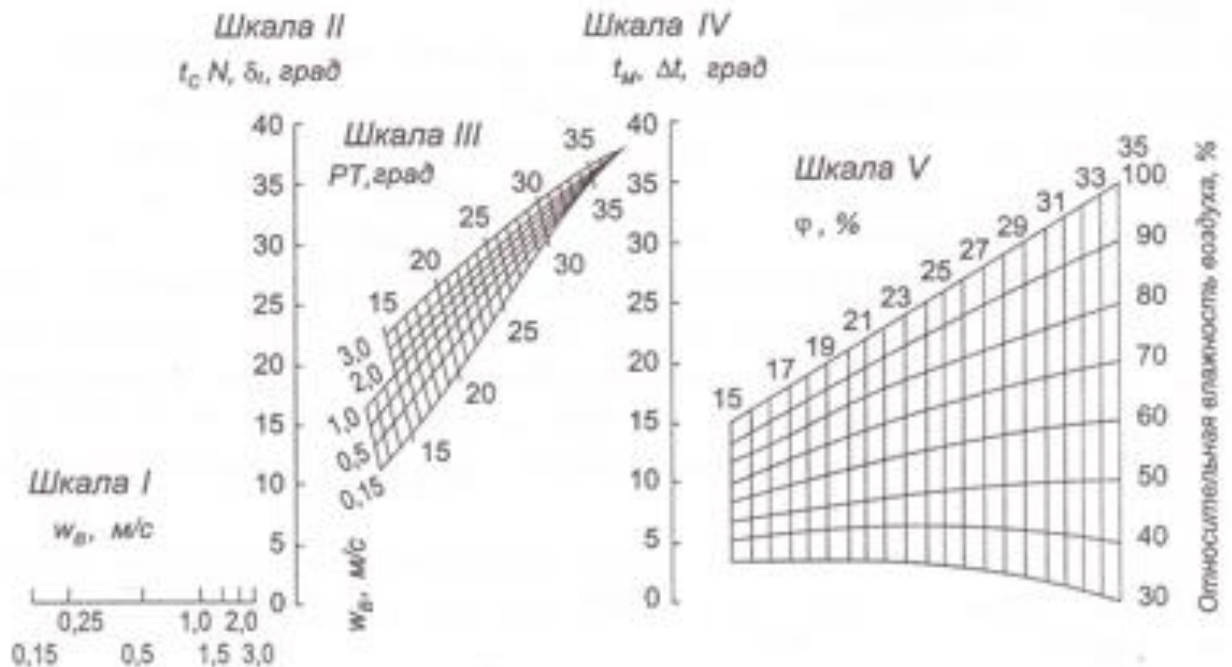


Рисунок 19. Номограмма

3. В зависимости от количества человек в помещении и допустимой концентрации O₂ и CO₂ в соответствии с санитарными нормами подаётся 25 нм³/ч или 32,5 кг/ч.

4. Толщина изоляции δ рассчитывается при условии недопущения отпотевания внутренних поверхностей помещения в зимний период и радиационной температуры ограждения. Для неограниченного района плавания минимальная толщина изоляции определяется по формуле

$$\delta_{\min} = \frac{\lambda_{\text{из}}}{\alpha_{\text{вн}}} \frac{t_{\text{огр}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{п}} - t_{\text{огр}}} - \frac{\lambda_{\text{из}}}{\alpha_{\text{н}}} \quad (3.1)$$

где $\lambda_{\text{из}}$ – теплопроводность изоляции, $\alpha_{\text{вн}}$ и $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициенты внутренней и внешней теплоотдачи соответственно, зависящая от скорости потока воздуха внутри помещения и скорости судна, $t_{\text{огр}}$ – температура ограждений, равна разности температуры наружного воздуха зимой и средней радиационной температуре ограждения $t_{\text{огр}} = t_{\text{н}} - \Delta t$.

Идёт подбор изоляции с низким коэффициентом теплопроводности λ , плотность ρ , прочность, доступность и низкая стоимость. В таблице () приведены часто используемые в судостроении типы изоляции и их коэффициенты теплопроводности. Используя плиты из пенопласта ФС – 7 и максимальную скорость судна 13,9 узлом получаем минимальную необходимую толщину изоляции $\delta_{\min} = 0,087$ м

Далее определяем число типов изоляционных конструкций в зависимости от конструктивных особенностей ограждающих поверхностей. Тепловая изоляция применяется только для жилых помещений, которые граничат с внешней средой. Металлические поверхности между каютой и палубой изолируют риббандами, которые сдерживают линейные тепловые потоки, а неметаллические не изолируются. Поверхность, граничащая с окружающей средой, имеет теплоизоляцию и дополнительную изоляцию в виде сосновых досок и зашивок.

Таблица 4. Коэффициенты теплопроводности различной изоляции

Материал и его характеристика	Теплопроводность λ , Вт/(м · °С)
Пробка	0,045
Экспазит листовой	0,055
Минеральная вата	0,600
Войлок теплительный	0,050
Плиты из пенопласта ФС-7	0,055
Асбодревесные плиты	0,055
Доски сосновые	0,170
Изделия из дуба	0,200...0,240
Бумага изоляционная	0,150
Окраска	0,230
Стекло оконное	0,810
Стальные листы	400,0
Алюминиевые листы	175,0
Латунные листы	73,5

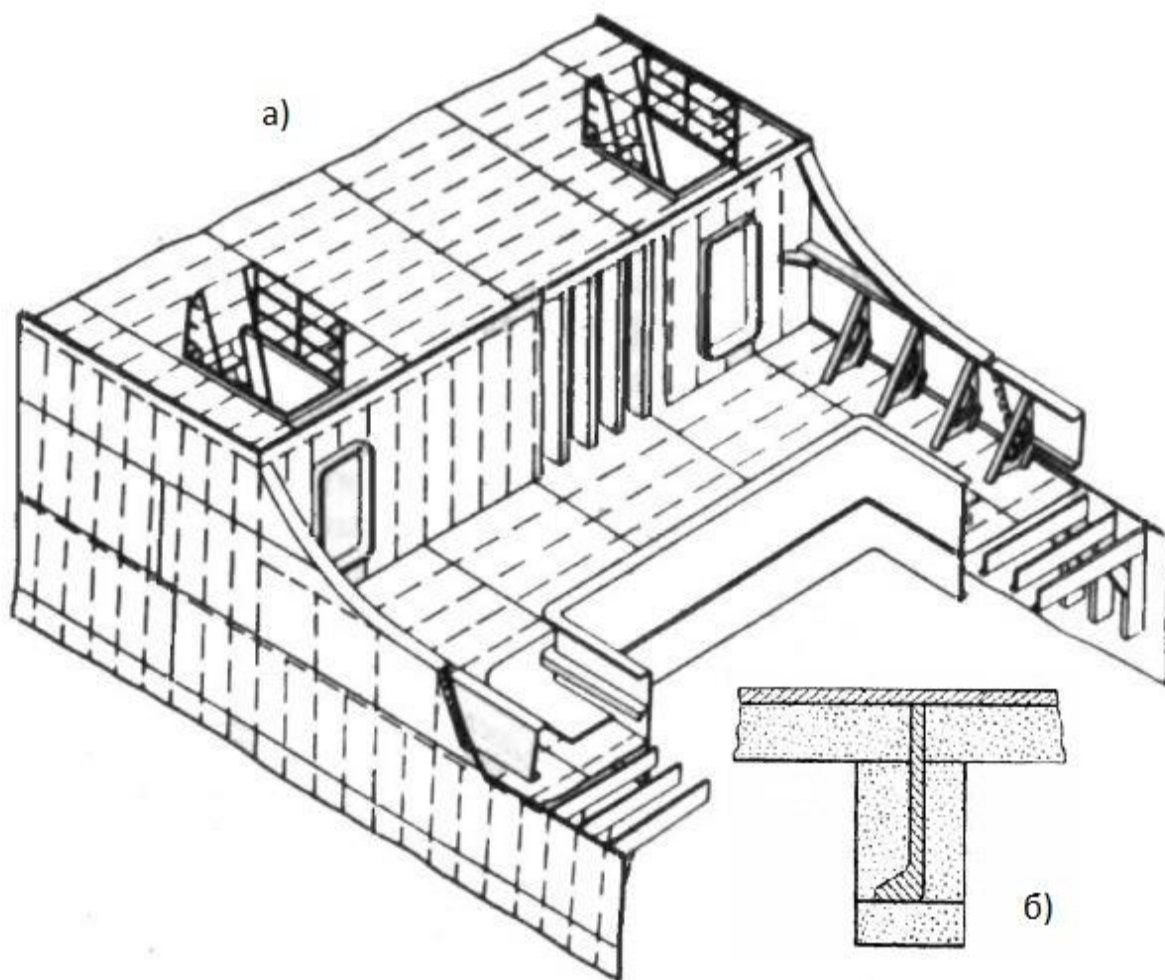


Рисунок 20. а) – Лобовая (фронтальная) переборка надстройки бака с вертикальными стойками, б) – ребро жесткости переборки, утепленная реббандом

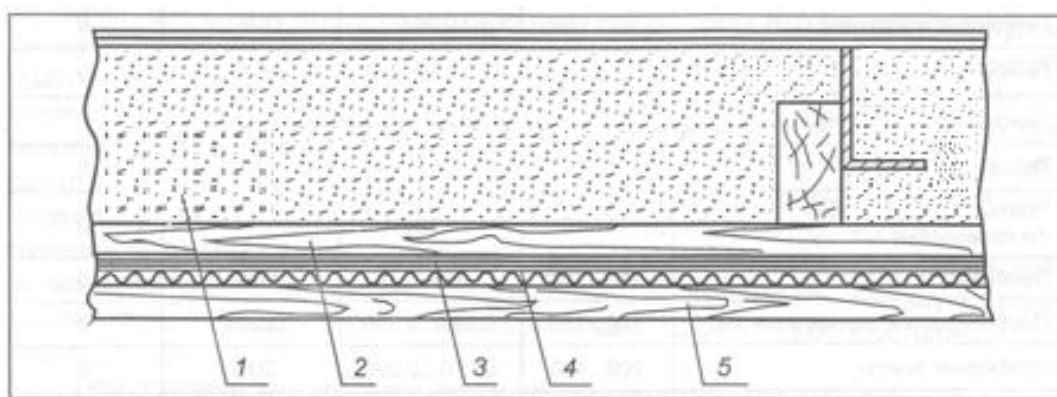


Рисунок 21. Нормальная судовая изоляция: 1 – тепловая изоляция, 2 – первый слой досок, 3 – пароизоляция, 4 – сетка, 5 – второй слой досок

5. В зависимости от типа ограждения и толщины изоляции рассчитывается коэффициент теплопроводности K_1 изоляционных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ

Лист

33

конструкций. В нашем случае коэффициент теплопередачи тепловой изоляции находим при помощи формулы

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \frac{\delta_{\min}}{\lambda_{\text{ИЗ}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ВН}}}} \quad (3.2)$$

Подставив уже известные значение находим, что коэффициент теплопередачи $K_i = 0,57 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{С}^\circ)$

Для ограждающих поверхностей жилых помещений морских судов обычно принимают $K_{\text{огр}} = 0,6 \text{ до } 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{С}^\circ)$

6. Расчётные значения напряжения солнечной радиации q_p зависит от районов плавания и положения поверхности судна и берется из таблицы 5.

Таблица 5. Расчётные значения напряжения солнечной радиации.

Район плавания судна	q_p^* , Вт/м ²	q_p^r , Вт/м ²
Черное и Азовское моря	700	950
Тихий и Атлантический океаны без выхода в тропические районы	700	900
Неограниченный район плавания	750	1050

Таблица 6. Коэффициенты поглощения солнечной радиации

Характер поверхности	Значение α_p
Гладкая, окрашенная краской	
— белой	0,40
— серой	0,70
— черной	0,90
— суриком	0,90
— серебрянкой	0,45
Полотно шторное	
— светлое	0,35
— темное	0,80
Оцинкованное железо	0,64
Медь полированная	0,20
Медь тусклая	0,64
Деревянное покрытие	0,91

7. В зависимости от типа и характера поверхности судна принимается коэффициент поглощения солнечной радиации α_p из таблицы 6.

8. Через различные иллюминаторы пропускается часть солнечной радиации τ_p . Для расчётов возьмем среднее значение $\tau_p = 0,858$ для толщины стекла 10 мм.

Согласовав все необходимые параметры согласно требованиям заказчика и конструктивным особенностям судна определяем тепловлажностные характеристики кондиционируемого помещения.

Первым делом идёт подбор изоляции с низким коэффициентом теплопроводности λ , плотность ρ , прочность, доступность и низкая стоимость. В таблице 4 приведены часто используемые в судостроении типы изоляции и их коэффициенты теплопроводности.

После выбора материала изоляции рассчитывается число типов изоляционных конструкций в зависимости от конструктивных особенностей ограждающих поверхностей. Тепловая изоляция применяется только для жилых помещений, которые граничат с внешней средой. Металлические поверхности между каютой и палубой изолируют риббандами, которые сдерживают линейные тепловые потоки.

3.2 Тепловлажностный расчёт ССККВ

Рассчитываем общие теплопритоки и теплопотери по формуле

$$Q_{\text{П}i} = Q_{\text{ОГР}i} + Q_{\text{ЛД}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ПИЩИ}} + Q_{\text{ИНФ}} + Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ПР}} \quad (3.3)$$

где $Q_{\text{ОГР}i}$ – сумма теплопритоков в помещении, $Q_{\text{ЛД}}$ - теплопритоки от людей, $Q_{\text{ОСВ}}$ - теплопритоки от источников света, $Q_{\text{ПИЩИ}}$ - теплопритоки от пищи, $Q_{\text{ИНФ}}$ - поступающее тепло вместе с инфильтрующим воздухом, $Q_{\text{ОБ}}$ - теплопритоки от приборов, $Q_{\text{ПР}}$ - прочие теплопритоки. Разберем каждый теплоприток.

- Теплопритоки через ограждения помещения $Q_{\text{ОГР}i}$.

Суммарные теплопритоки в каюту рассчитываются формулой, Вт

$$Q_{\text{ОГР}i} = Q_{\text{Fi}} + Q_{\text{Ли}} + Q_{\text{ИЛ}i} \quad (3.4)$$

Здесь тепловые потоки через изолированные поверхности, Вт

$$Q_{\text{Fi}} = K_i F_i (t_0 - t_{\text{п}}) \quad (3.5)$$

где K_i – коэффициент теплопроводности ограждения, F_i - площадь теплопередачи, t_0 - температура необлучаемой поверхности солнцем, где берется температура наружного воздуха. Для облучаемых поверхностей рассчитываем по следующей формуле

$$t_0 = \frac{\alpha_p q_p + \alpha_n t_n + K_i t_{\Pi}}{\alpha_n K_i} = t_n + \frac{\alpha_p q_p}{\alpha_n} \quad (3.6)$$

где q_p – напряжение солнечной радиации, α_p - коэффициент поглощения солнечной радиации, α_n - коэффициент внешней теплоотдачи. В зимний период принимаем $t_n = t_0$.

- Линейные тепловые потоки, Вт

$$Q_{Лi} = K_{Лi} L_i (t_0 - t_n) \quad (3.7)$$

где $K_{Лi}$ – линейный коэффициент теплопроводности, L_i – длина риббанда.

- Теплоприток через иллюминаторы разделяют на летний и зимний период, Вт

В летний период тепловой поток разделяют на конвективный и радиационный:

$$Q_{ИЛi} = n_i \alpha_{p_i} q_p \tau_p F_{ИЛi} + n_i K_{ИЛ} F_{ИЛi} (t_n - t_n) \quad (3.8)$$

где n_i – число иллюминаторов, $F_{ИЛi}$ – площадь иллюминатора, τ_p – коэффициент пропускания солнечной радиации, $K_{ИЛ}$ – коэффициент теплопередачи через иллюминаторы, α_{p_i} – коэффициент поглощения солнечной радиации при зашторивании. Для зимнего периода рассчитывается по формуле

$$Q_{ИЛi} = n_i K_{ИЛ} F_{ИЛi} (t_n - t_n) \quad (3.9)$$

- Теплопритоки от людей $Q_{ЛД}$, Вт

$$Q_{ЛД} = Z_n q_n \quad (3.10)$$

где Z_n – число людей в помещении, q_n – теплота, выделяемая одним человеком, значение берется из таблицы 1.

- Теплопритоки от освещения $Q_{ОСВ}$, Вт

$$Q_{ОСВ} = \Sigma N_{ОСВ} \quad (3.11)$$

где $N_{ОСВ}$ – мощность каждого источника света в каюте. Минимальное освещенность люминесцентных ламп для кают, коридора и различных служебных помещений 150 лк на 1200 м² на все жилые помещения.

- Теплопритоки от различного оборудования $Q_{ОБ}$, Вт

$$Q_{ОБ} = \Sigma N_{ОБ} \quad (3.12)$$

где – $N_{\text{Об}}$ мощность каждого оборудования.

- Теплопритоки от остывающей пищи присутствуют только в буфетах, столовых команды и т.д, Вт

$$Q_{\text{пищи}} = Z_n q_{\text{пищи}} \quad (3.13)$$

где Z_n – максимальное число обедающих людей в помещении, $q_{\text{пищи}}$ – тепло от пищи, равная 60 Вт.

- Тепло, вносимое воздухом инфильтрации $Q_{\text{инф}}$, Вт

$$Q_{\text{инф}} = M_{\text{инф}} (H_n - H_{\text{п}}) \quad (3.14)$$

Здесь

$$M_{\text{инф}} = \frac{F w \rho_{\text{св}} \tau n}{7200} \quad (3.15)$$

где - H_n – энтальпия наружного воздуха, $H_{\text{п}}$ – энтальпия воздуха в помещении, $M_{\text{инф}}$ – масса проникающего в помещение наружного воздуха, F – площадь дверей, w – скорость воздуха в проёме дверей, τ – промежуток времени между закрытой и открытой двери, n – число открываний дверей в течении часа.

- Прочие теплопритоки $Q_{\text{пр}}$, Вт

В процессе расчётов теплопритоков не стоит забывать незначительные притоки тепла от различных мест (трубы горячей воды, душевые и т.д.), поэтому сумма всех этих теплопритоков даёт значение $Q_{\text{пр}}$, представляющее собой коэффициент $K = 1 \dots 1,15$ к общей сумме всех теплопритоков.

$$Q_{\text{п}i} = (1 \dots 1,15) (Q_{\text{огр}i} + Q_{\text{лд}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{пищи}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{об}}) \quad (3.16)$$

Помимо теплопритоков и теплопотерь рассчитываются различные влагопритоки, сумма которых определяются по формуле

$$D_{\text{п}i} = D_{\text{л}} + D_{\text{пищи}} + D_{\text{инф}} + D_{\text{пр}} \quad (3.17)$$

где $D_{\text{л}}$ – влагоприток от человека, $D_{\text{пищи}}$ – влагоприток от пищи, $D_{\text{инф}}$ – влагоприток от инфильтрации, $D_{\text{пр}}$ – прочие влагопритоки. Разберем каждый влагоприток.

- Влагопритоки от людей в помещении $D_{\text{л}}$, кг/с

$$D_{\text{л}} = Z_{\text{л}} g_{\text{л}} \quad (3.18)$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $Z_{л}$ – число людей в каюте, $g_{л}$ – влаговыделение человека согласно таблице 1

- Влагопритоки от остывающей пищи $D_{пищи}$, кг/с

$$D_{пищи} = Z_{л} g_{пищи} \quad (3.19)$$

где $Z_{л}$ – число обедающих людей, $g_{пищи}$ – влаговыделение пищи, равная примерно 0,04 кг\ч

- Влагоприток с воздухом инфильтрации $D_{инф}$, кг/с

$$D_{инф} = M_{инф} (d_{н} - d_{п}) \quad (3.20)$$

где $d_{н}$ – влагосодержание наружного воздуха, $d_{п}$ – влагосодержание воздуха в помещении.

- Прочие влагопритоки $D_{пр}$, кг/с

Испарения от периодических влажных поверхностей, усушки продуктов и т.д. способствуют появлению влагопритоков, сумма которых является $D_{пр}$ и равно поправочному коэффициенту $K = 1,1 \dots 1,3$ ко всем влагопритокам на судне.

$$D_{пi} = (1,1 \dots 1,3) (D_{л} + D_{пищи} + D_{инф}) \quad (3.21)$$

После определения теплопритоков и влагопритоков находим тепловлажностное отношение (угловой коэффициент) $\epsilon_{п}$ для каждой каюты, на судне в целом и на определённый период плавания.

$$\epsilon_{пi}^л = \frac{Q_{пi}^л}{D_{пi}^л}; \quad \epsilon_{пi}^3 = \frac{Q_{пi}^3}{D_{пi}^3}; \quad \epsilon_{п}^л = \frac{Q_{п}^л}{D_{п}^л}; \quad \epsilon_{п}^3 = \frac{Q_{п}^3}{D_{п}^3}. \quad (3.22)$$

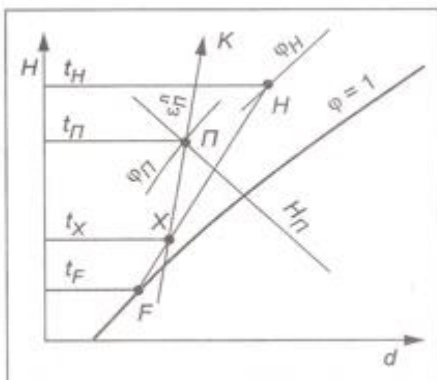


Рисунок 21. Процесс обработки воздуха на $d - H$ диаграмме прямоточной системы кондиционирования

На основе найденных значений далее идёт тепловлажностный расчёт. Выполняется при помощи $d - H$ диаграммы влажного воздуха, на которой наносят точки П и Н в соответствии с найденными параметрами воздуха в помещении $t_{п}$, $\phi_{п}$ и снаружи судна $t_{н}$, $\phi_{н}$. Далее в соответствии значению ϵ через точку П проводится прямая К, которая показывает изменение состояния влажного воздуха при уменьшении или прекращении подачи приточного воздуха. Для поддержания требуемого параметра воздуха в

помещении, сводимая в точке П, необходимо осуществить процесс П – Х, где точка Х на прямой К определяет состояние приточного воздуха. Так как прямая П - К не статична и меняет положение в зависимости от состояния наружной среды, то для поддержания точки П в нужном положении процесс П – Х должен изменять своё значение и направление. В общем плане это и есть задача ССККВ. Для того, чтобы найти точку Х необходимо из точки Н провести прямую к линии $\phi = 1$, пересечение которых дает точку F при условии, что $t_x - t_F = 2...4$ °С. Полученный процесс Н – Х показывает обработку наружного воздуха в центральном кондиционере до требуемых параметров в точке Х.

Произведенный тепловой расчёт сводится к определению требуемого расхода воздуха для ассимиляции теплопритоков по формуле

$$M_{ПВ} = \frac{Q_{П}}{H_{П} - H_{Х}}, \quad (3.23)$$

где $H_{П}$ – энтальпия воздуха в помещении, $H_{Х}$ – энтальпия приточного воздуха.

Холодопотребность судового кондиционера:

$$Q_0 = M_{ПВ} (H_{Н} - H_{Х}), \quad (3.24)$$

где $H_{Н}$ – энтальпия наружного воздуха.

Количество подаваемого свежего воздуха в помещении согласно санитарным нормам:

$$M_{САН} = z_{Л} V_{САН} \rho_{НВ} \quad (3.25)$$

где $V_{САН}$ и $\rho_{НВ}$ – объем и плотность воздуха согласно санитарным нормам.

В зависимости от соотношения $M_{ПВ}$ и $M_{САН}$, назначения судна, метода воздухораспределения, а главное от экономической целесообразности, простоты монтажа и регулирования подбираются различные модификации ССККВ. В соответствии с этими требованиями была выбрана одноканальная приточная местно-центральная СКВ с дополнительной обработкой воздуха путём его охлаждения и нагрева в каютных доводочных воздухораспределителях эжекционного типа. Рассмотрим особенности расчёта данной ССККВ.

В центральном кондиционере обрабатывается только наружный воздух, но его количество недостаточно для ассимиляции всех тепловыделений или для восполнения всех теплопотерь, из чего выходит, что $M_{ПВ} > M_{САН}$. Для

увеличения подачи кондиционируемого воздуха в каюты и удовлетворению требуемых санитарных норм устанавливают доводочные воздухораспределители эжекционного типа с водяными теплообменниками. Принцип работы воздухораспределителя уже был рассмотрен ранее. В угоду компактности центрального кондиционера и воздуховодов данная система является высокоскоростной со скоростью воздуха от 20 до 30 м/с, а напор электровентиляторов достигает от 3000 до 5000 Па.

Рассмотрим расчёт для **летнего режима** работы. Как делали ранее, на диаграмму $d - H$ влажного воздуха (рисунок ()) ставим точки П, Н и проводим линию $\varepsilon_{\Pi}^{\text{Л}}$. Наружный воздух с параметрами точки Н попадает в вентилятор, где происходит его нагрев согласно процессу Н – Н' и рассчитывается по формуле

$$\Delta t_{\text{вент}} = \frac{H}{c'_{\text{РВ}} \rho_{\text{В}} \eta_{\text{В}}} \quad (3.26)$$

где H – напор вентилятора, $\rho_{\text{В}}$ – плотность воздуха, $\eta_{\text{В}}$ – КПД вентилятора. Для судовых вентиляторов среднее значение нагрева на 550 Па берут 1°C . Точки Х и F находим аналогичным образом ранее. В зависимости от температуры точки F выбираем холодоноситель, при $t_{\text{F}} > 5^{\circ}\text{C}$ берем чистую воду, при $t_{\text{F}} < 5^{\circ}\text{C}$ берем рассол или этиленгликоль для предотвращения замерзания холодоносителя в испарителе. Ставим на прямой $\varepsilon_{\Pi}^{\text{Л}}$ при условии $t_{\Pi} - t_{\text{C}} = 7^{\circ}\text{C}$

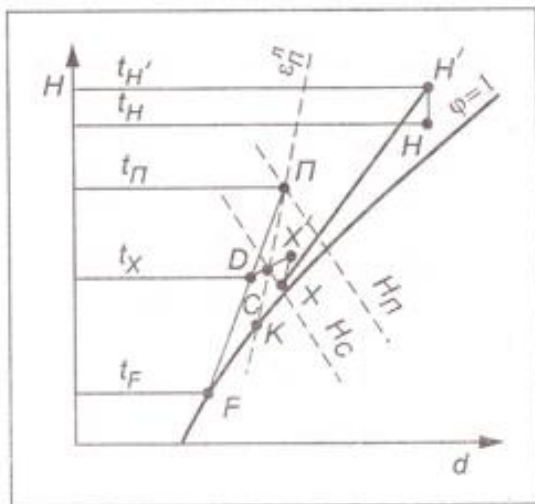


Рисунок 22. Процесс обработки воздуха на $d - H$ диаграмме в летний режим

точку С, характеризующая состояние воздуха после смешения. Находим точку из условия, что $t_{\text{X}} = t_{\text{X}} + (1 \dots 1,5)^{\circ}\text{C}$. Для определения уклона процесса изменения состояния эжектируемого каютного воздуха в ВРВЭ находим точку D, которая является пересечением на линий процессов П – F и X' – С.

В итоге делаем следующие расчёты на основе найденных значений.

- Количество приточного воздуха $M_{ПВ}$, кг/с

$$M_{ПВ} = \frac{Q_{П}^Д}{H_{П} - H_{С}} \quad (3.27)$$

- Количество рециркуляционного воздуха $M_{РЕЦ}$, кг/с

$$M_{РЕЦ} = M_{ПВ} - M_{Н}. \quad (3.28)$$

- Коэффициент эжекции.

$$K_{э} = \frac{X'С}{DC} = \frac{M_{РЕЦ}}{M_{Н}}. \quad (3.29)$$

- Тепловая нагрузка воздухоохладителя центрального кондиционера, Вт

$$Q_{Н} = M_{Н} (H_{Н'} - H_{Х}). \quad (3.30)$$

- Тепловая нагрузка воздухоохладителя ВРВЭ, Вт

$$Q_{Р} = M_{РЕЦ} (H_{П} - H_{D}). \quad (3.31)$$

- Холодопотребность СКВ, Вт

$$Q_0 = Q_{Н} + Q_{Р} = (1 + K_{э})M_{Н} (H_{П} - H_{С}). \quad (3.32)$$

Рассмотрим расчёт для **зимнего режима** работы. Отмечаем на $d - H$ диаграмме влажного воздуха точки П, Н и линию $\varepsilon_{П}^3$. Определяем точку П' с температурой $t_{П'} = 45...50$ °С и $d_{П} = \text{const}$, получая процесс П – П', которая показывает параметры каютного воздуха, нагретого в воздухоподогревателе. Далее находим точку С, которая показывает состояние приточного воздуха.

Для этого находим точку пересечения прямой $\varepsilon_{П}^3$ и изоэнтальпии $H_{С}$.

$$H_{С} = H_{П} + \frac{Q_{П}^3}{M_{ПВ}}, \quad (3.33)$$

где $M_{ПВ}$ – масса приточного воздуха в летнем режиме работы.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Точки П' и С соединяем линией. Далее определяем положение точки 2 пересечение процесса смешения П' – С и изоэнтальпии Н₂

$$H_2 = H_C - K_Э (H_{П'} - H_C) \quad (3.1)$$

Определив Н₂ находим температуру t₂ наружного воздуха, поступающего к соплам эжектора ВРДЭ. Но перед тем, как приточный воздух попадает в воздухораспределитель, наружный воздух Н должен нагреться до температуры t₁ в воздухоподогревателях (процесс Н – 1) и еще нагреться в вентиляторе до температуры t₂ на температуру Δt (процесс 1 – 1'). После пройти через увлажнительное устройство (процесс 1' – 2) и наконец попасть в ВРДЭ. Выполняем стандартные расчёты для зимнего режима.

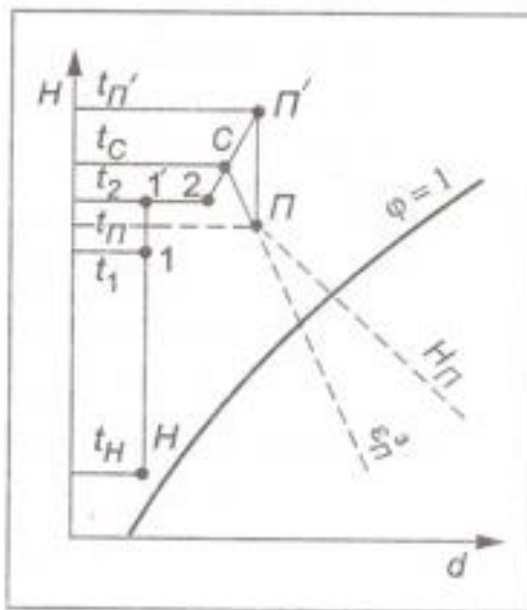


Рисунок 23. Процесс обработки воздуха на d – H диаграмме в зимний

- Тепловая нагрузка канального нагревателя центрального кондиционера, Вт

$$Q_H = M_H c'_{PB} (t_1 - t_H). \quad (3.34)$$

- Тепловая нагрузка воздухоподогревателя ВРВЭ, Вт

$$Q_P = M_{PEЦ} c'_{PB} (t_{П'} - t_{П}). \quad (3.35)$$

- Расход тепла на кондиционирование, Вт

$$Q_0 = Q_H + Q_P = (1 + K_Э)M_H (H_C - H_{П}). \quad (3.36)$$

- Расход пара в увлажнителе, кг/с

$$D_{П} = M_{П} (d_2 - d_1) + \frac{Q_0}{h'' - h'} \quad (3.37)$$

Данная система требует минимальные потребления холодопроизводительности, так как имеет высокую скорость воздуха в воздуховодах за счёт их малых габаритов, но при этом растёт расход холода на ассимиляцию теплопритоков от вентилятора. Так же в каждом жилом помещении создается индивидуальный микроклимат с гибкой системой регулирования параметров приточного воздуха не только в рамках количества, но и качества.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.3 Расчёт элементов ССКВ

На основе всех вышеперечисленных расчётов необходимо выполнить конструктивный расчёт элементов центрального кондиционера и в соответствии с требованиями подобрать холодильное оборудование. Перечислим все требуемые расчётные данные:

- Холодопотребность Q_0 , Вт
- Тепловая нагрузка первого воздухоподогревателя $Q_{ВН1}$, Вт
- Тепловая нагрузка второго воздухоподогревателя $Q_{ВН2}$, Вт
- Расход пара $D_{УВ}$, кг/с
- Расход приточного воздуха $M_{ПВ}$, кг/с
- Расход наружного воздуха $M_{НВ}$, кг/с
- Параметры воздуха t, ϕ, d, H

В расчёт входит определение площади наружной поверхности F_M и габаритных размеров судового секционного воздухоохладителя трубчато – ребристого типа.

1. Геометрические параметры оребрённой трубки.

Рекомендуемые значения:

- диаметр трубок воздухоохладителя непосредственного испарения $d_H = 6...12$ мм;
- шаг трубок $z = (1,5...3) d_H$
- шаг ребра $z_P = 2,8...11$ мм и толщина $\delta_P = 0,4...1$ мм

2. Расчётные параметры ребристой поверхности.

- Высота ребра, м

$$h_P = \frac{1}{2}(z_{TR} - d_H), \quad (3.38)$$

- Длина межреберного канала для однорядной секции, м

$$L = z'_{TR} \quad (3.39)$$

- Длина межреберного канала для двухрядной секции, м

$$L = 2z'_{TR} \quad (3.40)$$

- Эквивалентный диаметр, м

$$d_3 = \frac{2(z_{TP} - d_H)(z_P - \delta_P)}{(z_{TP} - d_H) + (z_P - \delta_P)} \quad (3.41)$$

- Наружная поверхность метра трубки, м²

$$f_H = \pi d_H \left(1 - \frac{\delta_P}{z_P}\right) + \frac{2}{z_P} \left(z_{TP} z_{TP}' - \frac{\pi d_H^2}{4}\right) \quad (3.42)$$

- Внутренняя поверхность метра трубки, м²

$$f_{BH} = \pi d_{BH} \quad (3.43)$$

- Площадь сечения метра трубки для прохода охлажденного воздуха, м²

$$f_{Ж} = (z_{TP} - d_H) \left(1 - \frac{\delta_P}{z_P}\right) \quad (3.44)$$

- Степень оребрения

$$\beta = \frac{f_H}{f_{BH}} \quad (3.45)$$

- Площадь живого сечения метра трубки для приточного воздуха, м²

$$F_{Ж} = \frac{M_{ПВ}}{\rho_{ПВ} w} \quad (3.46)$$

где $\rho_{ПВ} = p_6 / R_B T$ – плотность воздуха при температуре T , w – скорость потока воздуха в воздухоохладителе.

- Длина трубки в одном ряду секции, м

$$L_C = \frac{F_{Ж}}{f_{Ж}} \quad (3.47)$$

- Линейный размер квадратного сечения секции, м

$$a = \sqrt{L_C z_{TP}} \quad (3.48)$$

- Линейный размер прямоугольного сечения секции, м

$$ab = L_C z_{TP} \quad (3.49)$$

Эти геометрические значения воздухоохладителя определяют размеры центрального кондиционера и число вентиляторов.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

3. Остальные параметры воздухоохладителя.

- Коэффициент охлаждения воздуха

$$\eta_t = \frac{t_1 - t_X}{t_1 - t_F} = 1 - e^{-\frac{\alpha_c F_q}{M_{пв} c'_{пв}}} \quad (3.50)$$

- Коэффициент осушения воздуха

$$\eta_d = \frac{d_1 - d_X}{d_1 - d_F} = 1 - e^{-\frac{\sigma F_q}{M_{пв}}} \quad (3.51)$$

Судовые воздухоохладители имеют одинаковые поверхности массообмена F_m и теплообмена F_q и имеют величину наружной поверхности F_H , так же принимая соотношение Льюиса $\frac{\alpha_c}{\sigma} = c'_{пв}$ приходим к выводу, что

$$\eta_t = \eta_d = 1 - e^{-\frac{\alpha_c F_H}{M_{пв} c'_{пв}}} \quad (3.52)$$

Найдём наружную поверхность воздухоохладителя при помощи выражения коэффициента охлаждения воздуха и равенства коэффициентов η_t и η_d

$$F_H = \frac{M_{пв} c'_{пв}}{\alpha_c} \ln \frac{t_1 - t_X}{t_1 - t_F} \quad (3.53)$$

где α_c – коэффициент теплоотдачи, находимый при помощи критериальных уравнений теплообмена для условий обтекания горизонтальных оребренных труб.

$$Nu = c Re^m \left(\frac{L}{d_{ЭКВ}} \right)^n \quad (3.54)$$

где

$$Nu = \frac{\alpha_c d_{ЭКВ}}{\lambda_B}; \quad Re = \frac{w d_{ЭКВ}}{\nu_B}; \quad n = 0,45 + 0,0066 \frac{L}{d_{ЭКВ}}; \quad c = A [1,36 - 24 \times 10^{-5} Re] \quad (3.55)$$

λ_B – теплопроводность воздуха, ν_B – кинематическая вязкость воздуха

Данная формула предназначена для условий коридорного расположения труб при $Re = 500 \dots 10000$; $L / d_{ЭКВ} = 4 \dots 50$; $h_p / d_{ЭКВ} = 0,18 \dots 0,35$; $z_{ТР} / d_{ЭКВ} = 2 \dots 5$; $t = -40 \dots +40$ °С. Значение А находим по таблице 6.

Таблица 6. Значение А в зависимости от L / d_{ЭКВ}.

$L/d_{\text{ЭКВ}}$	5	10	20	30	40	50
A	0,412	0,326	0,201	0,125	0,080	0,0475

Найдя наружную поверхность воздухоохладителя определяем число секций воздухоохладителя

$$z_{\text{ВО}} = \frac{F_{\text{H}}}{L_{\text{C}} f_{\text{H}}} \quad (3.56)$$

Далее идёт компоновка воздухоохладителей и определение его габаритных размеров.

4. Вычислим температуру кипения холодильного агента t_0 .

При непосредственном охлаждении воздухоохладителя находим t_0 , а при промежуточном охлаждении водой или рассолом определяем среднюю температуру холодоносителя $t_{\text{Ж.СР}}$. Отнесем данные значения к температурам охлаждающей среды $t_{\text{ОХЛ}}$ и вычислим при помощи формулы коэффициента охлаждения воздухоохладителя η_t^* .

$$\eta_t^* = \frac{t_1 - t_{\text{X}}}{t_1 - t_{\text{ОХЛ}}} = 1 - e^{-\frac{K_{\text{H}} F_{\text{H}}}{c_{\text{P}} \xi_{\text{H}} M_{\text{ПВ}}}}, \quad (3.57)$$

где ξ_{H} - коэффициент влаговываждения, определяемый по формуле

$$\xi = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - r_{0\text{S}}} \quad (3.58)$$

где $r_{0\text{S}} = 2501$ кДж/кг – теплота парообразования водяного пара.

K_{H} – коэффициент теплоотдачи между потоком воздуха и холодоносителя

$$K_{\text{H}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{C}} \xi_{\text{H}} E} + \frac{1}{\alpha_{\text{a}}}} \quad (3.59)$$

где α_{a} – коэффициент теплоотдачи от трубки к охлаждающей среде, E – коэффициент эффективности ребристой поверхности,

$$E = \frac{\text{th}(mh_{\text{P}} \psi)}{mh_{\text{P}} \psi} \quad (3.60)$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_c \xi_H}{\lambda_p \delta_p}} \quad (3.61)$$

$$\psi = \left(\frac{z_{TP}}{d_H} - 1 \right) \left[1 + 0,635 \ln \left(1,28 \frac{z_{TP}}{d_H} \sqrt{\frac{z_{TP}}{z_{TP}} - 0,2} \right) \right] \quad (3.62)$$

Здесь λ_p – коэффициент теплопроводности ребра.

Коэффициент теплоотдачи α_a для фреонов внутри трубки определяем следующим образом

$$\alpha_a = A \left(\frac{Q_0 \beta}{F_H} \right)^{0,6} (w_p)^{0,2} \sqrt{\frac{12}{d_{BH}}} \quad (3.63)$$

где значение A зависит от холодильного агента и температуры кипения, так для R12

$$A = 2,83 + 0,022 t_0^3 \quad (3.64)$$

Для R22

$$A = 3,66 + 0,03 t_0^3 \quad (3.65)$$

Для R142

$$A = 2,33 + 0,015 t_0^3 \quad (3.66)$$

где t_0^3 – заданное значение температуры кипения холодильного агента.

Значения массовой скорости w_p находим по таблице 7.

Таблица 7. Зависимости w_p от удельной тепловой нагрузки

$(Q_0 \beta) / F_H, \text{ Вт/м}^2$	Значения $w_p, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$	
	R12	R22
1000	85...120	80...100
2000	100...140	90...120
5000	120...180	110...160
10000	140...220	130...200

Температура кипения t_0 находится методом последовательных приближений, так как при нахождении значения A задается температура кипения холодильного агента.

$$t_0 = t_1 - \frac{t_1 - t_x}{\eta_t} \quad (3.67)$$

Важно, чтобы заданное значение t_0^3 и полученное t_0 не различались более чем на 0,5%.

Для подбора необходимого вентилятора нужно определить его потребляемую мощность

$$N_{\text{вент}} = \frac{G_{\text{в}} H}{\rho_{\text{в}} \eta_{\text{в}} \eta_{\text{э}}} \quad (3.68)$$

где H – полный напор, $\eta_{\text{в}}$, $\eta_{\text{э}}$ – КПД вентилятора и электродвигателя соответственно.

3.4 Аэродинамический расчёт

Для определения гидравлических потерь в системе, подбора и настройки нагнетателей необходимо провести аэродинамический расчёт, основанный на решении задач вязкого течения воздуха в ССКВ.

Сначала необходимо определить расход воздуха, проходящий через определённую площадь поперечного сечения воздуховода. Существует объёмный V и массовый G расход.

$$V = F w_{\text{ср}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.69)$$

$$G = F w_{\text{ср}} \rho, \text{ кг/ч} \quad (3.70)$$

где F – площадь живого сечения трубопровода, $w_{\text{ср}}$ – средняя скорость потока, ρ – плотность среды.

Для определения режима движения воздуха или воды используют число Рейнольдса. В зависимости от полученного значения различают ламинарный поток, образуемый при $Re < 2320$, и турбулентное движение при $Re > 10000$. Но при случае, когда $2320 < Re < 10000$ появляется неустойчивый поток, где преобладают сразу два вида движения. Число Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = \frac{w_{\text{ср}} d}{\nu} \quad (3.71)$$

где d – диаметр трубопровода, ν – кинематическая вязкость.

Для прямоугольных воздуховодов

$$d = \frac{2ab}{a+b} \quad (3.72)$$

Коэффициент кинематической вязкости находится следующим образом:

для воздуха, м/с²

$$v_{\text{возд}} = \frac{5,01 \times 10^{-8}}{\rho} (t+340,6) \quad (3.73)$$

для воды, м/с²

$$v = 2,5 \times 10^{-4} (t^2 - 150t + 7010) \quad (3.74)$$

Скорость воздуха принимаем в районе 18...21 м/с, в отводах 8...10 м/с. В воздухонагревателях и воздухоохладителях скорость воздуха примерно 10...15 м/с, а в мокрых воздухоохладителях до 5 м/с. Скорость воды зависит от назначения элемента ССКВ, материала труб и т.д. и равна от 0,5 до 3,5 м/с.

По мере движения воздуха по системе он теряет часть давления в воздуховодах, воздухораспределителях и в центральном кондиционере, поэтому необходимо учитывать избыточное давление воздуха во всей системе

$$\Delta P = \sum \Delta P_{\text{тр}} + \sum \Delta P_{\text{м}} \quad (3.75)$$

где $\sum \Delta P_{\text{тр}}$ – сумма потерь давления на трение в прямых участках воздуховода, $\sum \Delta P_{\text{м}}$ – сумма потерь давления в местных сопротивлениях воздуховода.

При помощи соотношением Дарси находим потери давления на трение

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \frac{l}{d_0} \frac{\rho w_{\text{ср}}^2}{2}, \text{ Па} \quad (3.76)$$

где l – длина участка трубопровода, λ – коэффициент сопротивления трения.

Коэффициент сопротивления трения зависит от режима движения воздуха и шероховатости стенок воздуховода. Для ламинарного движения и гладких труб

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (3.77)$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

при $Re = 3 \times 10^3 \dots 10^5$

$$\lambda = 0,3164 Re^{-0,25} \quad (3.78)$$

при $Re = 10^3 \dots 10^5$

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 Re^{-0,237} \quad (3.79)$$

Для шероховатых труб коэффициент сопротивления трения зависит от относительной шероховатости Δ/d , где Δ – средняя высоты выступов, равная 0,1...0,3 мм для воздухопроводов ССККВ. Для турбулентного движения относительная шероховатость находится при помощи рисунка 24.

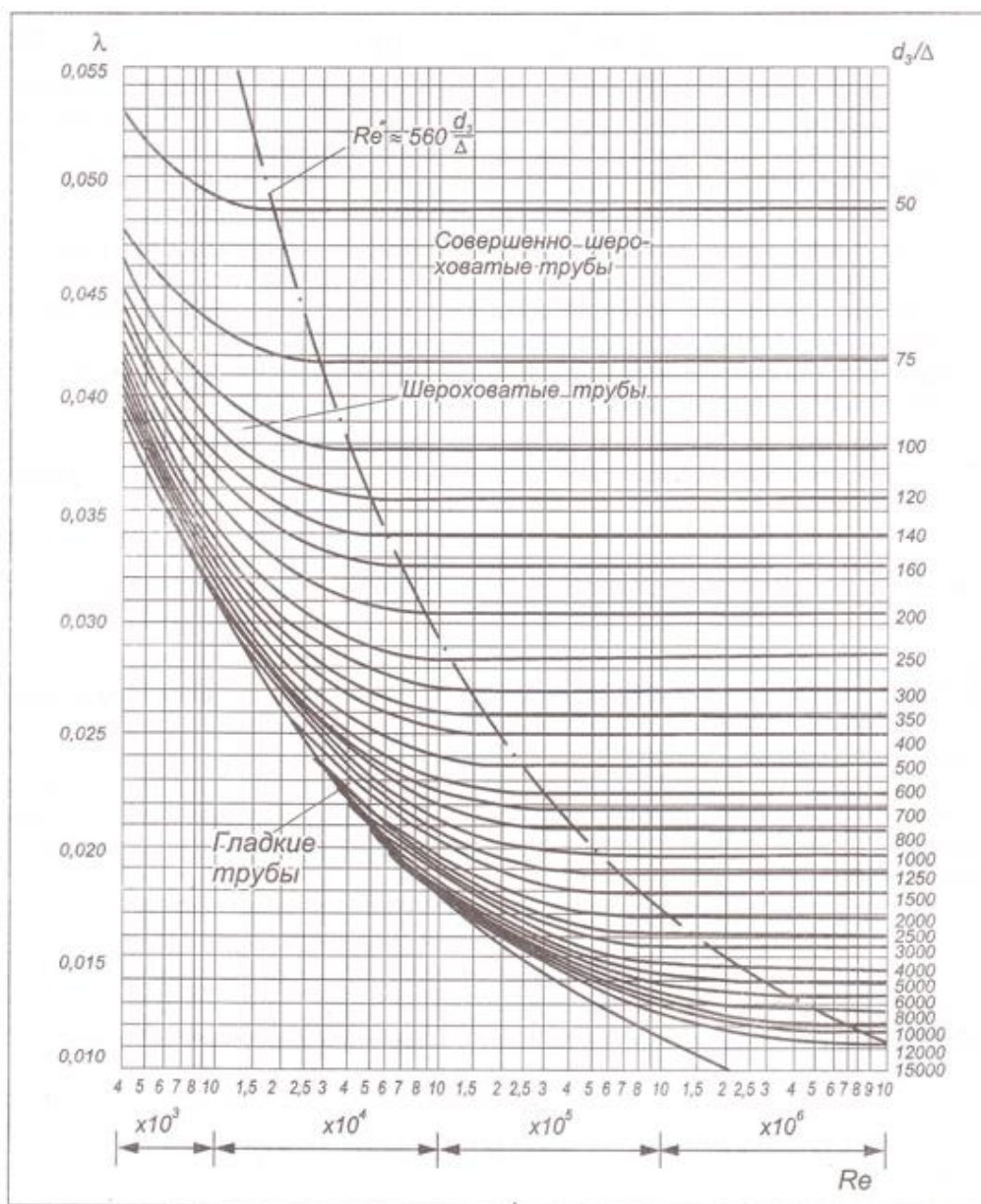


Рисунок 24. Диаграмма для определения коэффициента трения для шероховатых воздухопроводов при турбулентном движении воздуха

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ

Лист

50

При малых значениях числа Рейнольдса и согласно диаграмме относительной шероховатости, расчёт коэффициента трения выполняем для гладких труб.

Определив число Рейнольдса и коэффициент трения рассчитываем потери давления на трение.

Потери давления в местных сопротивлениях, Па

$$\Delta P_M = \xi \frac{\rho w_{CP}^2}{2} \quad (3.80)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления, который находится согласно количеству различных элементов системы и сумме их коэффициентов сопротивления.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

4 Расчёт ССККВ

4.1 Расчёт системы в летний период плавания

1. Определение теплопритоков, Вт

$$Q_{\Pi} = Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ЛД}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ПИЩИ}} + Q_{\text{ИНФ}} + Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ПР}}$$

- Теплопритоки через ограждения.

Теплоприток ограждения является сумма теплопритоков каждой жилой палубы.

$$Q_{\text{ОГР}} = Q_{\text{юта}} + Q_{2 \text{ ярус}} + Q_{3 \text{ ярус}} + Q_{4 \text{ ярус}} + Q_{5 \text{ ярус}}$$

- Теплопритоки палубы юта:

$$Q_{\text{юта}} = Q_{\text{F юта}} + Q_{\text{Л юта}} + Q_{\text{ИЛ юта}}$$

$$Q_{\text{F юта}} = K_{\text{юта}} F_{\text{юта}} (t_0 - t_{\Pi}) = 0,6 \times 87 \times (44,7 - 26) = 976,1 \text{ Вт}$$

$$\text{где } t_0 = \frac{\alpha_p q_p + \alpha_n t_n + K_i t_{\Pi}}{\alpha_n K_i} = t_n + \frac{\alpha_p q_p}{\alpha_n} = 34 \times \frac{0,4 \times 750}{28} = 44,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Л юта}} = K_{\text{Л юта}} L_{\text{юта}} (t_0 - t_{\Pi}) = 0,6 \times 204 \times (34 - 26) = 979,2 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ юта}} = n_{\text{юта}} \alpha_p q_p \tau_p F_{\text{ИЛ юта}} + n_{\text{юта}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ юта}} (t_n - t_{\Pi}) = 5 \times 0,35 \times 750 \times 0,843 \times 0,175 + 5 \times 1 \times 0,175 (34 - 26) = 200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{юта}} = Q_{\text{F юта}} + Q_{\text{Л юта}} + Q_{\text{ИЛ юта}} = 976,1 + 979,2 + 200 = 2155,34 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки палубы второго яруса:

$$Q_{2 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 2 ярус}} + Q_{\text{Л 2 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 2 ярус}}$$

$$Q_{\text{F 2 ярус}} = K_{2 \text{ ярус}} F_{2 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\Pi}) = 0,6 \times 182 \times (44,7 - 26) = 2042 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{Л 2 ярус}} = K_{\text{Л 2 ярус}} L_{2 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\Pi}) = 0,6 \times 440 \times (34 - 26) = 2112 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ 2 ярус}} = n_{2 \text{ ярус}} \alpha_p q_p \tau_p F_{\text{ИЛ 2 ярус}} + n_{2 \text{ ярус}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ 2 ярус}} (t_n - t_{\Pi}) = 9 \times 0,35 \times 750 \times 0,843 \times 0,175 + 9 \times 1 \times 0,175 (34 - 26) = 361,12 \text{ Вт}$$

$$Q_{2 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 2 ярус}} + Q_{\text{Л 2 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 2 ярус}} = 2042 + 2112 + 361,12 = 4515,12 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки палубы третьего яруса:

$$Q_{3 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 3 ярус}} + Q_{\text{Л 3 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 3 ярус}}$$

$$Q_{\text{F 3 ярус}} = K_{3 \text{ ярус}} F_{3 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\Pi}) = 0,6 \times 182 \times (44,7 - 26) = 2042 \text{ Вт}$$

					ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$Q_{Л 3 \text{ ярус}} = K_{Л 3 \text{ ярус}} L_{3 \text{ ярус}} (t_0 - t_{п}) = 0,6 \times 440 \times (34 - 26) = 2112 \text{ Вт}$$

$$Q_{ИЛ 3 \text{ ярус}} = n_{3 \text{ ярус}} \alpha_p q_p \tau_p F_{ИЛ 3 \text{ ярус}} + n_{3 \text{ ярус}} K_{ИЛ} F_{ИЛ 3 \text{ ярус}} (t_{н} - t_{п}) = 9 \times 0,35 \times 750 \times 0,843 \times 0,175 + 9 \times 1 \times 0,175 (34 - 26) = 361,12 \text{ Вт}$$

$$Q_{3 \text{ ярус}} = Q_{F 3 \text{ ярус}} + Q_{Л 3 \text{ ярус}} + Q_{ИЛ 3 \text{ ярус}} = 2042 + 2112 + 361,12 = 4515,12 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки палубы четвертого яруса:

$$Q_{4 \text{ ярус}} = Q_{F 4 \text{ ярус}} + Q_{Л 4 \text{ ярус}} + Q_{ИЛ 4 \text{ ярус}}$$

$$Q_{F 4 \text{ ярус}} = K_{4 \text{ ярус}} F_{4 \text{ ярус}} (t_0 - t_{п}) = 0,6 \times 182 \times (44,7 - 26) = 2042 \text{ Вт}$$

$$Q_{Л 4 \text{ ярус}} = K_{Л 4 \text{ ярус}} L_{4 \text{ ярус}} (t_0 - t_{п}) = 0,6 \times 440 \times (34 - 26) = 2112 \text{ Вт}$$

$$Q_{ИЛ 4 \text{ ярус}} = n_{4 \text{ ярус}} \alpha_p q_p \tau_p F_{ИЛ 4 \text{ ярус}} + n_{4 \text{ ярус}} K_{ИЛ} F_{ИЛ 4 \text{ ярус}} (t_{н} - t_{п}) = 13 \times 0,35 \times 750 \times 0,843 \times 0,175 + 13 \times 1 \times 0,175 (34 - 26) = 521,6 \text{ Вт}$$

$$Q_{4 \text{ ярус}} = Q_{F 4 \text{ ярус}} + Q_{Л 4 \text{ ярус}} + Q_{ИЛ 4 \text{ ярус}} = 2042 + 2112 + 521,6 = 4675,6 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки палубы пятого яруса:

$$Q_{5 \text{ ярус}} = Q_{F 5 \text{ ярус}} + Q_{Л 5 \text{ ярус}} + Q_{ИЛ 5 \text{ ярус}}$$

$$Q_{F 5 \text{ ярус}} = K_{5 \text{ ярус}} F_{5 \text{ ярус}} (t_0 - t_{п}) = 0,6 \times 176 \times (49 - 26) = 2428 \text{ Вт}$$

$$\text{где } t_0 = \frac{\alpha_p q_p + \alpha_n t_n + K_i t_{п}}{\alpha_n K_i} = t_n + \frac{\alpha_p q_p}{\alpha_n} = 34 \times \frac{0,4 \times 1050}{28} = 49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$Q_{Л 5 \text{ ярус}} = K_{Л 5 \text{ ярус}} L_{5 \text{ ярус}} (t_0 - t_{п}) = 0 \text{ Вт}$, так как крыша яруса входит в расчёт теплопритоков через ограждения и имеет теплоизоляцию.

$$Q_{ИЛ 5 \text{ ярус}} = n_{5 \text{ ярус}} q_p \tau_p F_{ИЛ 5 \text{ ярус}} + n_{5 \text{ ярус}} K_{ИЛ} F_{ИЛ 5 \text{ ярус}} (t_{н} - t_{п}) = 11 \times 750 \times 0,843 \times 1 + 13 \times 1 \times 1 \times (34 - 26) = 6972,9 \text{ Вт}$$

$$Q_{5 \text{ ярус}} = Q_{F 5 \text{ ярус}} + Q_{Л 5 \text{ ярус}} + Q_{ИЛ 5 \text{ ярус}} = 2428 + 0 + 6972,9 = 9400,9 \text{ Вт}$$

- Общие теплопритоки через ограждения:

$$Q_{ОГР} = Q_{Юта} + Q_{2 \text{ ярус}} + Q_{3 \text{ ярус}} + Q_{4 \text{ ярус}} + Q_{5 \text{ ярус}} = 2155,34 + 4515,12 + 4515,12 + 4675,6 + 9400,9 = 25262 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от людей:

Расчётную берем умеренную физическую работу человека с тепловыделением 222 Вт

$$Q_{ЛД} = Z_n q_n = 24 \times 222 = 5328 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от освещения:

В соответствии с санитарными нормами освещенность в каюте должна быть не меньше 150 лк. Общая площадь освещаемой поверхности равна 846 м², источник освещения берем люминесцентную лампу типа ЛБ

$$Q_{\text{осв}} = \Sigma N_{\text{осв}} = 150 \text{ лк} \times 846 = 126900 \text{ лм} \approx 3000 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от оборудования:

В зависимости от количества и типа оборудования в каюте находится их теплоприток. Возьмём среднее значение в 1000 Вт

$$Q_{\text{об}} = \Sigma N_{\text{об}} = 1000 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от пищи:

$$Q_{\text{пищи}} = Z_{\text{п}} q_{\text{пищи}} = 24 \times 60 = 1464 \text{ Вт}$$

- Теплоприток инфильтрации:

$$Q_{\text{инф}} = M_{\text{инф}} (H_{\text{н}} - H_{\text{п}}) = 0,00075 \times (95 - 50) = 33 \text{ Вт}$$

$$\text{где } M_{\text{инф}} = \frac{F w p_{\text{св}} \tau n}{7200} = \frac{0,72 \times 0,25 \times 5 \times 1,2 \times 5}{7200} = 0,00075 \text{ кг/с}$$

- Прочие теплопритоки:

$$Q_{\text{п}} = (1 \dots 1,15) (Q_{\text{огр}} + Q_{\text{лд}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{пищи}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{об}})$$

- Общие теплопритоки в помещения:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{лд}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{пищи}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{пр}} = 25262 + 5328 + 3000 + 1000 + 1464 + 33 = 36054 \times 1,1 = 39659 \text{ Вт}$$

Таблица 8. Теплопритоки в летний период.

Палуба	F, м ²	Q _{огр} , Вт	Q _{лд} , Вт	Q _{осв} , Вт	Q _{пищи} , Вт	Q _{инф} , Вт	Q _{об} , Вт	Q _п , Вт
Юта	87	-7896	5328	3000	1464	33	1000	-53026
2 ярус	186	-16864						
3 ярус	186	-16864						
4 ярус	186	-16896						
5 ярус	176	-5247						
Всего	821	-63767						

2. Определение влагопритоков, Кг/с

$$D_{\Pi} = D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}} + D_{\text{ПР}}$$

- Влагоприток от людей:

Расчётную берем умеренную физическую работу человека с влаговыделением 0,00005 кг/с

$$D_{\text{Л}} = Z_{\text{Л}} g_{\text{Л}} = 0,00005 \times 24 = 0,0012 \text{ кг/с}$$

- Влагоприток пищи:

$$D_{\text{ПИЩИ}} = Z_{\text{Л}} g_{\text{ПИЩИ}} = 0,0000011 \times 24 = 0,00026 \text{ кг/с}$$

- Влагоприток инфильтрации:

$$D_{\text{ИНФ}} = M_{\text{ИНФ}} (d_{\text{Н}} - d_{\text{П}}) = 0,00075 \times (24 - 10) = 0,0000105 \text{ кг/с}$$

- Прочие влагопритоки:

$$D_{\text{П}} = (1,1 \dots 1,3) (D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}})$$

- Общие влагопритоки в помещения:

$$D_{\text{П}} = D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}} + D_{\text{ПР}} = 0,0012 + 0,00026 + 0,0000105 = 0,00147 \times 1,3 = 0,00191 \text{ кг/с}$$

2.4.3 Определение тепловлажностного отношения

$$\varepsilon_{\text{П}} = \frac{Q_{\text{П}}}{D_{\text{П}}} = \frac{39659}{0,00191} = 20763$$

2.4.4 Тепловой расчёт и построение d – Н диаграммы.

- Количество приточного воздуха:

$$M_{\text{ПВ}} = \frac{Q_{\text{П}}}{H_{\text{П}} - H_{\text{С}}} = \frac{39659}{53 - 45} = 4,957 \text{ кг/с}$$

- Количество наружного воздуха:

$$M_{\text{Н}} = M_{\text{САН}} = 10 \times 0,009 \times 24 = 2 \text{ кг/с}$$

- Количество рециркуляционного воздуха:

$$M_{\text{РЕЦ}} = M_{\text{ПВ}} - M_{\text{Н}} = 4,957 - 2 = 2,957 \text{ кг/с}$$

- Коэффициент эжекции:

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$K_9 = \frac{X'C}{DC} = \frac{M_{PEЦ}}{M_H} = \frac{2,957}{2} \approx 1,4$$

- Тепловая нагрузка воздухоохладителя центрального кондиционера

$$Q_H = M_H (H_{H'} - H_X) = 2 \times (99 - 44) = 110000 \text{ Вт}$$

- Тепловая нагрузка воздухоохладителя ВРДЭ

$$Q_P = M_{PEЦ} (H_{II} - H_D) = 2,957 \times (52 - 44) = 23000 \text{ Вт}$$

- Холодопотребность СКВ

$$Q_0 = Q_H + Q_P = 110000 + 23000 = 133000 \text{ Вт}$$

					<i>. ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>56</i>

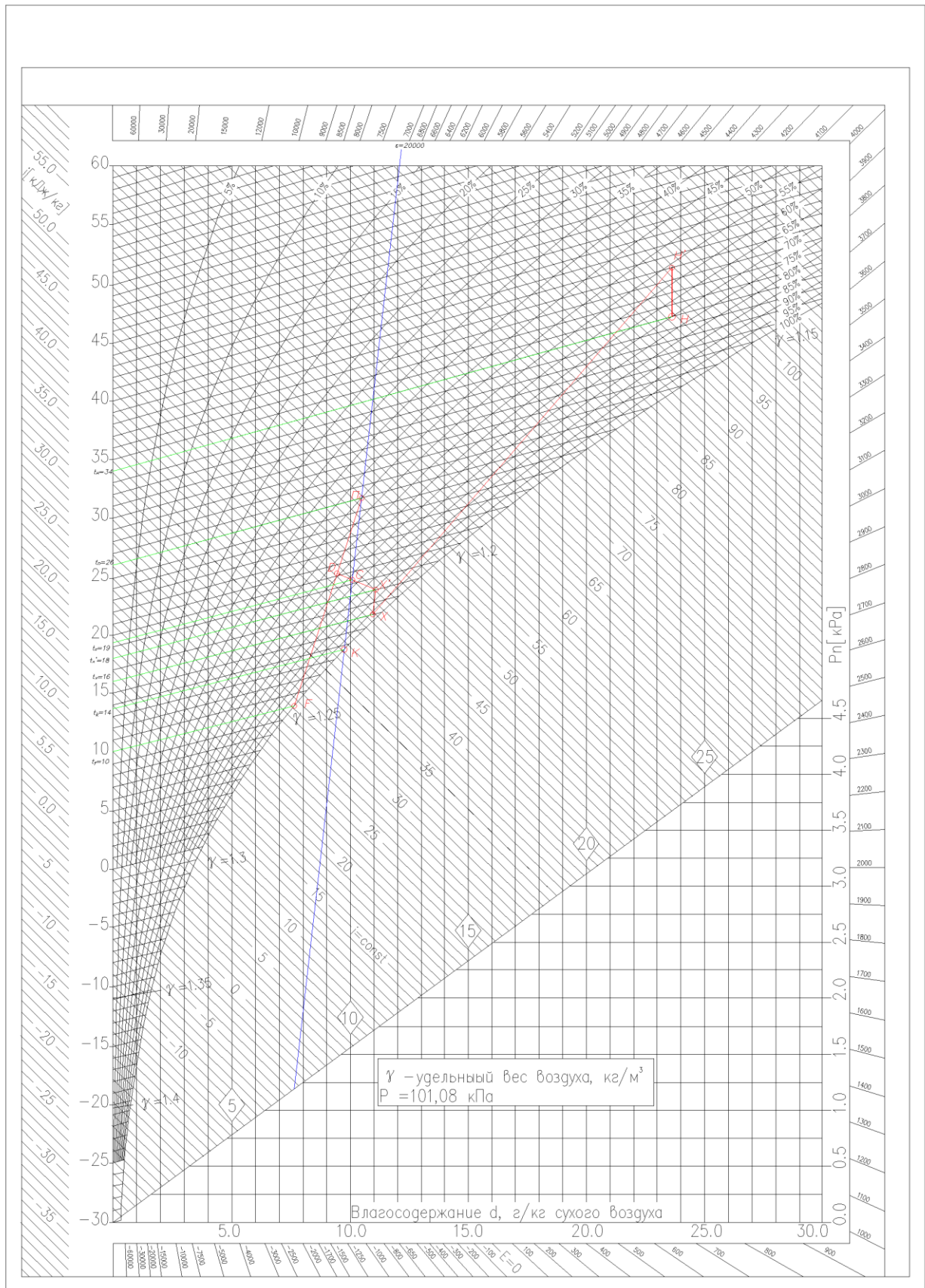


Рисунок 25. Процесс обработки воздуха на $d - H$ диаграмме в летний период плавания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ

4.2 Расчёт системы в зимний период плавания

1. Определение теплопритоков и теплопотерь, Вт.

$$Q_{\text{П}} = Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ЛД}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ПИЩИ}} + Q_{\text{ИНФ}} + Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ПР}}$$

- Теплопритоки через ограждения.

Теплопотери ограждения является сумма теплопритоков и теплопотерь каждой жилой палубы.

$$Q_{\text{ОГР}} = Q_{\text{юта}} + Q_{2 \text{ ярус}} + Q_{3 \text{ ярус}} + Q_{4 \text{ ярус}} + Q_{5 \text{ ярус}}$$

- Теплопотери палубы юта:

$$Q_{\text{юта}} = Q_{\text{F юта}} + Q_{\text{Л юта}} + Q_{\text{ИЛ юта}}$$

$$Q_{\text{F юта}} = K_{\text{юта}} F_{\text{юта}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 87 \times (-25 - 20) = -2349 \text{ Вт}$$

где $t_0 = t_{\text{н}}$

$$Q_{\text{Л юта}} = K_{\text{Л юта}} L_{\text{юта}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 204 \times (-25 - 20) = -5508 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ юта}} = n_{\text{юта}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ юта}} (t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) = 5 \times 1 \times 0,175 \times (-25 - 20) = -39,3 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{юта}} = Q_{\text{F юта}} + Q_{\text{Л юта}} + Q_{\text{ИЛ юта}} = -2349 + (-5508) + (-39,3) = -7896,3 \text{ Вт}$$

- Теплопотери палубы второго яруса:

$$Q_{2 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 2 ярус}} + Q_{\text{Л 2 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 2 ярус}}$$

$$Q_{\text{F 2 ярус}} = K_{2 \text{ ярус}} F_{2 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 182 \times (-25 - 20) = -4914 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{Л 2 ярус}} = K_{\text{Л 2 ярус}} L_{2 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 440 \times (-25 - 20) = -11880 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ 2 ярус}} = n_{2 \text{ ярус}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ 2 ярус}} (t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) = 9 \times 1 \times 0,175 \times (-25 - 20) = -70 \text{ Вт}$$

$$Q_{2 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 2 ярус}} + Q_{\text{Л 2 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 2 ярус}} = -4914 + (-11880) + (-70) = -16864 \text{ Вт}$$

- Теплопотери палубы третьего яруса:

$$Q_{3 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 3 ярус}} + Q_{\text{Л 3 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 3 ярус}}$$

$$Q_{\text{F 3 ярус}} = K_{3 \text{ ярус}} F_{3 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 182 \times (-25 - 20) = -4914 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{Л 3 ярус}} = K_{\text{Л 3 ярус}} L_{3 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 440 \times (-25 - 20) = -11880 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ 3 ярус}} = n_{3 \text{ ярус}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ 3 ярус}} (t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) = 9 \times 1 \times 0,175 \times (-25 - 20) = -70 \text{ Вт}$$

$$Q_{3 \text{ ярус}} = Q_{\text{F 3 ярус}} + Q_{\text{Л 3 ярус}} + Q_{\text{ИЛ 3 ярус}} = -4914 + (-11880) + (-70) = -16864 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки палубы четвертого яруса:

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$Q_{4 \text{ ярус}} = Q_{F 4 \text{ ярус}} + Q_{L 4 \text{ ярус}} + Q_{\text{ИЛ} 4 \text{ ярус}}$$

$$Q_{F 4 \text{ ярус}} = K_{4 \text{ ярус}} F_{4 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 182 \times (-25 - 20) = -4914 \text{ Вт}$$

$$Q_{L 4 \text{ ярус}} = K_{L 4 \text{ ярус}} L_{4 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 440 \times (-25 - 20) = -11880 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ИЛ} 4 \text{ ярус}} = n_{4 \text{ ярус}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ} 4 \text{ ярус}} (t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) = 13 \times 1 \times 0,175 (-25 - 20) = -102 \text{ Вт}$$

$$Q_{4 \text{ ярус}} = Q_{F 4 \text{ ярус}} + Q_{L 4 \text{ ярус}} + Q_{\text{ИЛ} 4 \text{ ярус}} = -4914 + (-11880) + (-102) = -16896 \text{ Вт}$$

- Теплопотери палубы пятого яруса:

$$Q_{5 \text{ ярус}} = Q_{F 5 \text{ ярус}} + Q_{L 5 \text{ ярус}} + Q_{\text{ИЛ} 5 \text{ ярус}}$$

$$Q_{F 5 \text{ ярус}} = K_{5 \text{ ярус}} F_{5 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0,6 \times 176 \times (-25 - 20) = -4752 \text{ Вт}$$

где $t_0 = t_{\text{н}}$

$Q_{L 5 \text{ ярус}} = K_{L 5 \text{ ярус}} L_{5 \text{ ярус}} (t_0 - t_{\text{п}}) = 0 \text{ Вт}$, так как крыша яруса входит в расчёт теплопотерь через ограждения и имеет теплоизоляцию.

$$Q_{\text{ИЛ} 5 \text{ ярус}} = n_{5 \text{ ярус}} K_{\text{ИЛ}} F_{\text{ИЛ} 5 \text{ ярус}} (t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) = 11 \times 1 \times 1 \times (-25 - 20) = -495 \text{ Вт}$$

$$Q_{5 \text{ ярус}} = Q_{F 5 \text{ ярус}} + Q_{L 5 \text{ ярус}} + Q_{\text{ИЛ} 5 \text{ ярус}} = -4752 + 0 + (-495) = -5247 \text{ Вт}$$

- Общие теплопритоки через ограждения:

$$Q_{\text{ОГР}} = Q_{\text{юта}} + Q_{2 \text{ ярус}} + Q_{3 \text{ ярус}} + Q_{4 \text{ ярус}} + Q_{5 \text{ ярус}} = -7896,3 + (-16864) + (-16864) + (-16896) + (-5247) = -63767 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от людей:

Расчётную берем умеренную физическую работу человека с тепловыделением 222 Вт

$$Q_{\text{ЛД}} = Z_{\text{н}} q_{\text{н}} = 24 \times 222 = 5328 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от освещения:

В соответствии с санитарными нормами освещенность в каюте должна быть не меньше 150 лк. Общая площадь освещаемой поверхности равна 846 м², источник освещения берем люминесцентную лампу типа ЛБ

$$Q_{\text{ОСВ}} = \Sigma N_{\text{ОСВ}} = 150 \text{ лк} \times 846 = 126900 \text{ лм} \approx 3000 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от оборудования:

В зависимости от количества и типа оборудования в каюте находится их теплоприток. Возьмём среднее значение в 1000 Вт

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$Q_{\text{ОБ}} = \Sigma N_{\text{ОБ}} = 1000 \text{ Вт}$$

- Теплопритоки от пищи:

$$Q_{\text{ПИЩИ}} = Z_n q_{\text{пищи}} = 24 \times 60 = 1464 \text{ Вт}$$

- Теплоприток инфильтрации:

$$Q_{\text{ИНФ}} = M_{\text{ИНФ}} (H_{\text{Н}} - H_{\text{П}}) = 0,00075 \times (-26 - 42) = -51 \text{ Вт}$$

$$\text{где } M_{\text{ИНФ}} = \frac{F w p_{\text{св}} \tau n}{7200} = \frac{0,72 \times 0,25 \times 5 \times 1,2 \times 5}{7200} = 0,00075 \text{ кг/с}$$

- Прочие теплопритоки:

$$Q_{\text{П}} = (1 \dots 1,15) (Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ЛД}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ПИЩИ}} + Q_{\text{ИНФ}} + Q_{\text{ОБ}})$$

- Общие теплопритоки в помещения:

$$Q_{\text{П}} = Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ЛД}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ПИЩИ}} + Q_{\text{ИНФ}} + Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ПР}} = -63767 + 5328 + 3000 + 1000 + 1464 - 51 = -53026 \text{ Вт} - \text{теплопотери без учета прочих теплопритоков.}$$

$$-53026 \times 1,1 = -58328 \text{ Вт}$$

$$58328 - 53026 = 5302 \text{ Вт} - \text{прочие теплопритоки}$$

$$-58328 + 5302 = -53026 \text{ Вт} - \text{общие теплопотери кают.}$$

Таблица 9. Теплопритоки в зимний период.

Палуба	F, м ²	Q _{ОГР} , Вт	Q _{ЛД} , Вт	Q _{ОСВ} , Вт	Q _{ПИЩИ} , Вт	Q _{ИНФ} , Вт	Q _{ОБ} , Вт	Q _П , Вт
Юга	87	-7896	5328	3000	1464	33	1000	-53026
2 ярус	186	-16864						
3 ярус	186	-16864						
4 ярус	186	-16896						
5 ярус	176	-5247						
Всего	821	-63767						

2. Определение влагопритоков, Кг/с

$$D_{\text{П}} = D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}} + D_{\text{ПР}}$$

- Влагоприток от людей:

Расчётную берем умеренную физическую работу человека с влаговыделением 0,00005 кг/с

$$D_{\text{Л}} = Z_{\text{Л}} g_{\text{Л}} = 0,00005 \times 24 = 0,0012 \text{ кг/с}$$

- Влагоприток пищи:

$$D_{\text{ПИЩИ}} = Z_{\text{Л}} g_{\text{ПИЩИ}} = 0,0000011 \times 24 = 0,00026 \text{ кг/с}$$

- Влагоприток инфильтрации:

$$D_{\text{ИНФ}} = M_{\text{ИНФ}} (d_{\text{Н}} - d_{\text{П}}) = 0,00075 \times (24 - 10) = 0,000105 \text{ кг/с}$$

- Прочие влагопритоки:

$$D_{\text{П}} = (1,1 \dots 1,3) (D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}})$$

- Общие влагопритоки в помещения:

$$D_{\text{П}} = D_{\text{Л}} + D_{\text{ПИЩИ}} + D_{\text{ИНФ}} + D_{\text{ПР}} = 0,0012 + 0,00026 + 0,000105 = 0,00147 \times 1,3 = 0,00191 \text{ кг/с}$$

2.5.3 Определение тепловлажностного отношения

$$\varepsilon_{\text{П}} = \frac{Q_{\text{П}}}{D_{\text{П}}} = \frac{-53026}{0,00191} = -27000$$

2.5.3 Тепловой расчёт и построение d – Н диаграммы.

- Тепловая нагрузка канального нагревателя центрального кондиционера

$$Q_{\text{Н}} = M_{\text{Н}} c'_{\text{РВ}} (t_1 - t_{\text{Н}}) = 2 \times 1,2 \times (18 - (-25)) = 103000 \text{ Вт}$$

- Тепловая нагрузка воздухоподогревателя ВРДЭ

$$Q_{\text{Р}} = M_{\text{РЕЦ}} c'_{\text{РВ}} (t_{\text{П}} - t_{\text{П}}) = 2,957 \times 1,2 \times (45 - 20) = 88700 \text{ Вт}$$

- Холодопотребность СКВ

$$Q_0 = Q_{\text{Н}} + Q_{\text{Р}} = 103000 + 88700 = 191000 \text{ Вт}$$

- Расход пара

$$D_{\text{П}} = M_{\text{П}} (d_2 - d_1) + \frac{Q_0}{h'' - h'} = 2 \times (7 - 0,5) + \frac{191700}{2777 - 761} = 14 \text{ кг/с}$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

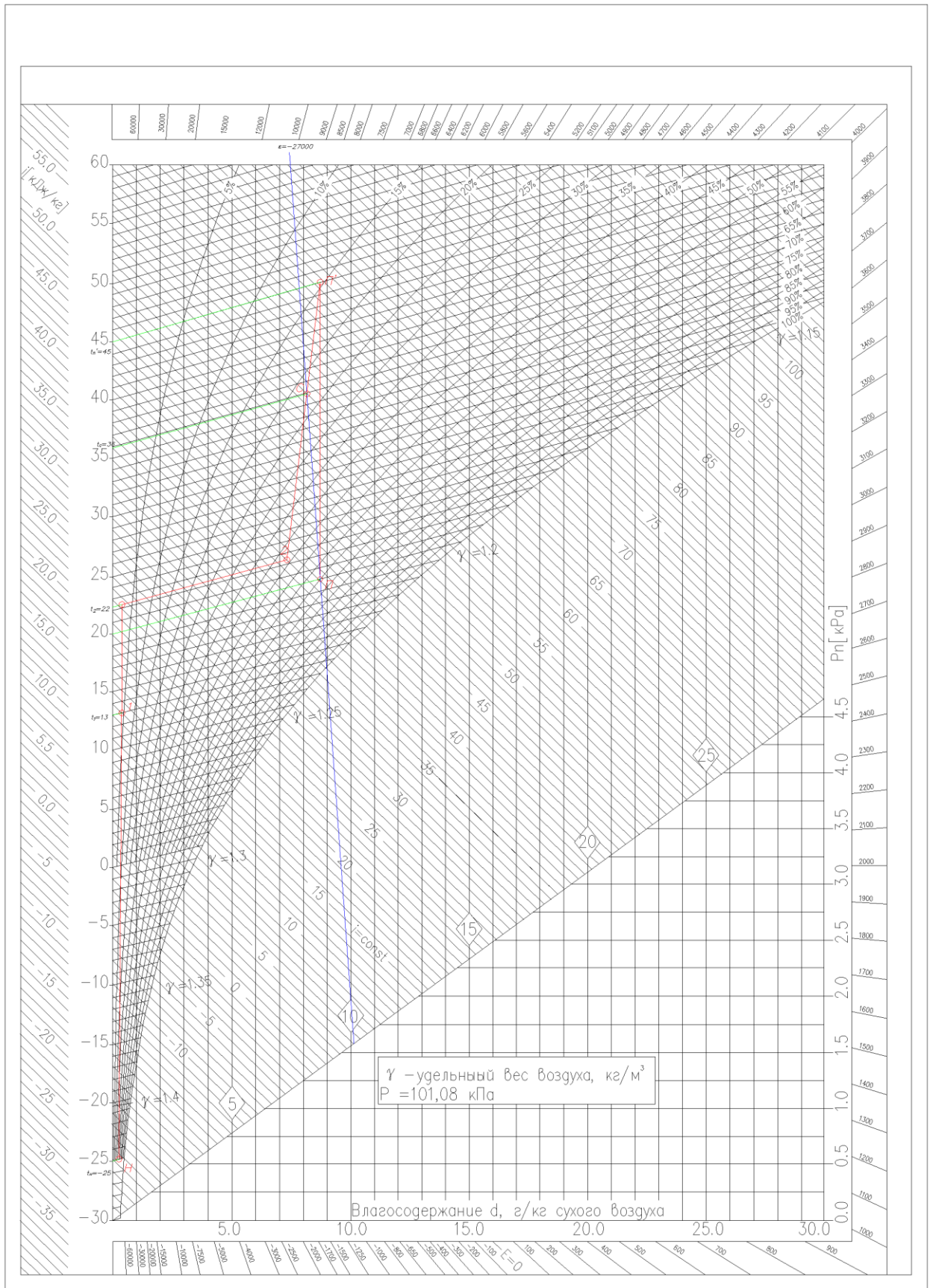


Рисунок 26. Процесс обработки воздуха на d – H диаграмме в зимний период плавания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ

Лист

62

4.3 Расчёт и подбор оборудования ССККВ

1. Геометрические параметры оребрённой трубки трубчато – ребристого воздухоохладителя.

- диаметр трубок воздухоохладителя непосредственного испарения $d_H = 0,012$ м;
- шаг трубок $z_{TP} = 0,018$ м
- шаг ребра $z_P = 0,005$ м и толщина $\delta_P = 0,0005$ м.

2. Расчётные параметры ребристой поверхности.

- Высота ребра, м,

$$h_P = \frac{1}{2}(z_{TP} - d_H) = \frac{1}{2}(0,018 - 0,012) = 0,003,$$

- Длина межреберного канала для двухрядной секции

$$L = 2z'_{TP} = 0,036$$

- Эквивалентный диаметр,

$$d_{\text{э}} = \frac{2(z_{TP} - d_H)(z_P - \delta_P)}{(z_{TP} - d_H) + (z_P - \delta_P)} = \frac{2(0,018 - 0,012)(0,005 - 0,0005)}{(0,018 - 0,012) + (0,005 - 0,0005)} = 0,0051 \text{ м}$$

- Наружная поверхность метра трубки

$$f_H = \pi d_H \left(1 - \frac{\delta_P}{z_P}\right) + \frac{2}{z_P} (z_{TP} z_{TP}' - \frac{\pi d_H^2}{4}) = 3,14 \times 0,012 \left(1 - \frac{0,0005}{0,005}\right) + \frac{2}{0,005} \left(0,018 \times 0,018 - \frac{3,14 \times 0,012^2}{4}\right) = 0,117 \text{ м}^2$$

- Внутренняя поверхность метра трубки

$$f_{BH} = \pi d_{BH} = 3,14 \times 0,011 = 0,034$$

- Площадь живого сечения метра трубки для прохода охлажденного воздуха

$$f_{\text{ж}} = (z_{TP} - d_H) \left(1 - \frac{\delta_P}{z_P}\right) = (0,018 - 0,012) \left(1 - \frac{0,0005}{0,005}\right) = 0,0054 \text{ м}^2$$

- Степень оребрения

$$\beta = \frac{f_H}{f_{BH}} = \frac{0,117}{0,034} = 4$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

- Площадь живого сечения метра трубы для приточного воздуха

$$F_{\text{ж}} = \frac{M_{\text{ПВ}}}{\rho_{\text{ПВ}} w} = \frac{2}{1,2 \times 25} = 0,06 \text{ м}^2$$

- Длина трубы в одном ряду секции

$$L_{\text{с}} = \frac{F_{\text{ж}}}{f_{\text{ж}}} = \frac{0,06}{0,0054} = 11 \text{ м}$$

- Линейный размер квадратного сечения секции

$$a = \sqrt{L_{\text{с}} z_{\text{ТР}}} = \sqrt{11 \times 0,018} = 0,45 \text{ м}$$

- Линейный размер прямоугольного сечения секции

$$ab = L_{\text{с}} z_{\text{ТР}} = 0,2 \text{ м}^2$$

- Наружная площадь воздухоохладителя,

$$F_{\text{H}} = \frac{M_{\text{ПВ}} c'_{\text{ПВ}}}{\alpha_{\text{с}}} \ln \frac{t_1 - t_{\text{X}}}{t_1 - t_{\text{F}}} = \frac{2 \times 1000}{140} \ln \frac{26 - 9}{18 - 9} = 6 \text{ м}^2$$

$$\text{Nu} = c \text{Re}^m \left(\frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}} \right)^n = 0,28 \times 8500^{0,4} \left(\frac{0,036}{0,0051} \right)^{0,5} = 27,7$$

где

$$\text{Nu} = \frac{\alpha_{\text{с}} d_{\text{ЭКВ}}}{\lambda_{\text{в}}} \rightarrow \alpha_{\text{с}} = \text{Nu} \frac{\lambda_{\text{в}}}{d_{\text{ЭКВ}}} = 27,7 \frac{0,0259}{0,0051} = 140;$$

$$n = 0,45 + 0,0066 \frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}} = 0,45 + 0,0066 \frac{0,036}{0,0051} = 0,5;$$

$$c = A [1,36 - 24 \times 10^{-5} \text{Re}] = 0,412 [1,36 - 24 \times 10^{-5} \times 8500] = 0,28$$

$$\text{Re} = \frac{w d_{\text{ЭКВ}}}{\nu_{\text{в}}} = \frac{25 \times 0,0051}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 8500$$

Определяем число секций воздухоохладителя

$$z_{\text{ВО}} = \frac{F_{\text{H}}}{L_{\text{с}} f_{\text{H}}} = \frac{6}{11 \times 0,117} = 5 / 2 = 3$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Габаритные размеры воздухоохладителя: А – 1 м; Б – 1,2 м; Д – 0,4 м.
 Габаритные размеры блока воздухоохладителя: А – 1 м; Б – 1,2 м; Д – 0,7 м

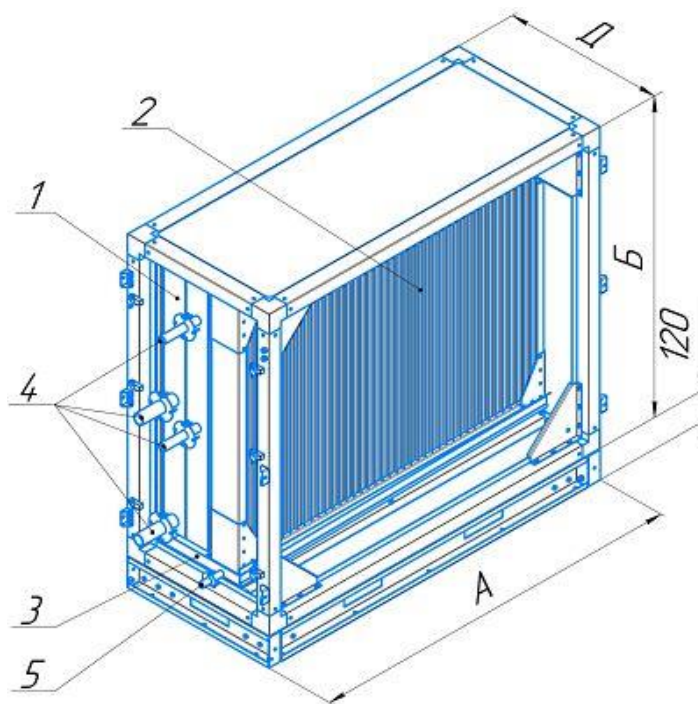


Рисунок 27. Блок воздухоохладителя непосредственного испарения: 1 - теплообменник; 2 – каплеуловитель; 3 – поддон; 4 - подсоединительные патрубки; 5 - сливной патрубок

2. Вычислим температуру кипения холодильного агента t_0 .

$$\eta_t^* = \frac{t_1 - t_x}{t_1 - t_{\text{охл}}} = 1 - e^{-\frac{K_H F_H}{c_p \xi_H M_{\text{пв}}}} = 1 - e^{-\frac{149 \times 6}{1000 \times 1,14 \times 2}} = 0,33,$$

где

$$\xi = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - r_{0s}} = \frac{20000}{20000 - 2501} = 1,14$$

где $r_{0s} = 2501$ кДж/кг – теплота парообразования водяного пара.

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_c \xi_H E} + \frac{\beta}{\alpha_a}} = \frac{1}{\frac{1}{140 \times 1,14 \times 1} + \frac{4}{7900}} = 149$$

$$E = \frac{\text{th}(mh_p \psi)}{mh_p \psi} = \frac{\text{th}(25 \times 0,0015 \times 0,67)}{25 \times 0,0015 \times 0,67} = 1$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_c \xi_H}{\lambda_p \delta_p}} = \sqrt{\frac{2 \times 140 \times 1,14}{204 \times 0,0005}} = 55$$

$$\psi = \left(\frac{z_{TP}}{d_H} - 1 \right) \left[1 + 0,635 \ln \left(1,28 \frac{z_{TP}}{d_H} \sqrt{\frac{z_{TP}}{z_{TP}} - 0,2} \right) \right] = \left(\frac{0,018}{0,012} - 1 \right) \left[1 + 0,635 \ln \left(1,28 \sqrt{\frac{0,018}{0,012} - 0,2} \right) \right] = 0,74$$

- Коэффициент теплоотдачи α_a для фреонов внутри трубки определяем

$$\alpha_a = A \left(\frac{Q_0 \beta}{F_H} \right)^{0,6} (w\rho)^{0,2} \sqrt{\frac{0,012}{d_{BH}}} = 2,56 \times \left(\frac{110000 \times 4}{0,034} \right)^{0,6} \times 80^{0,2} \times \sqrt{\frac{0,012}{0,034}} = 7700$$

- Температура кипения t_0 холодильного агента.

$$t_0 = t_1 - \frac{t_1 - t_X}{\eta_t} = 26 - \frac{26 - 18}{0,4} = 2^\circ C$$

- Потребляемую мощность

$$N_{ВЕН} = \frac{G_B H}{\rho_B \eta_B \eta_Э} = \frac{2 \times 3000}{1,2 \times 0,83} = 6 \text{ кВт}$$

где H – полный напор, η_B , $\eta_Э$ – КПД вентилятора и электродвигателя соответственно.

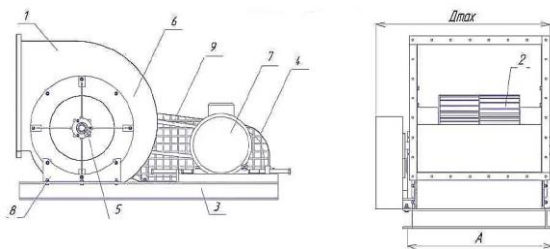


Рисунок 28. Вентилятор двухстороннего всасывания: 1 – корпус, 2 – рабочее колесо, 3 – рама, 4 – ограждение, 5 – паук, 6 – коллектор, 7 – электродвигатель, 8 – стойка, 9 – ремень

РСС 63/25-1.1.1 – радиальные вентиляторы двухстороннего всасывания, используются в системах вентиляции. Имеет небольшой размер, высокую производительность и требуемое высокое давление.

Таблица 9. Технические характеристики вентилятора.

Расход воздуха, м ³ /ч	Полное давление, Па	Установочная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Максимальный КПД вентилятора	Масса, кг
8000	3400	7.5	3000	0,83	145

Выбор центрального кондиционера

Судовой каркасно-панельный кондиционер в восьмиблочном стандартном исполнении с воздухопроизводительностью 7200 м³ /ч, со стороны обслуживания справа (рисунок())



Рисунок 28. Судовой центральный кондиционер.

Технические характеристики

Характеристика	Значение
Исполнение агрегатов	общепромышленное, коррозионностойкое
Вариант стороны обслуживания	правая
Рабочее давление теплоносителя, МПа	0,9
Температура теплоносителя, °С	50°
Рабочая температура воздуха, °С	38
Полное избыточное давление, Па	3200
Воздухопроизводительность, м ³ /ч	7200
Теплопроизводительность, кВт	103
Холодопроизводительность, кВт	110
Уровень шумоподавления, дБ	23
Класс очистки фильтров	Панельный F9
Электродвигатель вентагрегата	асинхронный, только морского исполнения

Конструкция

Выбранный судовой кондиционер имеет модульную систему компоновки оборудования, позволяющую собирать установки любой сложности из блоков и секций, имеющих то или иное функциональное назначение в процессе воздухообработки. Конструкция установки имеет моноблочный вариант на основе каркаса из стального ригеля. Наружные стороны установки закрываются в каркасе наполненными панелями. Ригели и панели могут изготавливаться с использованием низколегированной стали с лакокрасочным покрытием или нержавеющей стали в зависимости от условий эксплуатации и требований заказа.

Осмотр, обслуживание и (при необходимости) ремонт кондиционера осуществляется со стороны его обслуживания. Сторона обслуживания определяется направлением движения потока внутри кондиционера: «стороной обслуживания справа» считается та сторона, при взгляде с которой перемещаемый внутри кондиционера поток движется слева направо. И наоборот: «стороной обслуживания слева» считается сторона кондиционера, при взгляде которой перемещаемый внутри него поток движется справа налево. Также, при соответствующем указании в опросном листе, возможно предусмотреть обслуживание кондиционера снизу или сверху.

Фреоновый теплообменный аппарат, входящий в состав кондиционера, имеют сварную или паяную конструкцию и обеспечивают самые жёсткие требования герметичности. Трубки теплообменных аппаратов могут изготавливаться из меди, медно-никелевого сплава (МНЖ5) или из нержавеющей стали. Оребрение теплообменников – алюминиевая фольга. Корпуса теплообменников изготавливаются из нержавеющей стали, а арматура – латунь или медные сплавы.

В составе вентиляционного агрегата использоваться вентилятор двустороннего всасывания с клиноременной передачей. Вентилятор комплектуются двигателям для длительной постоянной работы, двигатель — односкоростные, 3-х фазные, асинхронный.

Габариты блоков

Позиция на рис.(.)	Ширина В, мм,	1000
	Высота Н, мм,	1200
	Длина L, мм,	5130
1	Блоки фильтров, длина, мм	380

					ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

2	Блок воздухонагревателя, длина, мм:	350
3	Блок воздухоохладителя, длина, мм	700
4	Блок-камера промежуточная, длина, мм	400
5	Блок вентилятора с вентилятором двустороннего всасывания, длина, мм	900
6	Блок шумоглушения, длина, мм	1400
7	Блок парового увлажнения, длина, мм	1000

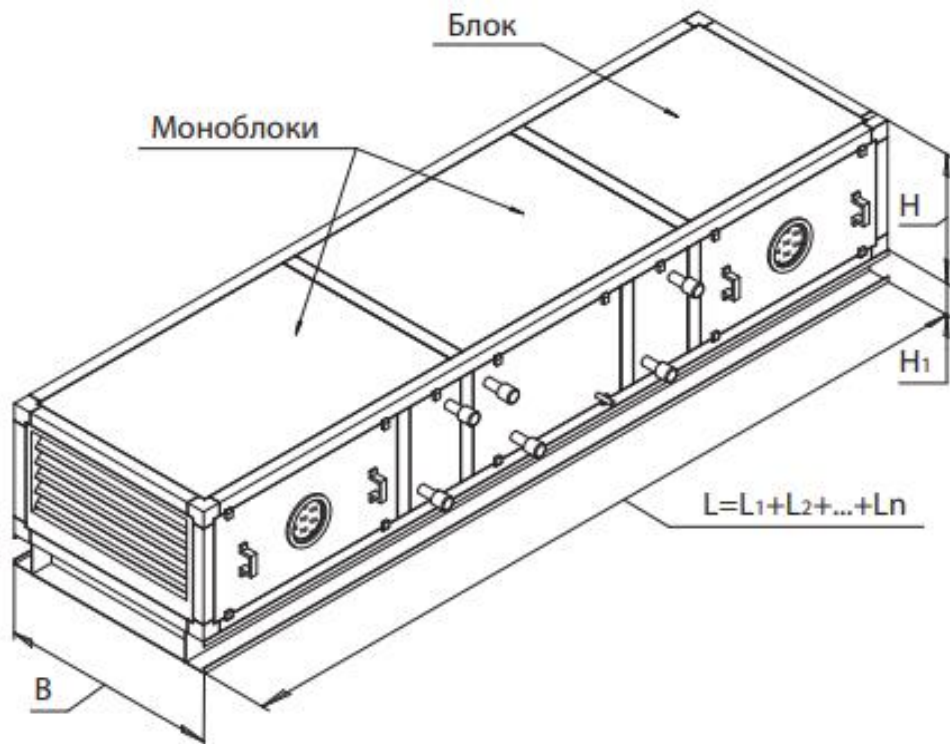


Рисунок 29. Общий вид судовых центрального кондиционера: Сторона обслуживания – правая, В – ширина установки, Н – высота установки, Н1 – высота опорной рамы, Ln – длины элементов установки

Свойства корпуса кондиционера

Класс прочности	Коэффициент теплопроводности	Класс протечек	Уровень протечек при -400Па, л*с-1*м-2, не более	Уровень протечек при +700Па, л*с-1*м-2, не более
D1	T3	L1	0,15	0,22

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

. ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ

Лист

69

Схема расположения блоков

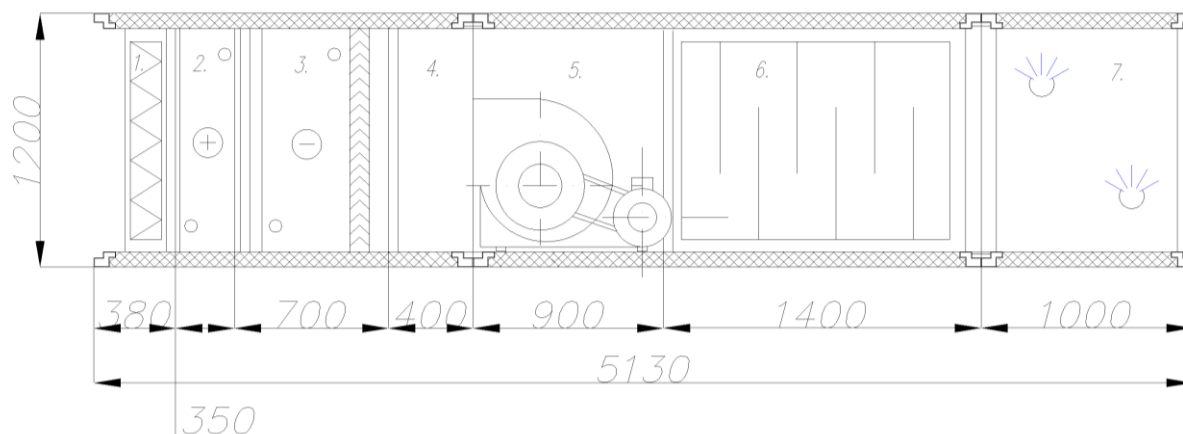


Рисунок 30. Принципиальная схема расположения элементов внутри ЦК.

4.4 Аэродинамический расчёт

Определим расход воздуха, проходящий через определённую площадь поперечного сечения воздуховода.

$$V = Fw_{\text{CP}} = 0,07 \times 25 = 1,76 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G = Fw_{\text{CP}}\rho = 0,07 \times 25 \times 1,2 = 2,12 \text{ кг/с}$$

где F – площадь живого сечения трубопровода, w_{CP} – средняя скорость потока, ρ – плотность среды.

Для определения режима движения воздуха или воды используют число Рейнольдса.

$$Re = \frac{w_{\text{CP}}d}{\nu} = \frac{25 \times 0,3}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 498000$$

При помощи соотношением Дарси находим потери давления на трение

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \frac{1}{d_0} \frac{\rho w_{\text{CP}}^2}{2} = 0,02 \frac{14}{0,3} \frac{1,2 \times 25^2}{2} \approx 200 \text{ Па}$$

Для шероховатых труб коэффициент сопротивления трения зависит от относительной шероховатости $\Delta/d = 300/0,1 = 3000$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист 70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

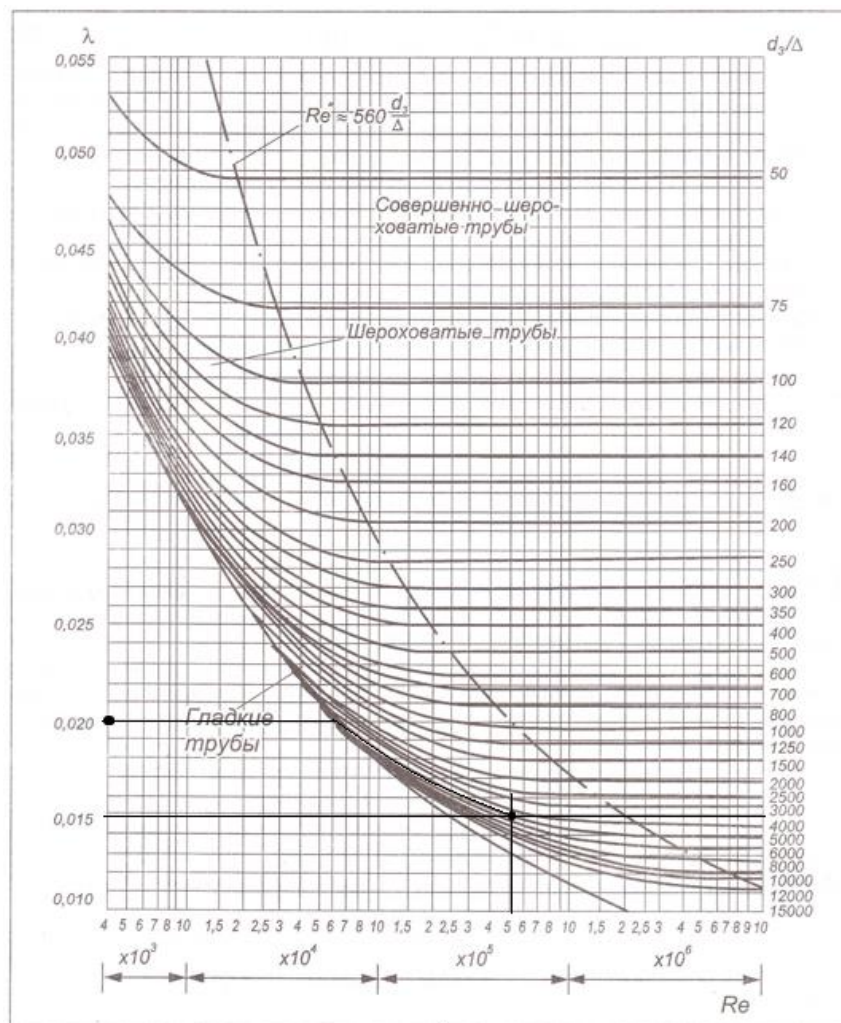


Рисунок 31. Диаграмма для определения коэффициента трения для шероховатых воздухопроводов при турбулентном движении воздуха

Согласно диаграмме $\lambda = 0,02$

Потери давления в местных сопротивлениях, Па

$$\Delta P_M = \xi \frac{\rho w_{CP}^2}{2} = 0,6 \frac{1,2 \times 25^2}{2} = 450 \text{ Па}$$

где $\xi = 0,6$ в отводах воздухопроводов 90° .

Избыточное давление воздуха во всей системе

$$\Delta P = \sum \Delta P_{TP} + \sum \Delta P_M = 200 + 450 = 650 \text{ Па}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 Автоматизация

5.1 Цели и задачи системы управления

Автоматического регулирования необходимо для поддержания параметров воздушной среды в необходимых пределах относительно заданных значений, определяемых необходимыми технологическими требованиями, либо требованиями к комфорту. Такими параметрами могут быть:

- температура приточного воздуха;
- влажность приточного воздуха;
- температура воздуха в обслуживаемом помещении;
- влажность воздуха в обслуживаемом помещении;
- качество воздуха в помещении (содержание CO₂).

Согласно современным подходам к построению систем регулирования, помимо поддержания заданных значений параметров должны решаться следующие задачи.

1. Отслеживание и предупреждение аварийных ситуаций, формирование сообщений локальному и удаленному наблюдателю о возникновении таких ситуаций (по сети интернет, с помощью SMS и т. д.), принятие мер к их устранению.
2. Ведение архивов выбранных параметров технологического процесса для подготовки отчетов и анализа эффективности функционирования установок.
3. Возможность взаимодействия с уровнем диспетчеризации для удаленного и наглядного контроля работы, своевременного отслеживания аварийных ситуаций; возможность объединения в единую информационную подсистему с автоматикой иного оборудования.
4. Обеспечение выполнения задач регулирования с минимальными энергозатратами.

5.2 Структура современных АСУ

Решаемые цели и задачи скомпоновали облик современных систем управления в виде иерархической структуры, которую упрощенно можно описать следующим образом.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Нижний уровень (уровень регулирования) представляет собой сочетание датчиков и исполнительных механизмов, необходимых для выполнения задач регулирования. Эти элементы объединяются информационными потоками с центральным звеном – контроллером, принимающим сигналы от датчиков и выдающим управляющие сигналы соответствующим исполнительным механизмам.

Логика работы контроллера закладывается либо на этапе производства (жестко прошитые контроллеры), либо на этапе проектирования и наладки системы управления (свободно программируемые контроллеры). Последний вариант более универсален и предпочтителен в силу своей гибкости.

В контроллере должна быть заложена возможность информационного обмена с верхним уровнем – уровнем диспетчеризации, на котором в настраиваемой, наглядной и удобной для наблюдения и анализа форме представлены параметры технологического процесса. Кроме того, этот уровень обычно оснащен инструментами для ведения архива параметров, звукового и графического сопровождения выводимых данных, отображения тревожных ситуаций, дополнительными коммуникационными возможностями (например, отсылка SMS) и т. д.

В современном управлении используются в основном два типа управляющих сигналов, являющихся выходами по отношению к контроллеру. Дискретный (цифровой, бинарный, двоичный) типа включено/выключено (есть или нет управляющее напряжение) предназначен для коммутации управляющих устройств, ШИМ-управления (серии импульсов, закрывающих либо открывающих регулирующий орган) и т. д.

Аналоговый (вещественный), являющийся изменяемой контроллером величиной из стандартного диапазона тока или напряжения, предназначен для указания управляющему устройству интенсивности его работы (например, степени открытия).

Аналогичное разделение существует и для входных сигналов. Дискретные входы характеризуют наступление того или иного события, например, превышение какого-либо порога. Аналоговые входы применяются для измерения непрерывно меняющихся физических величин процесса – температуры, давления, уровня и т. д.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Управление сводится к обработке в соответствии с целью и задачами регулирования входных сигналов и выдаче выходных сигналов исполнительным механизмам.

5.3 Автоматизация систем приточной и вытяжной вентиляции

Система приточной вентиляции содержит следующие элементы:

- привод отсекающей заслонки;
- датчик температур наружного воздуха (TE);
- датчик-реле перепада давления на фильтре (PDS);
- регулирующий клапан на водяном нагревателе;
- циркуляционный насос;
- термостат угрозы замерзания воздухонагревателя по воде (TS);
- термостат угрозы замерзания калорифера по воздуху (TS);
- фреоновый воздухоохладитель;
- термостат защиты электронагревателя от перегрева (TS);
- вентилятор;
- датчик-реле перепада давления на вентиляторе (PDS);
- парогенератор;
- датчик температуры удаляемого воздуха (TE);
- датчик влажности удаляемого воздуха (ME).

Система общеобменной вытяжной вентиляции содержит следующие элементы:

- вентилятор;
- датчик-реле перепада давления на вентиляторе (PDS);
- привод отсекающей заслонки.

Принцип работы систем приточной и вытяжной вентиляции.

1. Система имеет два режима запуска:

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

- местный (с электрического щита);
- дистанционный (по команде оператора из диспетчерской с выносного пульта управления).

2. Система предусматривает три режима работы:

- *летний режим*, когда воздух охлаждается и осушается в секции фреонового охладителя и далее подогревается до приточной температуры в воздухонагревателе (ВН);
- *зимний режим*, когда воздух нагревается в секции воздухонагревателя (ВН) и увлажняется благодаря парогенератору;
- *дежурный режим*, когда переключатель "Пуск" в положении "Выкл" либо в положении "ДУ" при выключенной системе идет контроль от замораживания ВН.

Включение вытяжной общеобменной системы вентиляции происходит от приточной вентиляции.

При срабатывании внешнего датчика сигнализации "Пожар" система переходит в дежурный режим.

3. Система предусматривает управление и контроль следующих параметров:

- контроль температуры обратного теплоносителя по термостату;
- контроль температуры воздуха в зоне нагревателя ВН по термостату;
- контроль температуры приточного воздуха;
- контроль влажности приточного воздуха;
- контроль засорения фильтра по датчику-реле перепада давления воздуха;
- контроль работоспособности вентилятора по датчику-реле перепада давления воздуха;
- контроль работоспособности вентилятора по токам короткого замыкания;
- контроль перегрева нагревателя ВН по термостату;
- управление воздушной заслонкой электроприводом;

					ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

- управление регулирующим клапаном на теплоносителе;
- управление работой компрессорно-конденсаторного блока;
- управление работой вентилятора;
- управление работой парогенератора;
- управление работой насоса.

Обеспечивается защита нагревателя ВН от замораживания в зависимости от выбранного режима работы:

- 1) Режим «Зима» — контроль температуры обратного теплоносителя и температуры воздуха в зоне нагревателя ВН по термостату (за теплообменником);
- 2) Режим «Лето» — контроль температуры воздуха в зоне нагревателя ВН по термостату.

В настоящее время все выпускаемые стандартно шкафы САУ типа К-Ф-ТО-ХО-АВ имеют сухие контакты для пуска вытяжной установки одновременно с запуском вентилятора приточной установки.

4. Описание работы системы:

Запуск производится переключателем «Пуск» в положение «Вкл», загорается индикатор «Пуск».

Летний режим работы (переключатель на щите в положении «Лето»): запускается двигатель приточного вентилятора, привод открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка приточная», работает датчик-реле перепада давления на фильтре. Через определенный интервал времени включается датчик-реле перепада давления на приточном вентиляторе. При выходе, приточного вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор приточный». Регулирующим клапаном охладителя происходит регулирование температуры воздуха и контроль по каналному датчику температуры приточного воздуха. На протяжении всего времени работы системы в «Летнем» режиме происходит контроль по термостату угрозы замерзания нагревателя ВН по воздуху. При сливе воды из системы рекомендуется отключить автомат защиты двигателя насоса или предохранитель во избежание пуска насоса с сухим ротором.

Вытяжной вентилятор включается при пуске приточного вентилятора, привод открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка вытяжная». Через определенный интервал времени включается датчик-реле перепада давления на вытяжном вентиляторе. При выходе, приточного вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор вытяжной».

Зимний режим работы:

а) (переключатель на щите в положении «Зима», переключатель «Насос» в положении «Выкл.»): система переходит в дежурный режим.

б) (переключатель на щите в положении «Зима», переключатель «Насос» в положении «Вкл.»): открывается клапан по воде, включается насос - происходит прогрев нагревателя ВН; запускается двигатель приточного вентилятора, привод открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка приточная», работает датчик-реле перепада давления на фильтре. Через определенный интервал времени включается датчик-реле перепада давления на приточном вентиляторе. При выходе приточного вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор приточный».

Вытяжной вентилятор включается при пуске приточного вентилятора, привод открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка вытяжная». Через определенный интервал времени включается датчик-реле перепада давления на вытяжном вентиляторе. При выходе, приточного вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор вытяжной».

Наружный воздух, проходя через открытую воздушную заслонку, попадает на воздушный фильтр. Если перепад давления на фильтре слишком велик, что определяется по датчику-реле, то на щите загорается индикатор «Фильтр». Отключение системы при этом не предусмотрено.

Датчик-реле контролирует перепад давления воздуха на приточном (вытяжном) вентиляторе. Если при запуске системы через определенный интервал времени заданный перепад давления не появляется, система закрывает заслонки приточного и вытяжного вентиляторов и загорается сигнальная лампа «Авария. Вентилятор приточный» («Авария. Вентилятор вытяжной»), происходит отключение вытяжного и приточного вентиляторов.

То же происходит, если указанный перепад давления исчезает, на приточном (вытяжном) вентиляторе, во время работы системы.

Датчик температуры приточного воздуха предназначен для определения температуры воздуха в воздуховоде. Он передает электрический сигнал о температуре на контроллер, который, в свою очередь, управляет регулирующим клапаном подачи воды, в режиме «Зима», на теплоносителе нагревателя ВН. В режиме «Зима» при уменьшении измеренной температуры клапан открывается, при увеличении — закрывается, изменяя количество теплоносителя, поступающего в нагреватель ВН и, следовательно, изменяется нагрев воздуха в системе.

Насос обеспечивает циркуляцию теплоносителя в нагревателе ВН. Он работает в режиме «Зима» постоянно и автоматически запускается (если был выключен) по сигналу «Мороз». При работе насоса загорается индикатор «Насос».

Сигнал «Угроза замораживания нагревателя ВН1» формируется при срабатывании одного из двух или обоих термостатов защиты от замерзания в режиме «Зима», в режиме «Лето» — только при срабатывании воздушного термостата. При этом загорается индикатор «Мороз». Установка замораживания по воздуху 6 - 10 °С, установка замораживания по воде 30 — 40 °С.

По сигналу угрозы замерзания происходит следующее:

- Выключаются электродвигатели вентиляторов;
- Включается циркуляционный насос, причем независимо от положения переключателя «Вкл./выкл.» насоса и от положения переключателя «Зима/Лето»;
- Открывается на 100% регулирующий клапан на теплоносителе;
- Закрываются заслонки вентиляторов.

Автоматика реализует непрерывное поддержание заданной температуры приточного воздуха с одновременным контролем аварийных и предаварийных ситуаций. Численные характеристики процесса, всевозможные тревоги, отображаются на одном или нескольких рабочих местах диспетчера. Кроме того, происходит круглосуточное ведение архивов тревог и параметров, отображение их в графической форме, автоматическая отсылка SMS в случае возникновения аварийных ситуаций.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>78</i>

Энергосбережение в данной установке реализуется путем снижения задания температуры (перевода в дежурный режим) ночью и в выходные дни.

Примененный комплект автоматики реализует цели и задачи регулирования в полной мере, соответствуя строгим требованиям, предъявляемым к современным системам управления. Несмотря на это, не стоит забывать о том, что максимальная отдача от введения автоматики возможна лишь при объединении всех инженерных систем здания в единое информационное пространство. Только в этом случае работа отдельных устройств сливается в полную гармонию, приводящую к оптимизации и наибольшему комфорту применения средств автоматизации.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

6 Эксплуатация и ремонт ССКВ

Эксплуатация

Перед началом обслуживания ССКВ необходимо ознакомиться с инструкциями оборудования и «Правилами технического эксплуатации судовых систем кондиционирования воздуха». На нашем судне установлена система круглогодичного кондиционирования воздуха и в зависимости от внешних условий и периода плавания работает в трёх режимах: летнем, зимнем и вентиляции. Переход из режима вентиляции в режим обработки воздуха зависит от температуры потока внутри вентилятора и в воздуховодах, а также от температуры наружного воздуха.

Для перевода ССКВ в летний режим необходимо:

- провести необходимые подготовительные манипуляции с холодильным оборудованием;
- проверить положение воздушных заслонок;
- провести запуск вытяжной системы;
- запустить вентилятор центрального кондиционера.

Картерным электронагревателем, необходимо его включить за 1 ч до пуска компрессора. Так как при остановке компрессора происходит падение температуры в картере. Это способствует насыщению масла хладагентом и в результате чего появляется пена. Поэтому при запуске компрессора существует опасность срыва всасывания масляного насоса и срабатывания реле контроля смазки на аварийное отключение компрессора. Но при включении картерного электронагревателя происходит возгонка хладагента из масла.

Перед пуском холодильного компрессора необходимо убедиться, что открыты нагревательный и закрыт всасывающий клапан, далее запустив компрессор необходимо не спеша открывать всасывающий клапан. В этот момент нужно внимательно слушать и при появлении в цилиндре стуков нужно быстро перекрыть всасывающий клапан. Этот стук означает, что жидкий фреон попал в компрессор. После открытия всасывающего клапана нужно открыть запорный клапан и переводим установку на автоматический режим. Со временем необходимо проверить воздухоохладитель на наличие снеговой шубы. Таким образом происходит проверка давления кипения

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>80</i>

фреона. Если снеговая шуба присутствует, то необходимо её удалить и временно отключить подачу холодоносителя в воздухоохладитель.

Для перевода ССККВ в зимний режим необходимо:

- включить воздухонагреватель на ВРВЭ;
- подать теплоноситель на воздухонагреватель центрального кондиционера;
- проверить положение воздушных заслонок;
- провести запуск вытяжной системы;
- запустить вентилятор центрального кондиционера.

Переводим систему в автоматический режим и включаем увлажнитель. Для выключения системы необходимо выполнить обратную последовательность. Для избежания замерзания конденсата нужно открыть краны продувания, вывернуть пробки в нижней части конденсатоотводчиков и спустить конденсат.

Осмотр ССККВ производится при смене вахт на судне. При проверке вентилятора проверяют температуру подшипников и его смазку, а один раз в год его полный осмотр и чистка. Если наблюдается повышенная вибрация и шум, то следует провести полную диагностику всех элементов вентилятора.

Необходимо ежедневно проверять температуру и относительную влажность воздуха на входе в кондиционер и на выходе из него, температуру воздуха, поступающего в помещения, и температуры в помещениях.

При помощи тягонапоромета производится проверка на загрязнение воздушных фильтров, но при отсутствии прибора проверка осуществляется при визуальном осмотре не реже одного раза в месяц. Если фильтр сильно запылен, то необходимо его вынуть и провести очистку. Фильтр из синтетического материала очищают струёй воды, направленную на чистую сторону фильтра, при высокой степени загрязнения следует использовать различные моющие средства и горячую воду. Далее высушиваем фильтры и укладываем в корпус, параллельно проверяя состояния герметизирующих прокладок.

Для очистки масляных фильтров необходимо аккуратно вынуть кассету из корпуса, встряхнуть и тщательно смести грязь. Далее промыть в 10%-ном горячем содовом растворе или одой температурой 70—80°C. Высушиваем и

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

покрываем фильтра маслом и оставляем в вертикальном положении на 12 часов.

Каютный воздухораспределитель необходимо осматривать на наличие пыли на внутренних поверхностях и делать очистку, проверять ход привода.

Ремонт

Современные универсальные суда являются сложным комплексом инженерных сооружений, которые не в равной степени подвержены износу и требуют индивидуальных подходу к их ремонту. Для обеспечения организованности при ремонте ССККВ применяют систему планово – предупредительного ремонта (ППР). По данной системе производится ремонт и осмотр при нормальной работе системы и в соответствии с положением о ремонте судов.

Система ППР включает:

1. Подготовка к ремонту, а именно сбор необходимой технической документации, определение объёма работ, подготовка необходимых материалов и т.д. Объём работы оценивается в процессе осмотра всей системы и составлению типовой ремонтной ведомости. Далее судовладелец приводит судно в состояние, необходимого для безопасного ремонта в соответствии с требованиями правил пожарной безопасности на судах.

2. Непосредственный ремонт с соблюдением положения о ремонте ССККВ и договором на ремонт.

Непрерывная система технического обслуживания (НСТО) форма ремонта необходима для внедрения новых технологий, позволяющие увеличить продолжительность работы системы при минимальных материальных затратах. Её проводят на базах технического обслуживания, находящиеся в различных морских портах.

Согласно положению о ремонте различных систем на судне, в том числе и ССККВ, выделяют:

- ремонт по системе ППР;
- гарантийный;
- внеплановый ремонт.

Согласно ГОСТ 18322 – 78 система ППР включает несколько классов ремонта: текущий, средний, капитальный и аварийный. Разберем каждый вид ремонта.

1. Текущий ремонт состоит из периодического ремонта от ежегодного до еженедельного для поддержания элементов ССКВ в исправном состоянии. Это может быть устранение различных неплотностей и мелких повреждений путем осмотра и разбору элементов системы силами судовладельца.
2. Средний ремонт характерен большим объёмом работ и предназначен для восстановления технического состояния элемента до очередного ремонта. Производится на судоремонтных заводах.
3. Капитальный ремонт характеризуется доскональным ремонтом всей ССКВ, характеристики которого, после ремонта, должны быть схожи с новой системой. При капитальном ремонте производится замена деталей на следующий ремонтный размер. Средства на данный тип работы берутся из амортизационных отчислений.
4. Аварийный ремонт необходим при вынужденном отклонении по временному графику ремонта или аварии, связанным с выходом из строя элемента ССКВ.

Ремонт может быть индивидуальным и узловым. При индивидуальном методе ремонтная бригада производит разбор оборудования на составляющие узлы и после на детали, что занимает продолжительное время ремонта. При узловом методе ремонт оборудования осуществляется заменой составляющий его узлов. Неисправные узлы отправляются в ремонт и после ставят на другие машины. Это значительно ускоряет ремонтные работы и снижает их стоимость.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>83</i>

7 Безопасность и экологичность проекта

7.1 Анализ установленного оборудования для определения опасных и вредных производственных факторов.

Согласно ГОСТ 12.0.003-91 различают следующие вредные факторы:

- физически опасные и вредные факторы. В при работе с ССККВ это могут быть: движущиеся элементы в центральном кондиционере, высокий уровень шума и вибрации от электровентилятора и высокоскоростного потока воздуха в воздуховодах, повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования. На рабочем месте различают: повышенную или пониженную влажность воздуха в каюте, повышенную запыленность и загазованность воздуха, высокий уровень шума в каюте от работы ССККВ, повышенное напряжение в электрической цепи, высокая или низкая освещенность рабочей зоны и его расположение относительно технических помещений.
- психофизиологические опасным и вредные факторы – физические перегрузки, связанные с нарушением параметров микроклимата и нервно-психологически перегрузки.
- биологически опасные и вредные факторы – различные патогенные микроорганизмы.
- химически опасные и вредные факторы. В системах ССККВ возможна утечка холодильного агента при работе системы кондиционирования. ССККВ использует в качестве хладагента R407C. Он имеет нулевой потенциал разрушения озона $ODP=0$ и низкий потенциал глобального потепления $HGWP=0,45$; $GWP=1890$. Представляет собой тройную зеотропную смесь:
 - R32 для увеличения производительности
 - R125 для предотвращения возгорания
 - R134a для контроля рабочего давления

Хладагент R32 (CF_3H) – горючий газ с температурой самовоспламенения $504^{\circ}C$. Оказывает слабое коррозионное действие при температуре до $1500C$ на металлы: Ст 3, 20X13, 08X18Г8Н2Т, 12X18Н10Т, никелевый сплав ХН78Т, алюминий АД0М, АД1, алюминиевые сплавы Д16, АМц, титан ВТ1. Экологические характеристики: $ODP=0$; $HGWP=5,7$; $GWP=12100$. Класс опасности 4.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Хладагент R125 (CHF_2CF_3) – бесцветный негорючий газ. Экологические характеристики: $\text{ODP}=0$; $\text{HGWP}=0,84$; $\text{GWP}=3200$, $\text{ПДК}_{\text{p.з.}}=1000\text{мг/м}^3$. Класс опасности 4. При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов.

Хладагент R134a (CF_3CFH_2) – бесцветный негорючий газ с температурой кипения $-29\text{ }^\circ\text{C}$. Экологические характеристики $\text{ODP}=0$; $\text{HGWP}=0,28$; $\text{GWP}=1300$. Класс опасности 4.

При вдыхании малого количества хладагента R407C с воздухом на протяжении 12 часов негативного влияния на здоровье человека не будет, но при больших концентрация приводит к угнетению деятельности нервной и сердечно сосудистой систем.

Для рабочего места характерны следующие вредные химические факторы, которые делятся на четыре класса и зависят от вида перевозимого груза или работоспособности оборудования:

1 класс – чрезвычайно опасные (свинец, ртуть и др.)

2 класс – высокоопасные (щелочи, кислоты и др.)

3 класс – уверенно опасные (камфара, чай и др.)

4 класс – малоопасные (аммиак, ацетон и др.)

7.2 Производственная санитария

Производственная санитария – комплекс организационных, гигиенических и санитарно – технических мероприятий для предотвращения вредных воздействий на человека (ССБТ. ГОСТ 12.0.002.).

На микроклимат в каюте морского судна предъявляются высокие требования комфорта. Согласно ГОСТ 12.1.005 – 88 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно – гигиенические требования» необходимо принять следующие параметры микроклимата в соответствии с категорией тяжести труда и местом работы:

Теплый период года:

$$t_{\text{в.т.}}=18 - 27^\circ\text{C}$$

$$\varphi_{\text{в.т.}}=55 - 75\%$$

Холодный период года:

$$t_{\text{в.х.}}=15 - 23^\circ\text{C}$$

$$\varphi_{\text{в.х.}}=15 - 75\%.$$

В данной ССККВ скорость потока воздуха 25 – 30 м/с, что приводит к возникновению шума и вибрации в системе вентиляции, мешающей нормальной работе человека. К источникам шума и вибрации в системах вентиляции и кондиционирования воздуха являются, компрессоры холодильных установок и электродвигатель центрального кондиционера. Кроме того, шум и вибрация образуются при движении воздуха в воздуховодах. Допустимый уровень шума в жилых помещениях регламентируются согласно ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.24/2.1.8.562-96. Для снижения уровня шума применяются:

- пластинчатый шумоглушитель приточной установки,
- подсоединение к воздухораспределительным устройствам различные шумоглушительные элементы.

Поскольку электровентилятор имеет высокие обороты (3000 об/мин), то возможно появление вибрации. Для снижения вибрации используют на виброгасящее основание. Между вентилятором и воздуховодами устанавливают гибкие вставки. Все это позволяет снизить вибрацию на высоких и низких частотах.

Освещение относится к одному из основных внешних факторов, постоянно воздействующих на человека в процессе труда. В вентиляционной камере предусмотрено рабочее и дежурное освещение, но естественное освещение отсутствует. Искусственное освещение создается светильниками, освещенность $E = 200$ л.к.

Запыленность должна не превышать 2 мг/м^3 .

7.3 Техника безопасности при монтаже оборудования

Для выполнения монтажных и ремонтных работ необходимо соблюдать требования СНиП III – 4 – 80 «Техника безопасности в строительстве».

К монтажу оборудования и трубопроводов разрешается приступать только после того, как монтажная организация получит утверждённый проект производства работ. Для монтажа оборудования допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и имеющие документ об окончании специального учебного заведения.

Допущенный к работе персонал должен быть проинструктирован об опасных последствиях повреждения элементов систем кондиционирования, о недопустимости использования оборудования и труб в качестве опор для

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

рабочих площадок, лестниц и средств подъема материалов и о запрещении курения в помещениях.

Трубопроводы должны монтироваться на специальных опорах или подвесках, которые должны быть рассчитаны на определенную массу трубопровода, массу хладагента и тепловой изоляции, принятых с коэффициентом запаса 1,2.

7.4 Противопожарные мероприятия

Пожарная безопасность - это состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара.

Пожар в системе вентиляции и кондиционирования может возникнуть при неправильной эксплуатации элементов системы.

По воздуховодам могут перемещаться горючие вещества и пыль, которые при наличии теплового источника могут загораться, что приведет к пожару по системе вентиляции и кондиционирования воздуха и далее по всему судну. Концентрация пыли и других веществ в воздуховодах местных вытяжных систем не должна превышать 50%. Источником воспламенения при этом может быть искрение от вентилятора, статическое электричество, самовозгорание пыли и других источников возгорания.

Так же стоит соблюдать основные правила пожарной безопасности на судне. Перед началом работы на судне необходимо провести противопожарный инструктаж всей команды. Пользоваться исправными выключателями, розетками, вилками, патронами и другой электроарматурой. Не оставлять без присмотра включенное оборудование и электроприборы, отключать электрическое освещение (кроме аварийного) по окончании работы. Курить только в специально отведенных и оборудованных местах. При использовании в работе горючих и легковоспламеняющихся веществ убирать их в безопасное в пожарном отношении место. Не оставлять использованный обтирочный материал в помещении по окончании работы. Соблюдать действующие Правила пожарной безопасности. При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) необходимо: прекратить работу и отключить систему в электрораспределительной каюте. Далее найти источник возгорания и использовать ручной огнетушитель ОУ – 5 или химический пенный огнетушитель ОХП – 10.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

В холодильной системе в качестве хладагента в основном используется фреон-R470с. Согласно требованиям Монреальского протокола (1987г.) этот хладагент относится к разряду соединений, не имеющих экологическую опасность. В процессе эксплуатации рекомендуется не допускать утечек, а при их образовании принять меры к устранению. Выброс фреона 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. Второй основной причиной загрязнения окружающей среды является загрязнение маслом. 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. Отработанное масло должно идти на регенерацию, а затем на последующее повторное использование в качестве добавок (до 30%) к новому маслу.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>88</i>

8 Экономические показатели проекта

В качестве местной системы кондиционирования рассмотрим 2 варианта:

1. Система кондиционирования с ВДВЭ
2. Система кондиционирования без дополнительной обработки воздуха в ВДВЭ.

Задачей является сравнение двух предложенных вариантов по приведенным затратам. Вариант, у которого приведенные затраты будут минимальны, считается наилучшим.

1. Годовая потребность в холоде.

$$Q_{\Gamma} = Q_0 \cdot \tau \text{ [кВт]}, \quad (8.1)$$

Q_0 – общая потребность в холоде, кВт,

$$Q_0 = 133 \text{ кВт} = 133 \cdot 3600 = 478800 \text{ кВт};$$

τ – часы работы компрессора в год,

Холодильная машина работает 6 месяцев (130 дней) по 12 часов в сутки,
 $\tau=1560$ часов;

$$Q_{\Gamma.1B} = 478800 \cdot 1560 = 747 \text{ МВт};$$

$$Q_{\Gamma.2B} = 478800 \cdot 1560 = 747 \text{ МВт}.$$

2. Капитальные затраты.

Капитальные затраты на внедрение ССККВ воздуха включают:

$$K = C_{\text{обор}} + C_{\text{дост}} + C_{\text{монт}} \text{ [руб.]}, \quad (8.2)$$

$C_{\text{обор}}$, $C_{\text{дост}}$, $C_{\text{монт}}$, – стоимость за оборудование, доставку, монтаж.

2.1 Стоимость оборудования:

$$C_{\text{обор}} = C_{\text{осн. об}} + C_{\text{комп}}, \quad (8.3)$$

$C_{\text{осн. об}}$ – стоимость основного оборудования;

$C_{\text{ком}}$ – стоимость комплектующих к системе кондиционирования;

$$C_{\text{обор1}} = C_{\text{осн. об1}} + C_{\text{комп1}} = 800\,000 + 2\,700\,000 = 3\,500\,000 \text{ руб.}$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

$$C_{\text{обор}2} = C_{\text{осн. об}2} + C_{\text{комп}2} = 1\,800\,000 + 2\,000\,000 = 3\,800\,000 \text{ руб.}$$

2.2 Стоимость доставки (5% от стоимости оборудования):

$$C_{\text{дост}1} = 0,05 \cdot C_{\text{обор}1} = 0,05 \cdot 3\,500\,000 = 175\,000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{дост}2} = 0,05 \cdot C_{\text{обор}2} = 0,05 \cdot 3\,800\,000 = 190\,000 \text{ руб.}$$

2.3 Стоимость монтажных и пусконаладочных работ:

$$C_{\text{монт}1} = 0,1 \cdot C_{\text{обор}1} = 0,1 \cdot 3\,500\,000 = 350\,000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{монт}2} = 0,25 \cdot C_{\text{обор}2} = 0,25 \cdot 3\,800\,000 = 950\,000 \text{ руб.}$$

Коэффициент 0,1 для первого варианта, обусловлен установкой воздуховодов меньшего диаметра и меньшей длины коммуникаций.

$$K_1 = 3\,500\,000 + 175\,000 + 350\,000 = 4\,025\,000 \text{ руб.}$$

$$K_2 = 3\,800\,000 + 190\,000 + 950\,000 = 4\,940\,000 \text{ руб.}$$

3. Удельные капитальные затраты:

Определяются отношением их общей величины на годовой объем производства холода.

$$K_y = K / Q_r \text{ [руб/кВт]}, \quad (8.4)$$

$$K_{y1} = 4\,025\,000 / 747 = 5\,400 \text{ руб/ МВт};$$

$$K_{y2} = 4\,940\,000 / 747 = 6600 \text{ руб/ МВт.}$$

4. Расчет себестоимости продукции

Расчет холодильных затрат ведется по следующим статьям затрат:

- электроэнергия;
- затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

4.1 Затраты на электроэнергию.

Расход электроэнергии, кВт:

$$P_э = N_э \cdot b, \quad (8.5)$$

$N_э$ – установочная мощность электродвигателя, кВт;

b – коэффициент использования мощности электродвигателя;

$$P_{э1} = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кВт};$$

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

$$P_{э2} = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в год, руб:

$$Z_э = P_э \cdot T_э \cdot n \cdot 130, \quad (8.6)$$

$T_э$ – стоимость 1 кВт · час электроэнергии (2,5 руб.);

n – часы работы системы;

130 – число рабочих дней;

$$Z_{э1} = 5,6 \cdot 2,5 \cdot 12 \cdot 130 = 21\,840 \text{ руб.}$$

$$Z_{э2} = 3,2 \cdot 2,5 \cdot 12 \cdot 130 = 12\,480 \text{ руб.}$$

4.2 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования в год, руб:

$$Z_{\text{сод}} = \frac{K \cdot A + C_{\text{обор}} \cdot H_{\text{рем}}}{100}, \quad (8.7)$$

K – капитальные затраты (стоимость оборудования с учетом затрат на доставку и монтаж), руб.;

A – амортизационные отчисления, руб., зависит от срока полезного использования оборудования (принимается 10 лет), A 10%;

$H_{\text{рем}}$ – норма расходов на содержание и текущий ремонт (10% от стоимости оборудования).

$$Z_{\text{сод1}} = \frac{4025000 \cdot 10 + 3500000 \cdot 10}{100} = 752\,500 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{сод2}} = \frac{4940000 \cdot 10 + 3800000 \cdot 10}{100} = 874\,000 \text{ руб.}$$

4.3 Общая себестоимость продукции, руб:

$$C = Z_э + Z_{\text{сод}}; \quad (8.8)$$

$$C_1 = Z_{э1} + Z_{\text{сод1}} = 21\,840 + 752\,500 = 774\,340 \text{ руб.}$$

$$C_2 = Z_{э2} + Z_{\text{сод2}} = 12\,480 + 874\,000 = 886\,480 \text{ руб.}$$

5. Расчет финансовых результатов.

5.1 Расчет приведенных затрат, руб:

$$П = C + E \cdot K, \quad (8.9)$$

					. ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

E – нормативный коэффициент эффективности (принимаем 0,5);

$$\Pi_1 = 774\,340 + 0,5 \cdot 4\,025\,000 = 2\,786\,840 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 886\,480 + 0,5 \cdot 4\,940\,000 = 3\,356\,480 \text{ руб.}$$

5.2 Расчет годового экономического эффекта, руб:

$$\Delta\Pi = \Pi_1 - \Pi_2, \quad (8.10)$$

$$\Delta\Pi = 3\,356\,480 - 2\,786\,840 = 569\,640 \text{ руб.}$$

Полученные результаты заносим в таблицу 6.6.1.

Таблица 10. Итоговые показатели.

Показатели	Ед. изм.	Сравниваемые варианты систем		Отклонение (+/-)
		С ВДВЭ	Без ВДВЭ	
1	2	3	4	5
1.Холодопроизводительность системы	кВт	110	140	-
2.Годовая потребность в холоде	МВт	747	747	-
3.Капитальные затраты	руб.	4 025 000	4 940 000	- 915 000
4.Годовые затраты на электроэнергию	руб.	21 840	12 480	9360
5. Годовые затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	руб.	752 500	874 000	- 121 500
6.Приведенные затраты	руб.	2 786 840	3 356 480	- 769 640
7.Годовой экономический эффект	руб.	- 769 640		

Вывод:

Рассмотрев и проанализировав два варианта, можно сделать вывод, что вариант 1 является экономически выгодным по капитальным и приведенным затратам, т.е. экономия составляет соответственно 915 000 руб. и 769 640 руб.

Применение ССККВ с ВДВЭ в каютных помещениях целесообразно и выгодно, чем применение ССККВ без ВДВЭ (в основном за счёт стоимости оборудования и монтажа).

					<i>. ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>93</i>

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана одноканальная местно – центральная система кондиционирования воздуха с дополнительной обработкой воздуха путём его нагрева и охлаждения в доводочных воздухораспределителях, которая является оптимальным техническим решением кондиционирования воздуха в каютных помещениях.

Достоинствами данной системы кондиционирования воздуха являются:

- производительность канальных установок по воздуху меньше, т.к. определяется минимально необходимым количеством наружного воздуха;
- лучшие эксплуатационные показатели (расход холода, теплоты и воды на обработку воздуха);
- малые габариты системы;
- простота монтажа;
- возможность индивидуального регулирования параметров микроклимата;
- гибкость системы.

В качестве местной системы кондиционирования воздуха был установлен ВДВЭ, которая соединила в себе многие черты традиционных систем центрального кондиционирования с удобством и легкостью монтажа.

Центральный блок - сравнительно небольшой агрегат. Его габариты (5130x1200x1000, мм) легко позволяет найти подходящее место для установки внутри судна. Шум и вибрация, за счёт массивного шумоглушителя и специальной судового компенсатора, при работе ЦК практически не заметны.

Малые размеры воздухопроводов позволяют легко проводить монтажные работы, а простота всей системы в целом обеспечивает простое обслуживание и ремонт.

Следовательно, по всем перечисленным причинам, в выборе схемного решения ССКВ для моего дипломного проекта «Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха» я отдаю предпочтение центрально-местной СКВ с ВДВЭ.

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Список используемой литературы

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. «Судовая холодильная техника», - 2000. – 490 с.
2. Ладин Н.В., Абдульманов Х.А. «Судовые рефрижераторные установки», - 1993. – 244 с.
3. Захаров Ю.В., «Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины», - 1972. – 556 с.
4. Швецов Г.М., Ладин Н.В. «Судовые холодильные установки», - 1986. – 229 с.
5. Изотов О.А., Соляков О.В., Бадалов М.А. «Специальные судовые устройства, часть 3», - 2018. – 386 с.
6. Селиверстов В.М. «Расчеты судовых систем кондиционирования воздуха», - 1971. – 260 с.
7. Бронников А.В., «Морские транспортные суда. Основы проектирования», - 1984. – 347 с.
8. Персиянов В.В. «Шумоглушение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию». Москва 1998.
9. Краснов Ю.С. «Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям, наладке». – М.: Термокул 2004.
10. СанПиН 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
11. СанПиН 2.5.2-703-98 «суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания санитарные правила и нормы»

					<i>ТОСЖ 05 00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

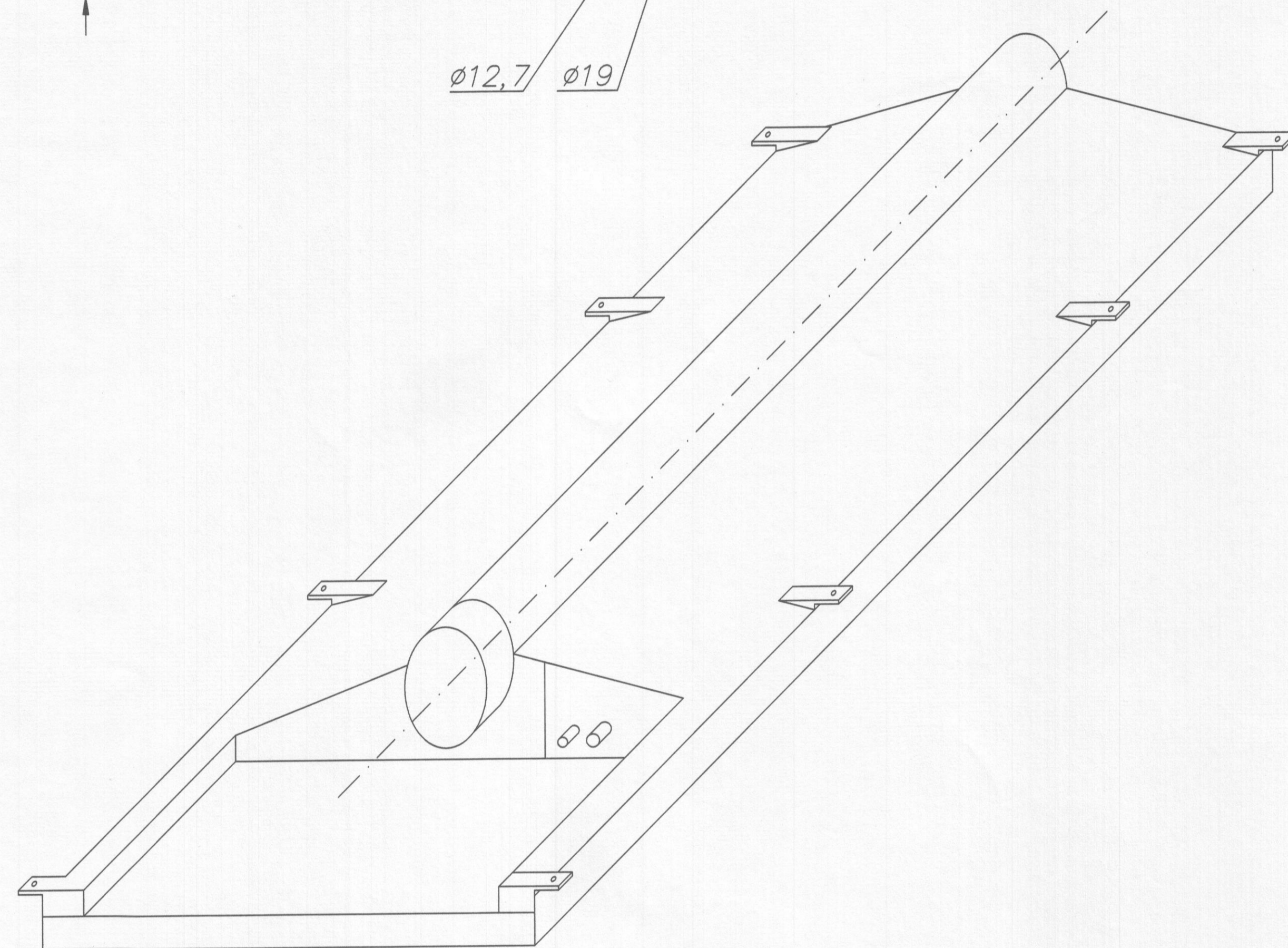
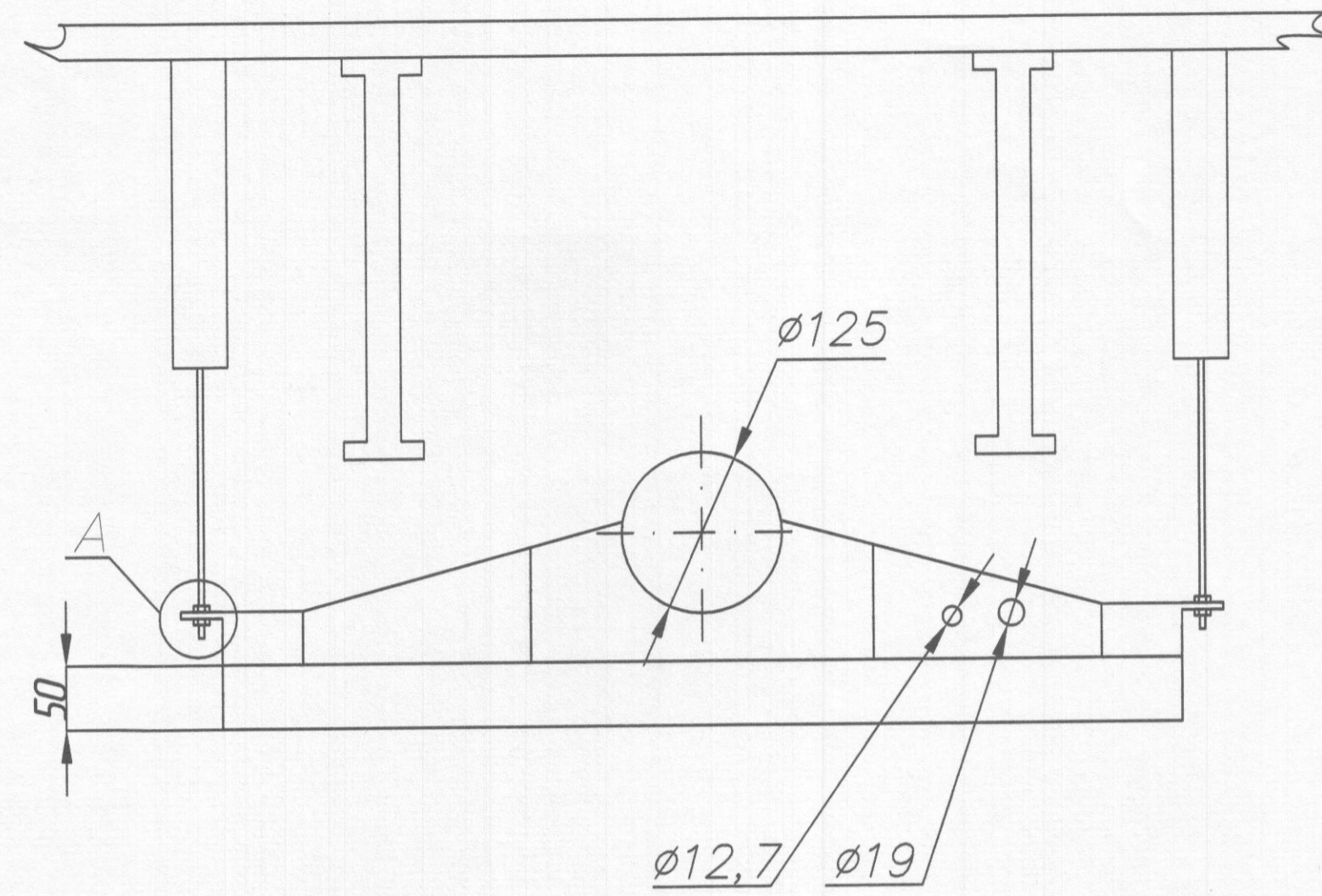
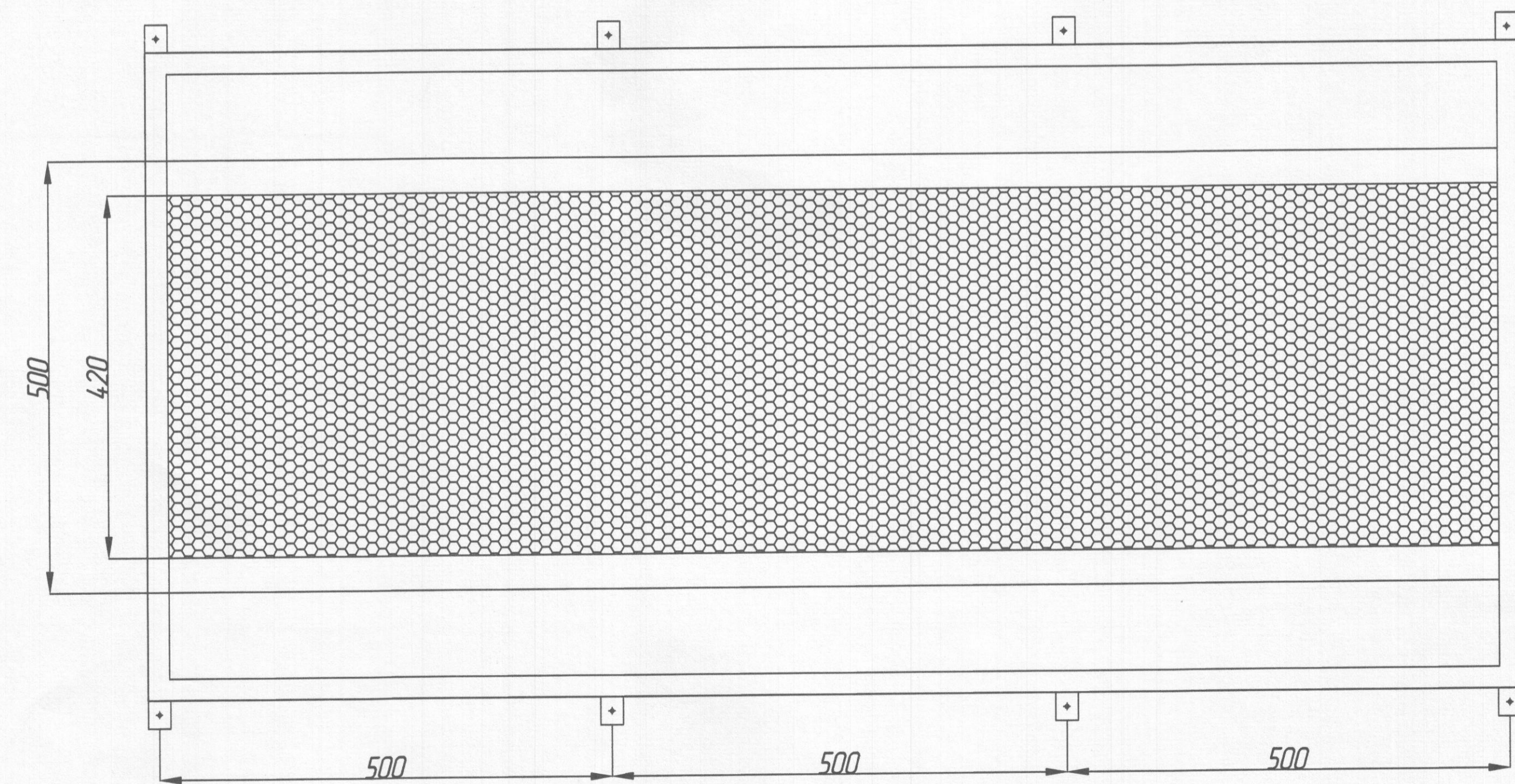
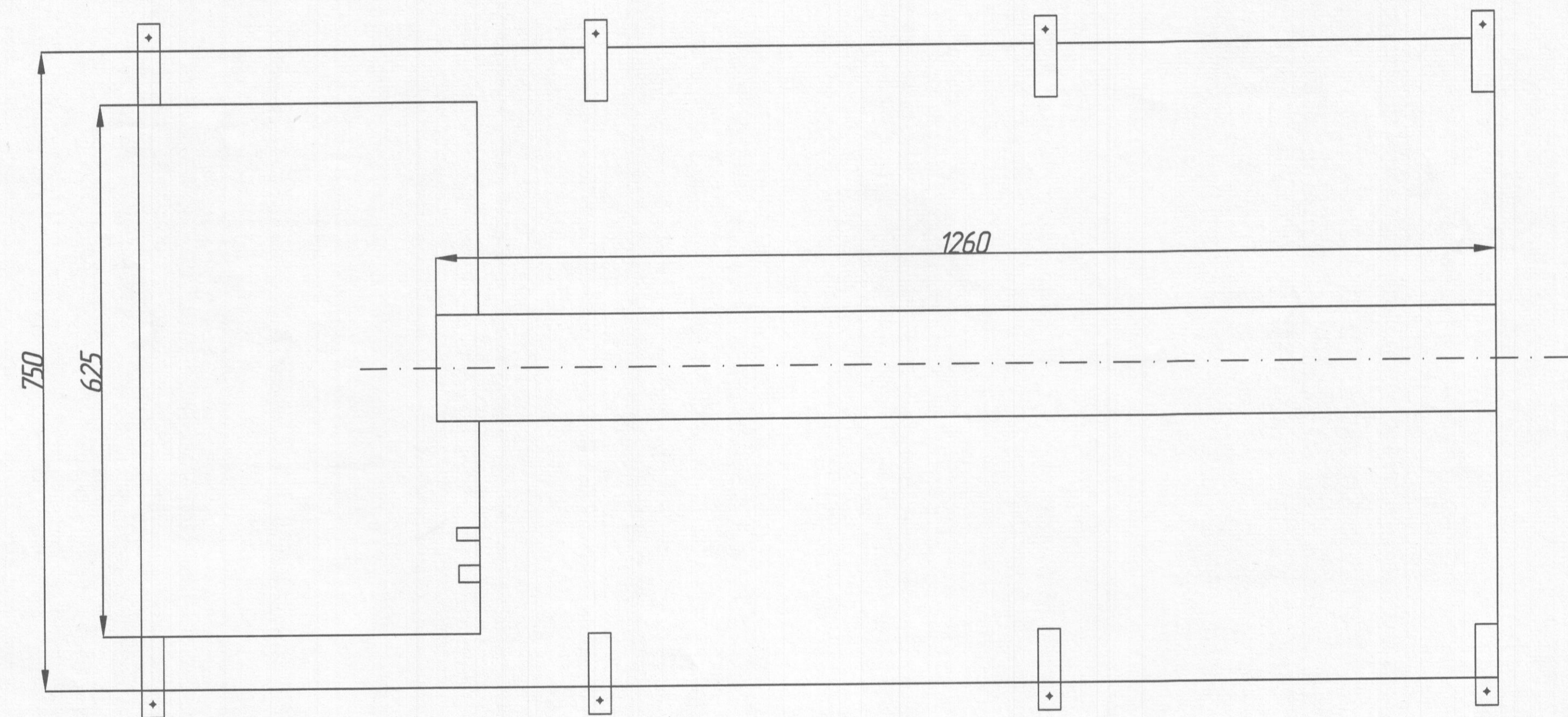
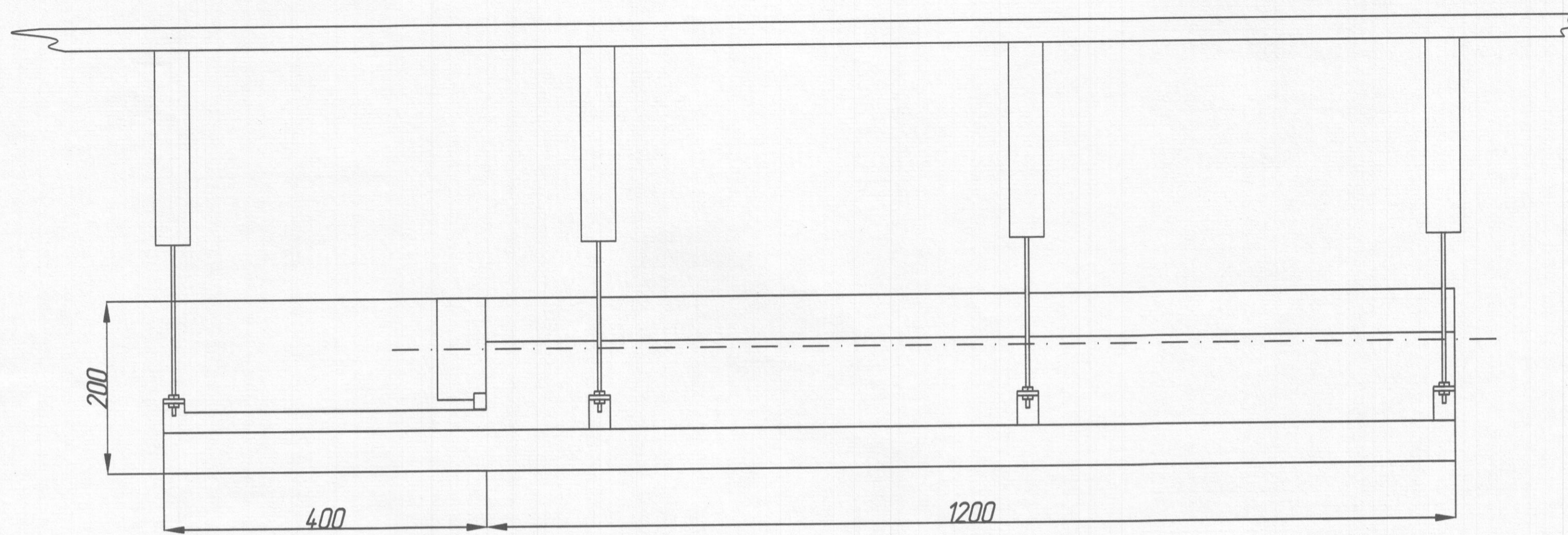
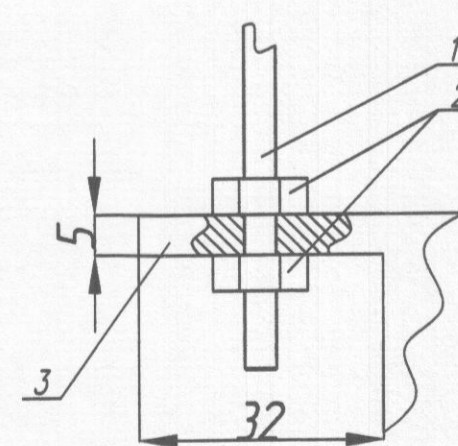


Схема монтажа ВДВЗ.

A (M 1:1)



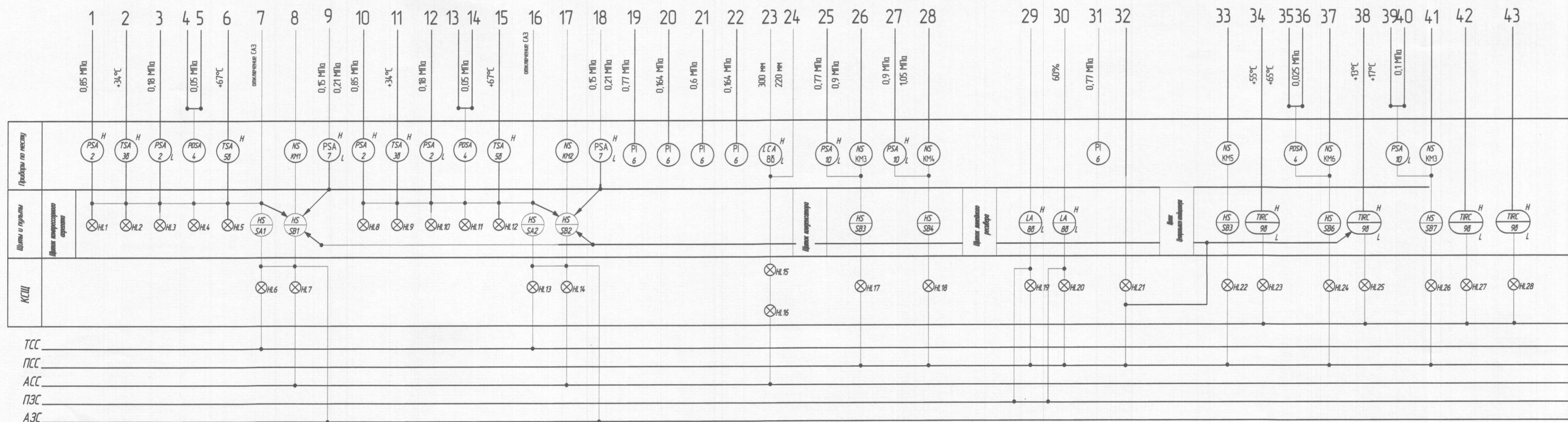
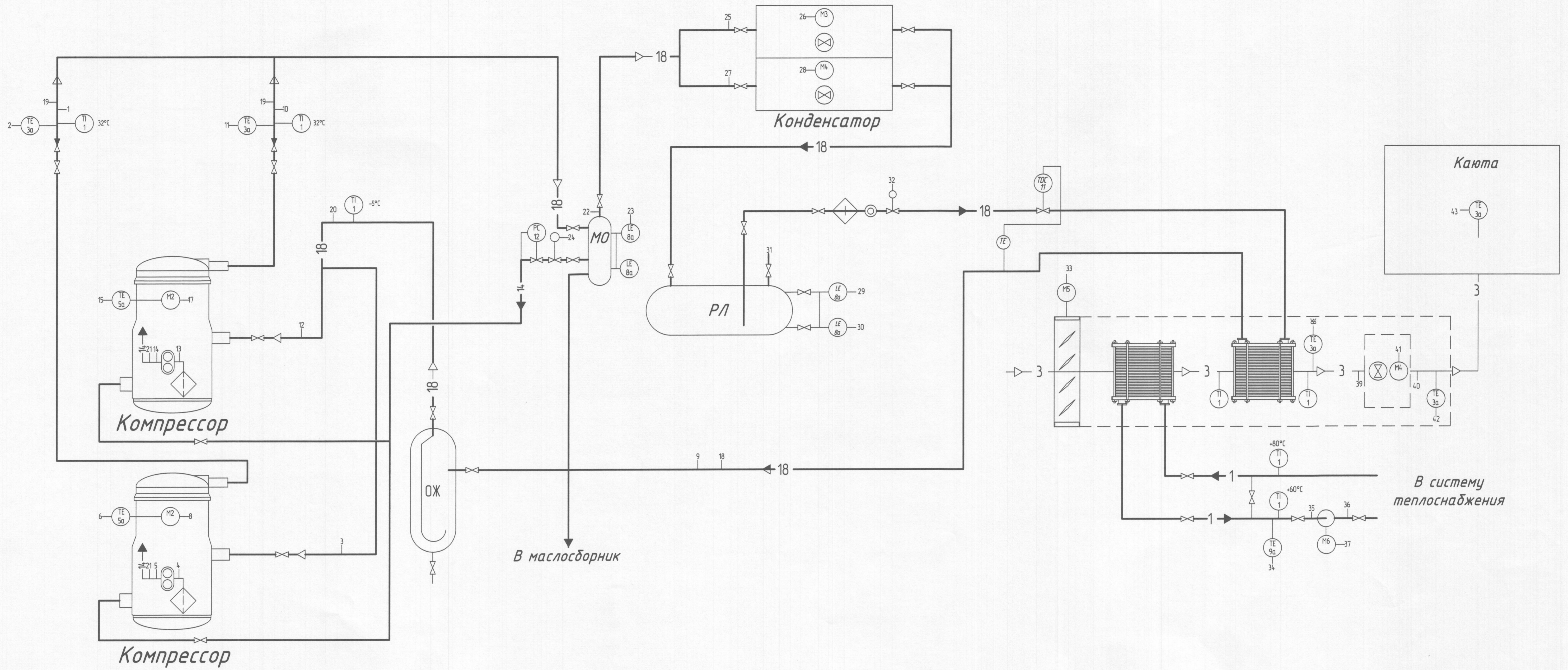
Спецификация составляющих крепления для монтажа компрессора.

Поз	Наименование	Код	Масса ед. кг.	Примечание
1.	Шпилька М8 ГОСТ 7798-70	8		
2.	Гайка М8 ГОСТ 7798-70	16		
3.	Воздухораспределитель ВВ	1		

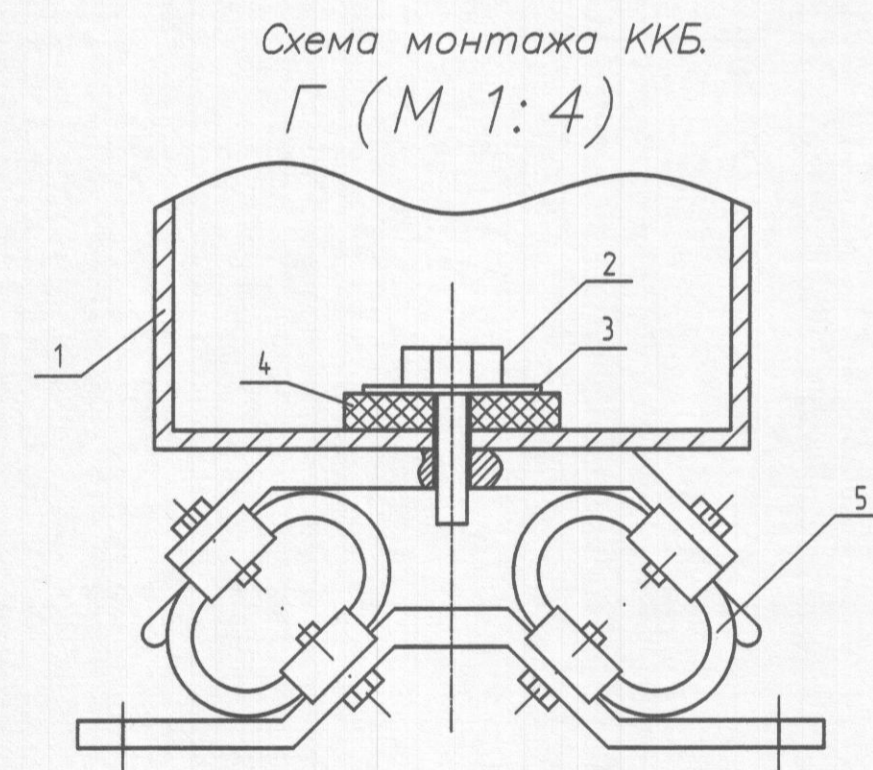
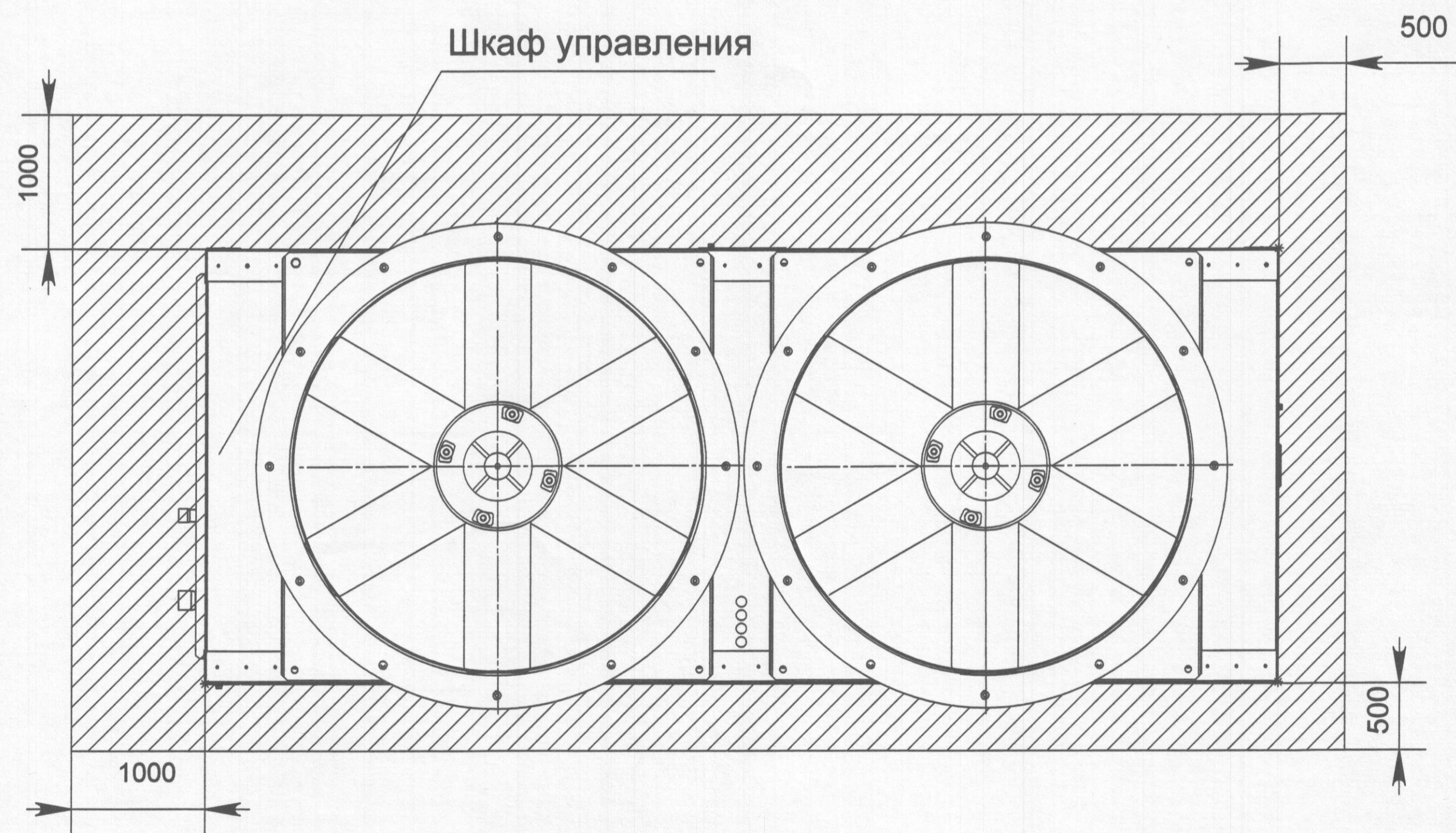
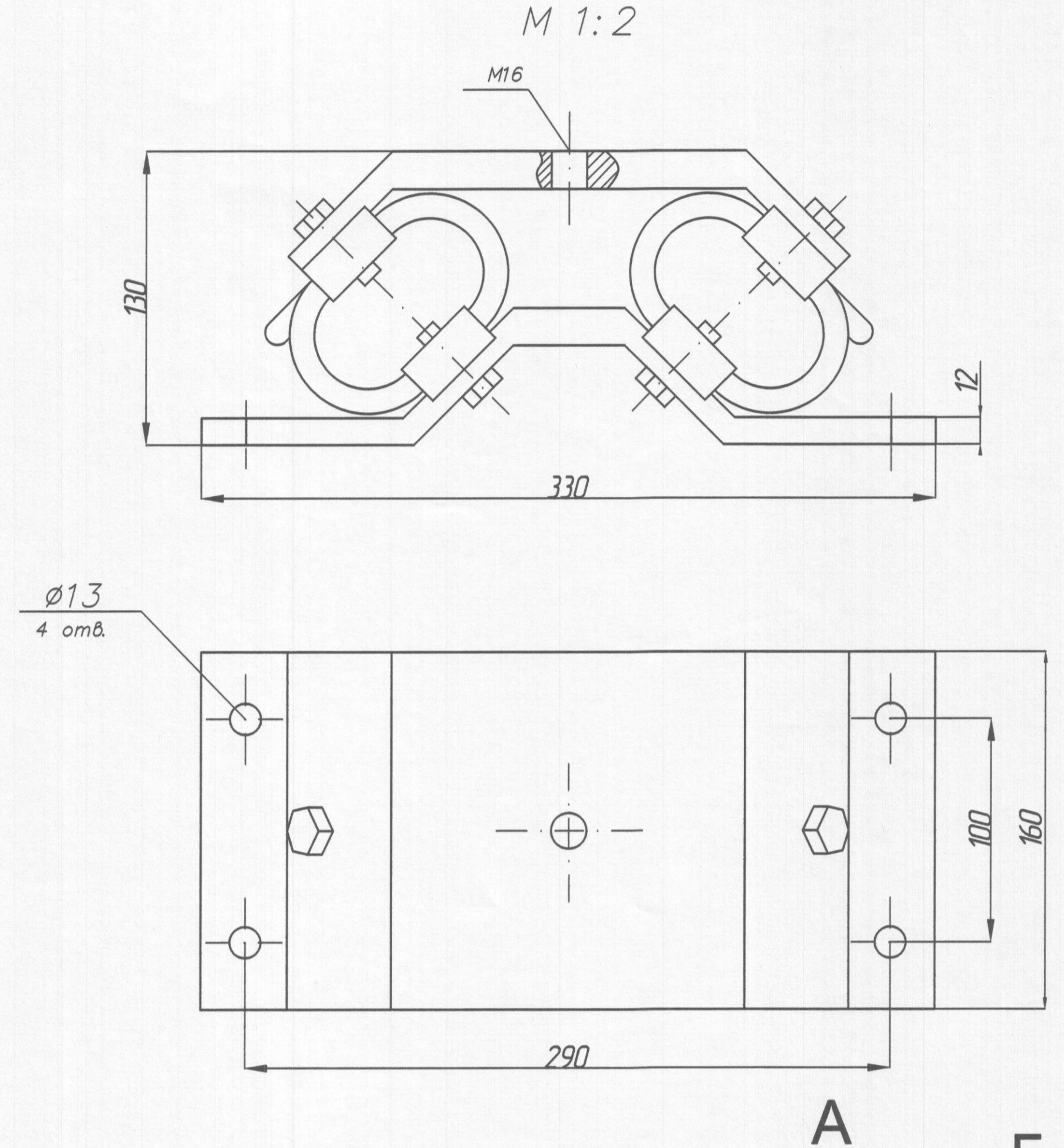
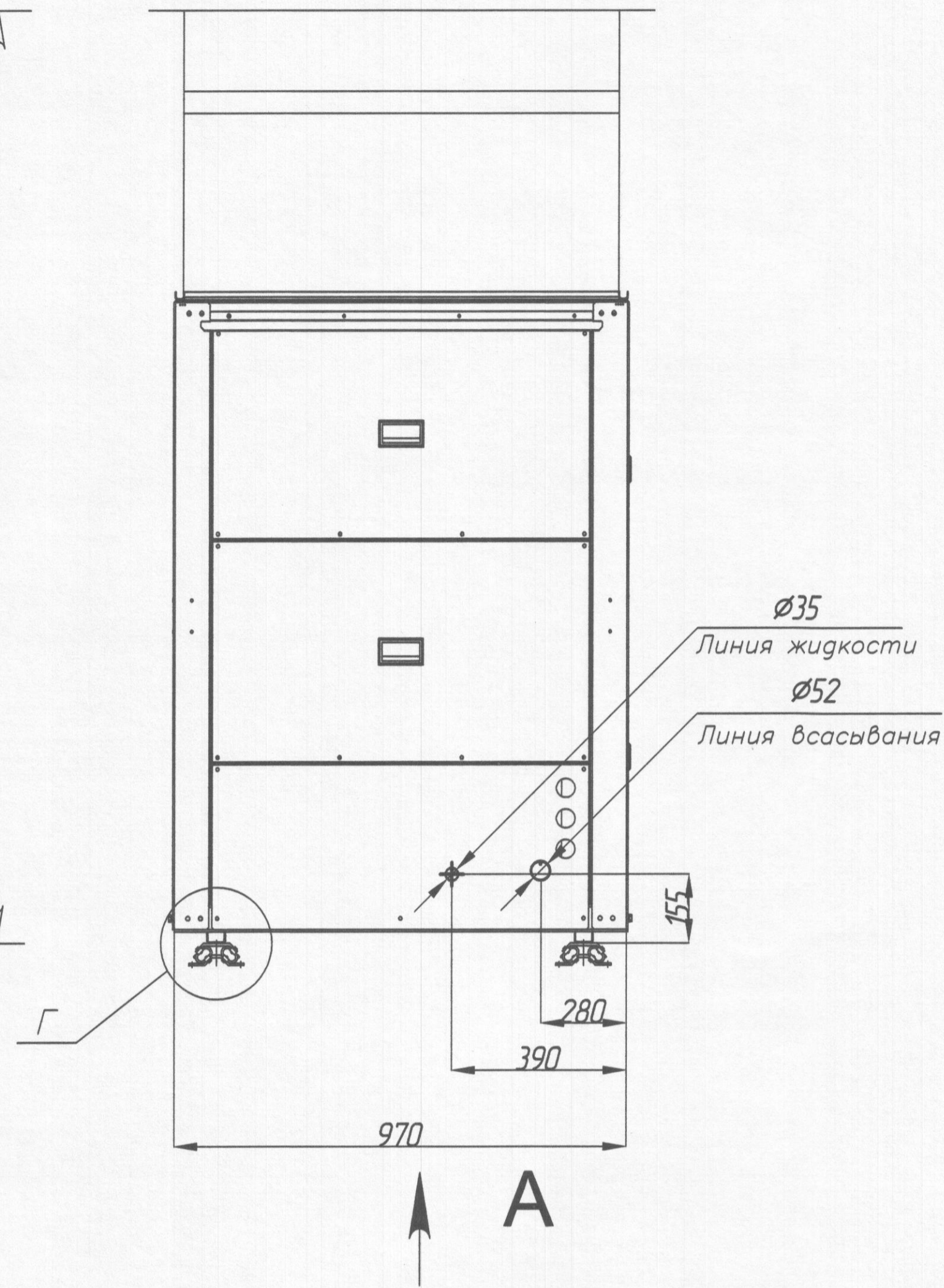
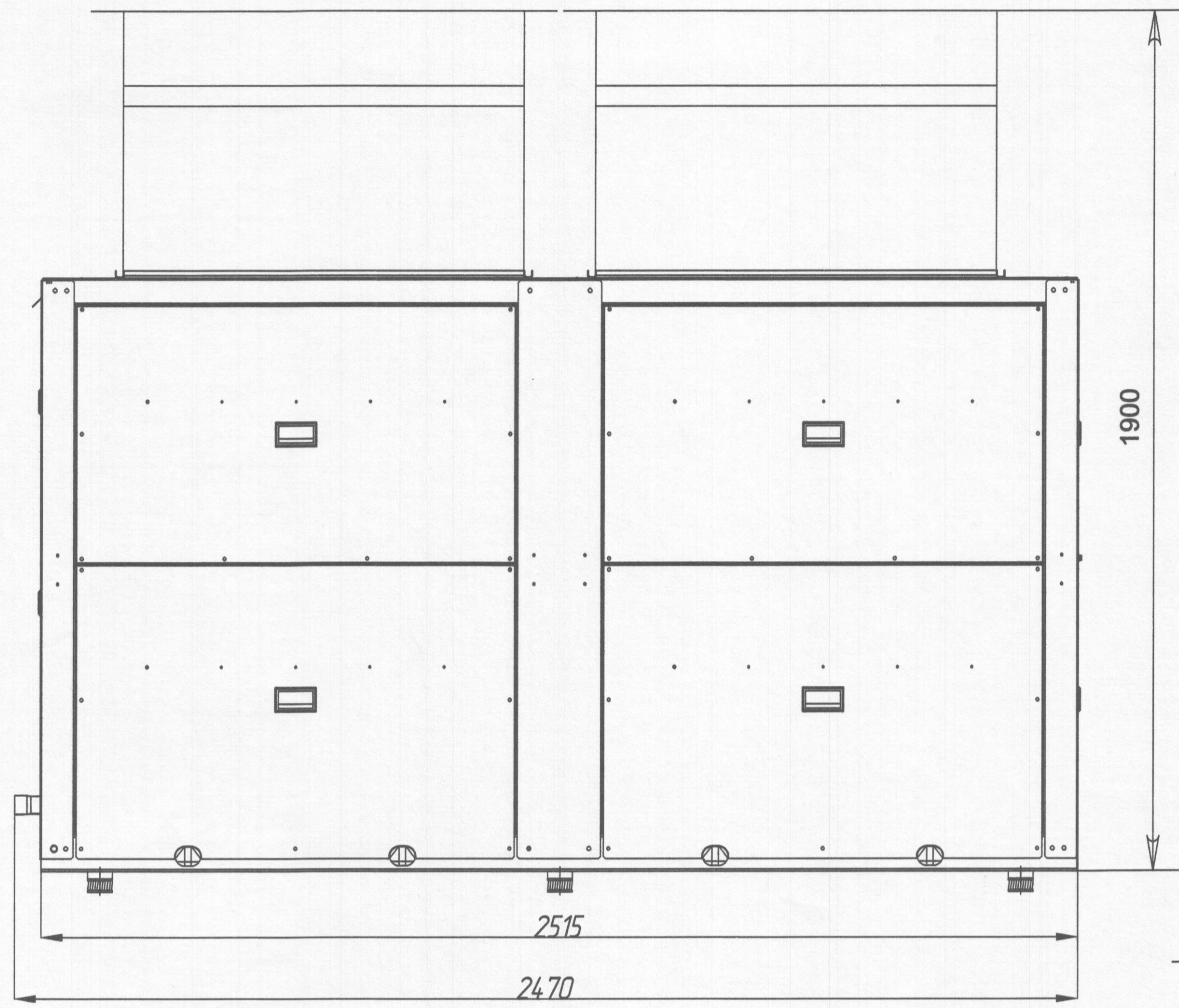
Техническая характеристика воздухораспределителя.

1. Тип воздухораспределителя	ВД ВЗ
2. Холодопроизводительность, кВт	2,6
3. Теплопроизводительность, кВт	3,5
4. Тип теплоносителя	вода
5. Площадь поверхности теплообмена, м ²	0,24
6. Присоединительные размеры труб, дюйм	1/2-3/4
7. Расход воздуха, м ³ /ч	300
8. Масса, кг	20

ТОСЖ 05.00.00.000 МЧ				«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стдия	Лист	Листов	
Разработ	Грузс В.Е.	Грузс			Воздухораспределитель	ДП	5	8
Проверил								
Руковод	Беззаботов В.С.							
Н. контр.	Шенаров М.В.							
Зав.кар.	Глукашн А.В.							
						КудГТУ ТОУСК гр.16-М-СЖ1		



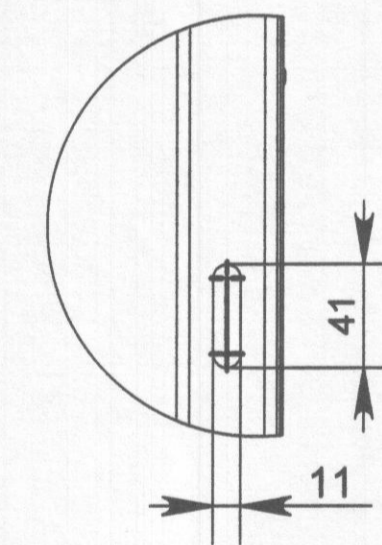
ТОСЖ 05.00.00.000 Т2				«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»		
Имя	Лист	№ Вязки	Подп.	Дата	Холодильная установка на $t_0 = -5^\circ\text{C}$	Статус
Разработчик	Гегус В.Е.	Гегус В.Е.				Лист
Проверил	Беззаботов Д.С.					Лист
Руководитель						Лист
Н. контр.	Шандаров М.В.					КубГТУ ТОИСК
Зад. кар.	Гукасян А.В.					зр. 16-М-СЖ1



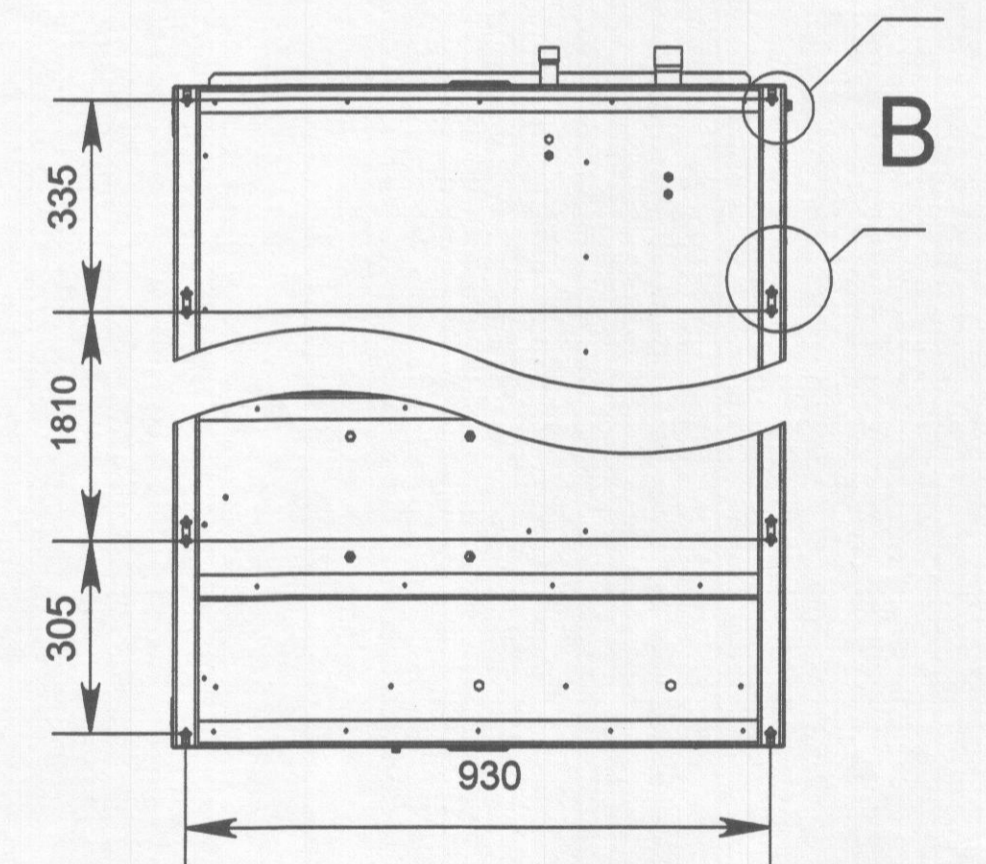
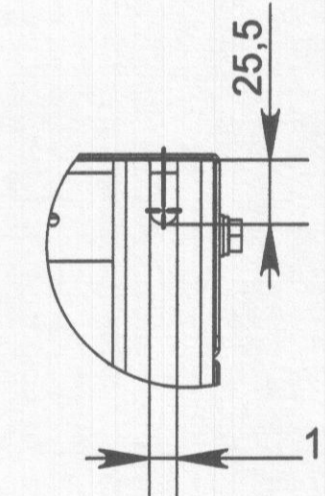
Спецификация составляющих крепления для монтажа ККБ.

Поз	Наименование	Код	Масса ед. кг	Примечание
1.	ККБ	1	5,30	
2.	Болт М12 ГОСТ 7798-70	6		
3.	Шайба 12 ГОСТ 6958-78	6		
4.	Центфер	6		
5.	Компенсатор	6	0,1	

В (M 1:5)



Б (M 1:5)

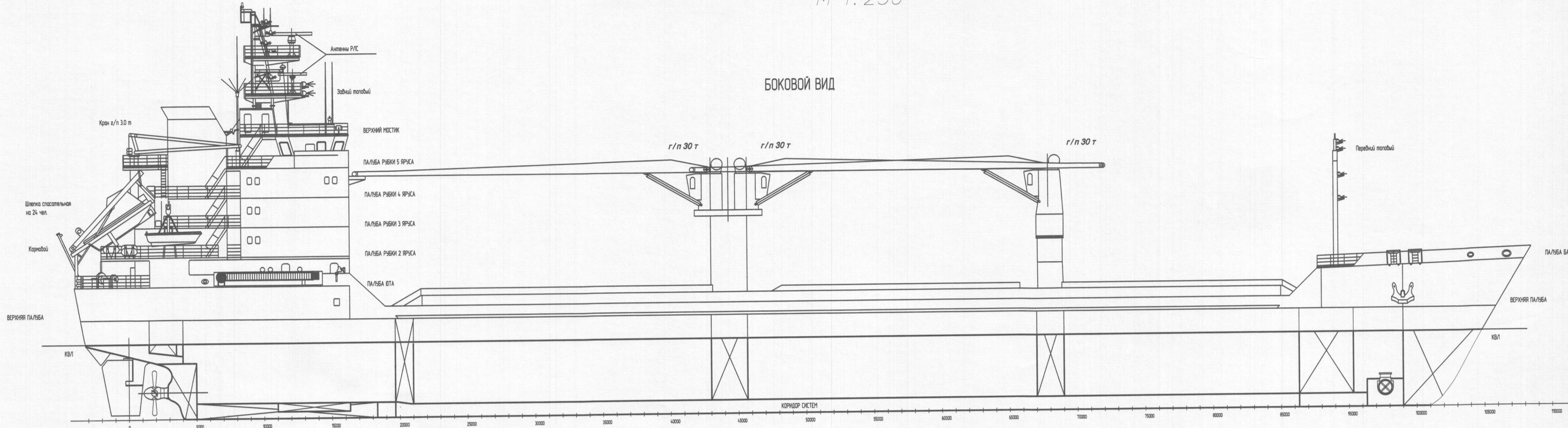


Техническая характеристика компрессорно-конденсаторного блока.

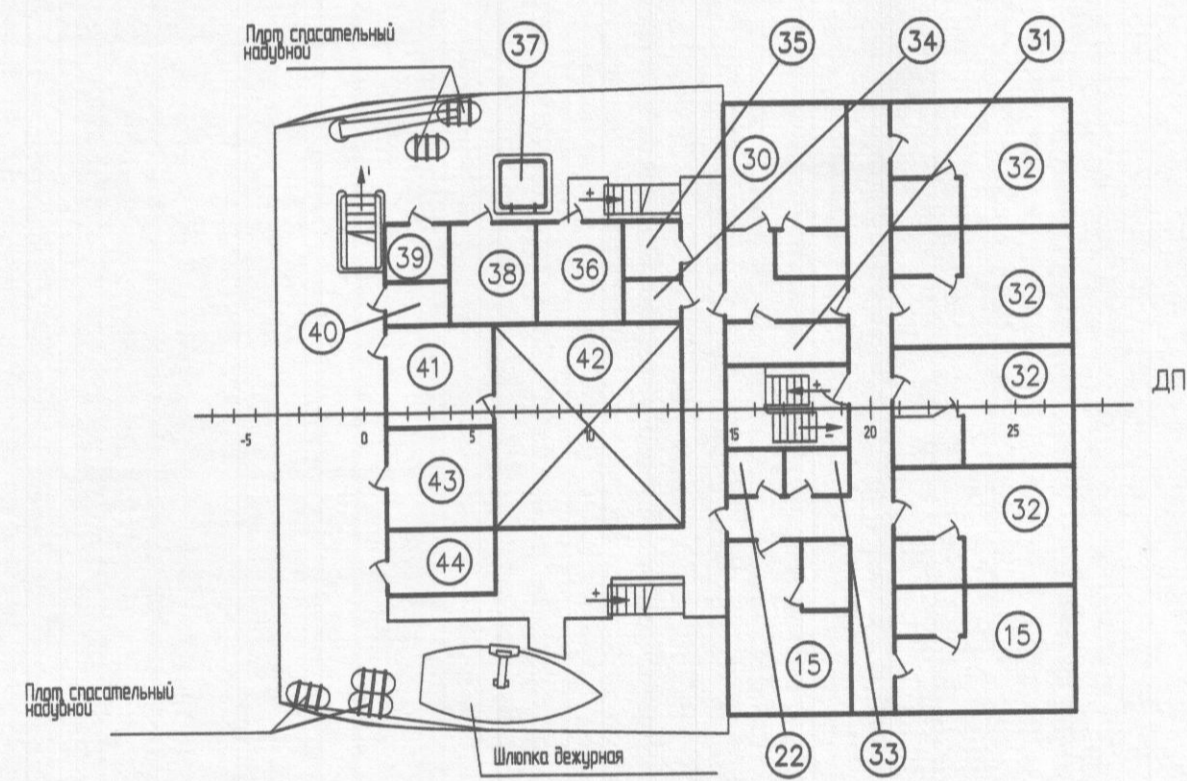
- | | |
|--|-------|
| 1. Холодопроизводительность, кВт | 113 |
| 2. Количество компрессоров, шт | 2 |
| 3. Холодильный агент | R407c |
| 4. Температурный режим, °C | 25 |
| 5. Максимальная потребляемая мощность, кВт | 38,1 |
| 6. Масса, кг | 530 |

ТОСЖ 05.00.00.000 МЧ				«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»			
Изм	Лист	ИР докум	Лист	Дата	Станд	Лист	Листов
		Герус В.Е.	2		ДП	2	8
Холодильная установка на $t_0 = -5^\circ\text{C}$					КудгТУ КТОиСЖ зр.16-М-СЖ1		
Н. контр.	Шкаферов М.В.	Зад. кон.	Гукасов А.В.				

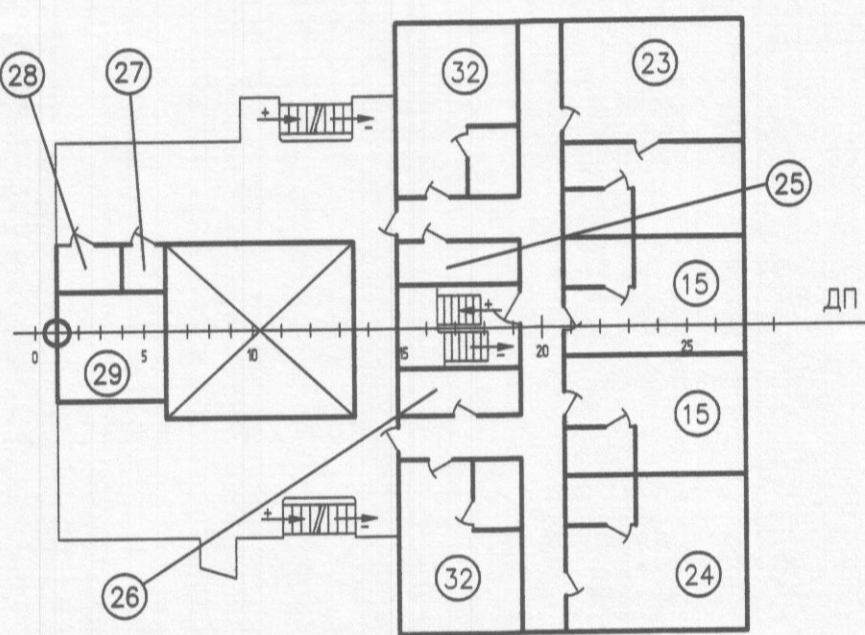
БОКОВОЙ ВИД



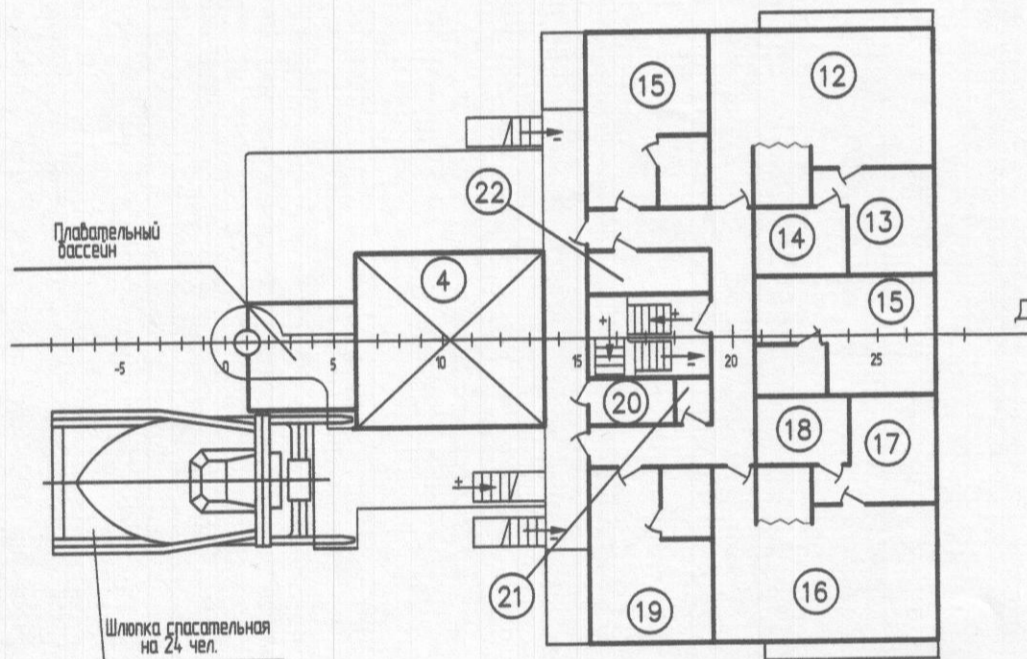
ПАЛУБА РУБКИ 2 ЯРСА



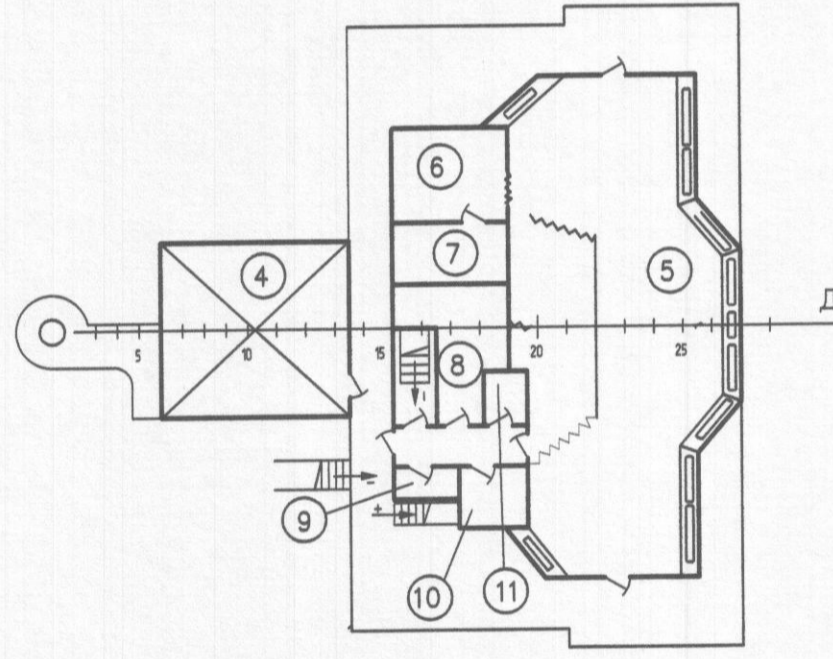
ПАЛУБА РУБКИ 3 ЯРСА



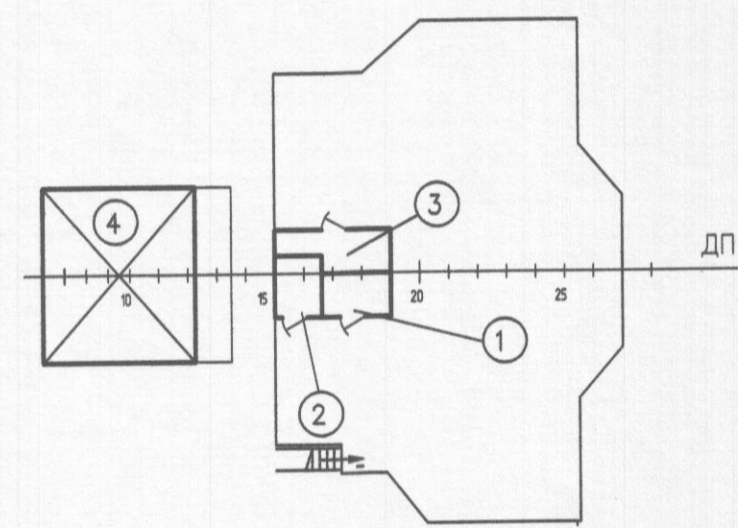
ПАЛУБА РУБКИ 4 ЯРСА



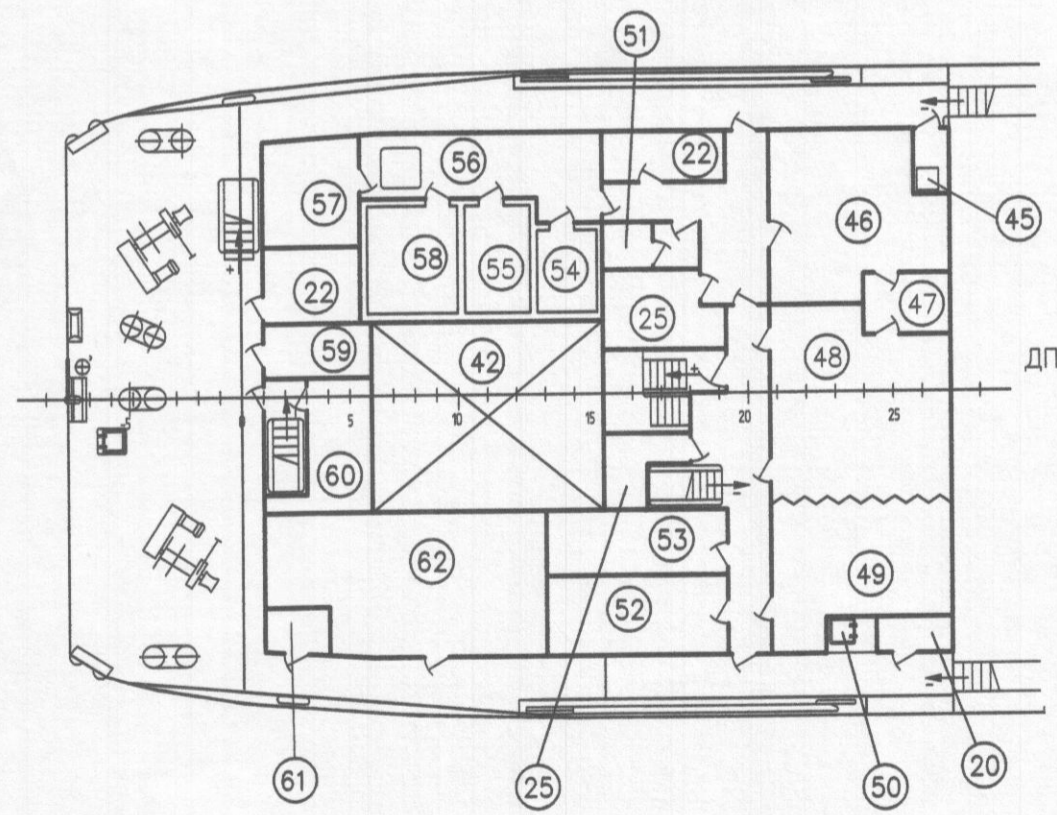
ПАЛУБА РУБКИ 5 ЯРСА



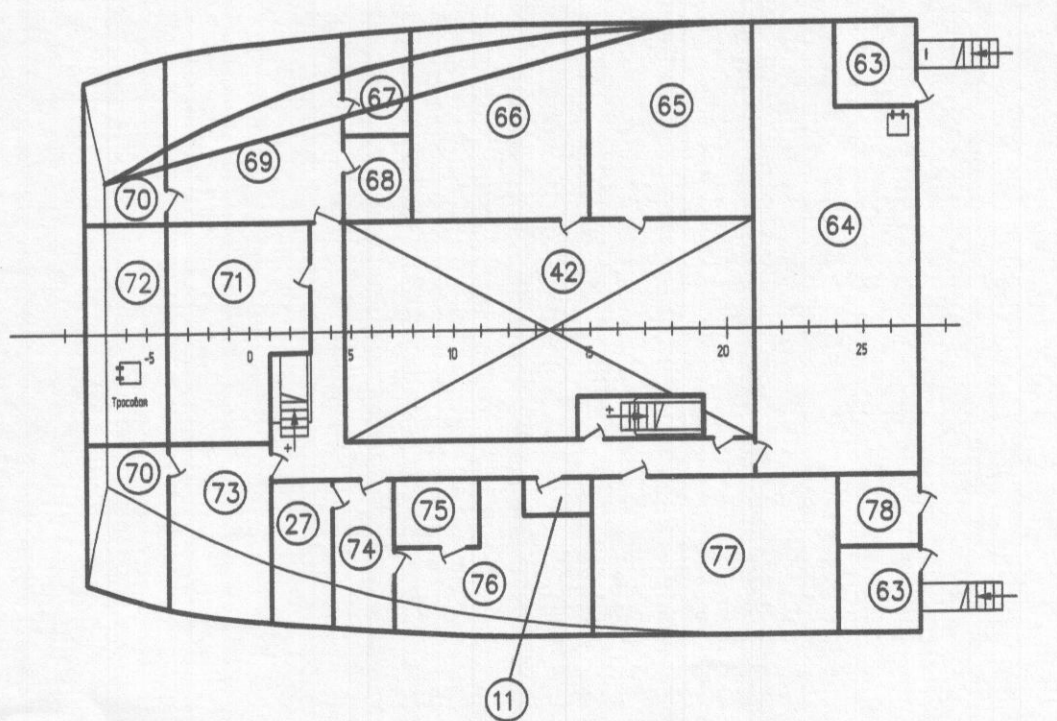
ВЕРХНИЙ МОСТИК



ПАЛУБА ЮТА



ПАЛУБА МКО



Номер помещения на схеме общего расположения	Наименование помещения	Номер помещения на схеме общего расположения	Наименование помещения
1	Агрегатная радиолокационная станции	40	Станция питания с берега
2	Аккумуляторная радиосвязи	41	Помещение инженера
3	Кладовая фонарей и сигнальных выигр	42	Щиток монтажно-котельного отделения (МКО)
4	Кладовая выносов тралов	43	Вентиляторная ИК
5	Кладовая ящика	44	Кладовая гидротермокастов
6	Самозвонка	45	Аварийный выход из центрального поста управления (ЦПУ)
7	Агрегатная радиосвязи	46	Комежа
8	Трансляционная	47	Бюветная столовая
9	Бюветная	48	Столовая
10	Новое штурманское оборудование	49	Салон отдыха
11	Узел питания	50	Лик в помещении станции углекислотного пожаротушения
12	Кабинет старшего механика	51	Теплотная камбуза для персонала
13	Спальня старшего механика	52	Спальня концевая
14	Санузлы старшего механика	53	Парикмахерская
15	Одностельная каюта с санитарной кабиной	54	Кладовая рыбы
16	Кабинет капитана	55	Кладовая мяса и жиров
17	Спальня капитана	56	Тамбур провизионных кладовых
18	Санузлы капитана	57	Кладовая сахара первичный
19	Каюта личная	58	Кладовая сахара
20	Кладовая аварийно-спасательного имущества (АСИ)	59	Сварочное оборудование
21	Умывальная кладовая	60	Кладовая чистого белья
22	Вентиляторная	61	Теплотная грузчиков
23	Блок-каюта комсостава	62	Помещение аварийного дизель-генератора (АДГ)
24	Каюта судовладельца	63	Центральный пост управления (ЦПУ) и главный распределительный щит (ГРЩ)
25	Электронная	64	Помещение кондиционеров
26	Корпусная автоматическая телефонная станция (КАТС)	65	Помещение рефрижераторной установки
27	Личная	66	Кладовая грязного белья
28	Кладовая спортивного инвентаря	67	Личная
29	Резервуар бассейна	68	Прочная
30	Вентиляторная	69	Самильная
31	Кладовая технической документации	70	Ремонтное отделение
32	Личная каюта с санитарной кабиной	71	Торговая
33	Кладовая хозяйственного инвентаря	72	Помещение рабочей одежды
34	Электронная	73	Раздевальная
35	Кладовая кислот	74	Салон
36	Зарядная	75	Баня с бассейном
37	Лик погрузки провизии	76	Станция углекислотного пожаротушения
38	Аккумуляторная	77	Помещение гидролики, грузových кранов и люковых захватов
39	Кладовая холодная	78	

Основные сведения судна

1. Длина, м 110
2. Ширина, м 22
3. Высота борта, м 3
4. Грузоподъемность, кг 5000
5. Скорость, узлы 13

ТОСЖ 05.00.00.000 В0				Стр.	Лист	Листов
«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»				ДП	1	8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разработ		Герус В.Е.	Герус			
Проверил		Беззубатов Ю.С.		22.06.21		
Руководил						
Н. контр.	Шамаров М.В.					
Зав.кар.	Гуканян А.В.					
План судна				КубГТУ КТОУСЖ гр.16-М-СЖ1		

M 1:2

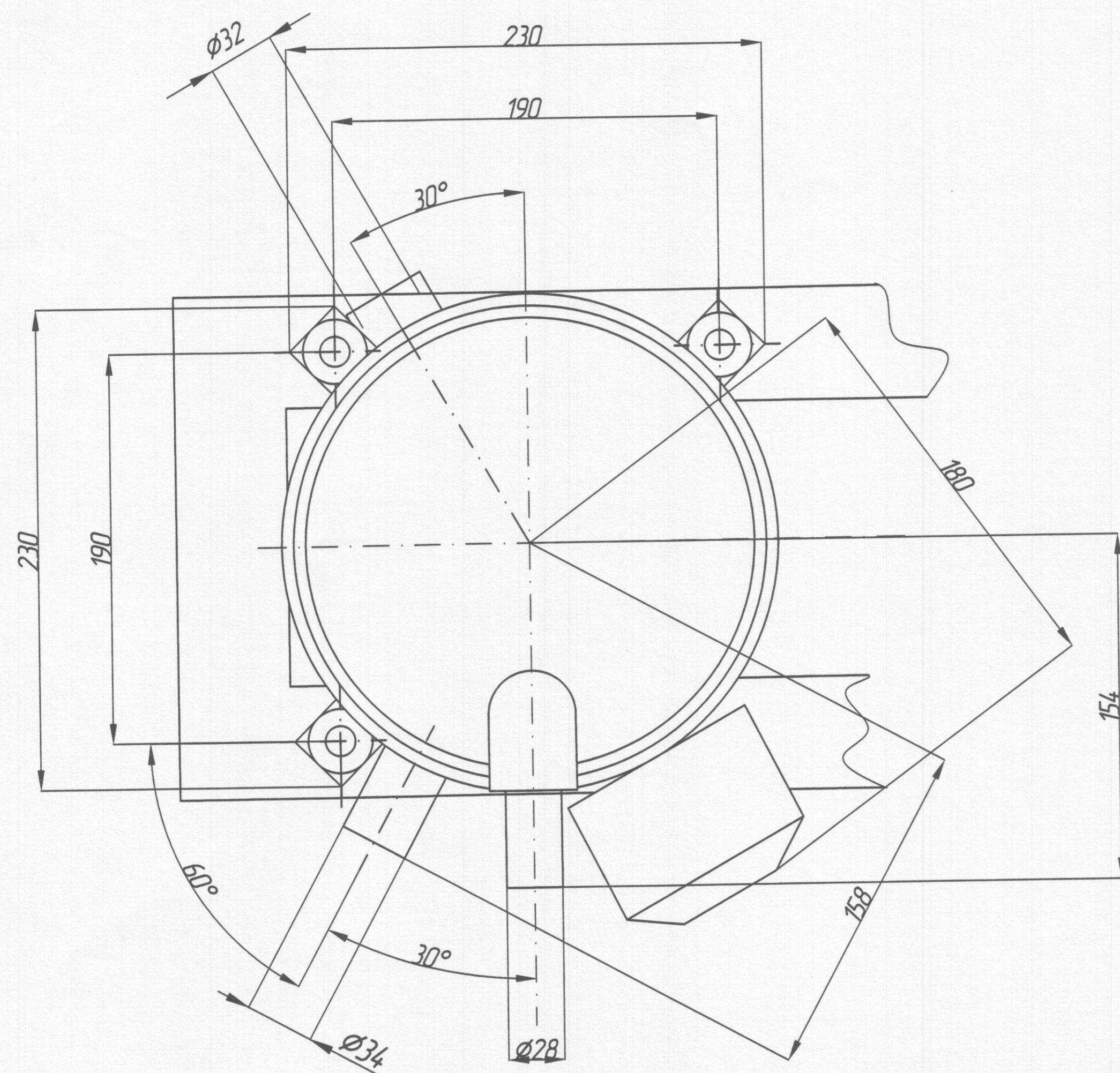
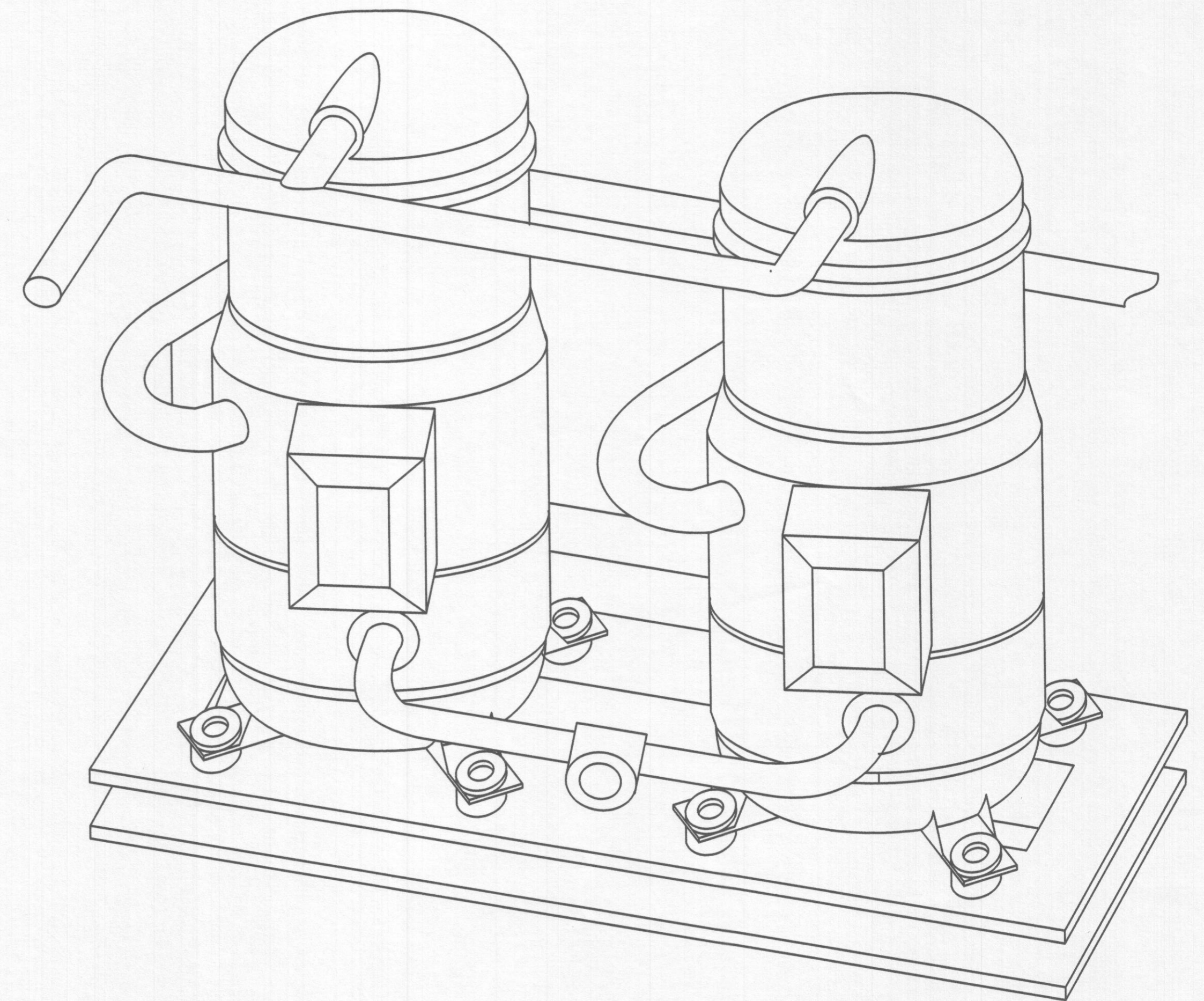
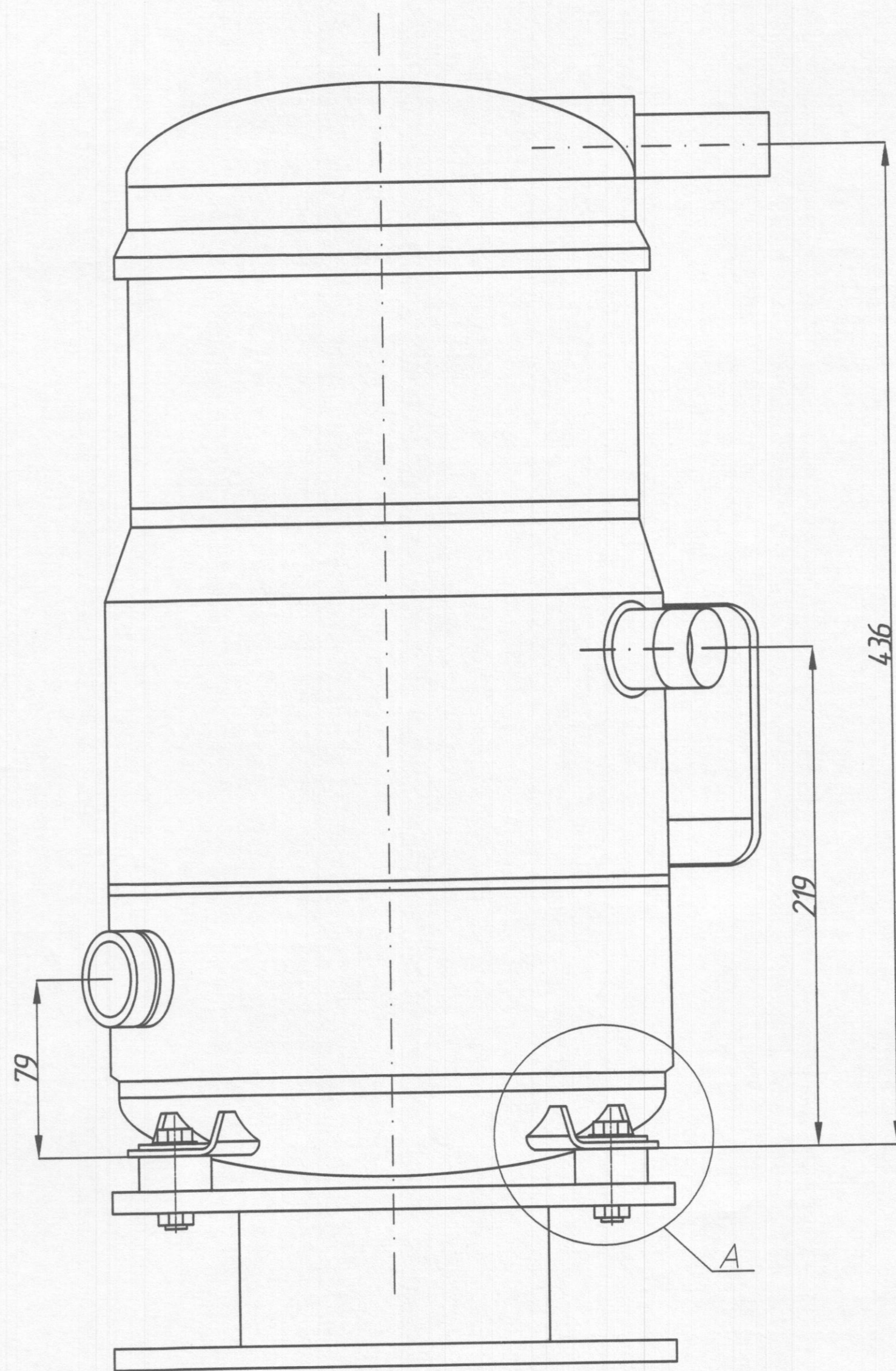
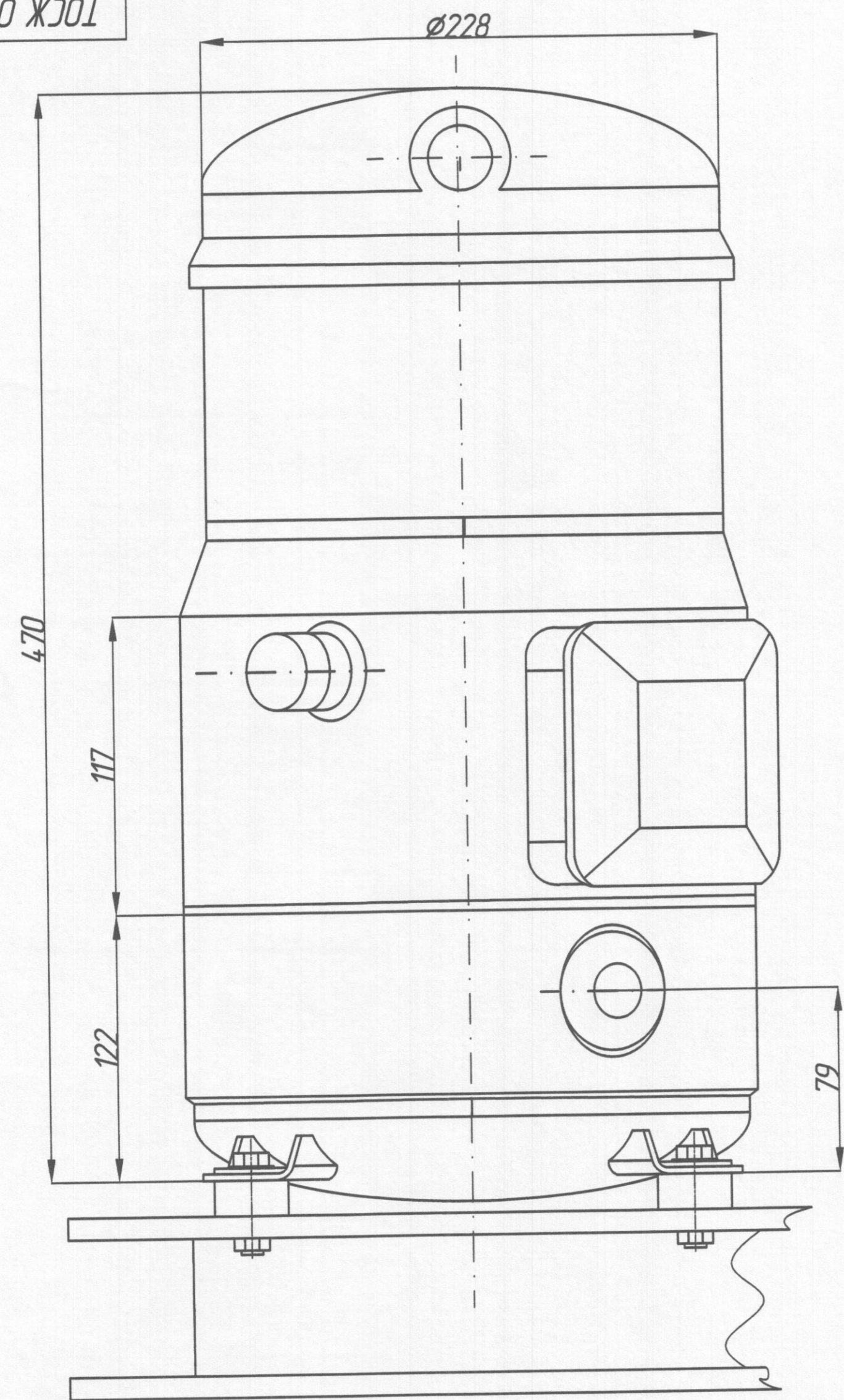
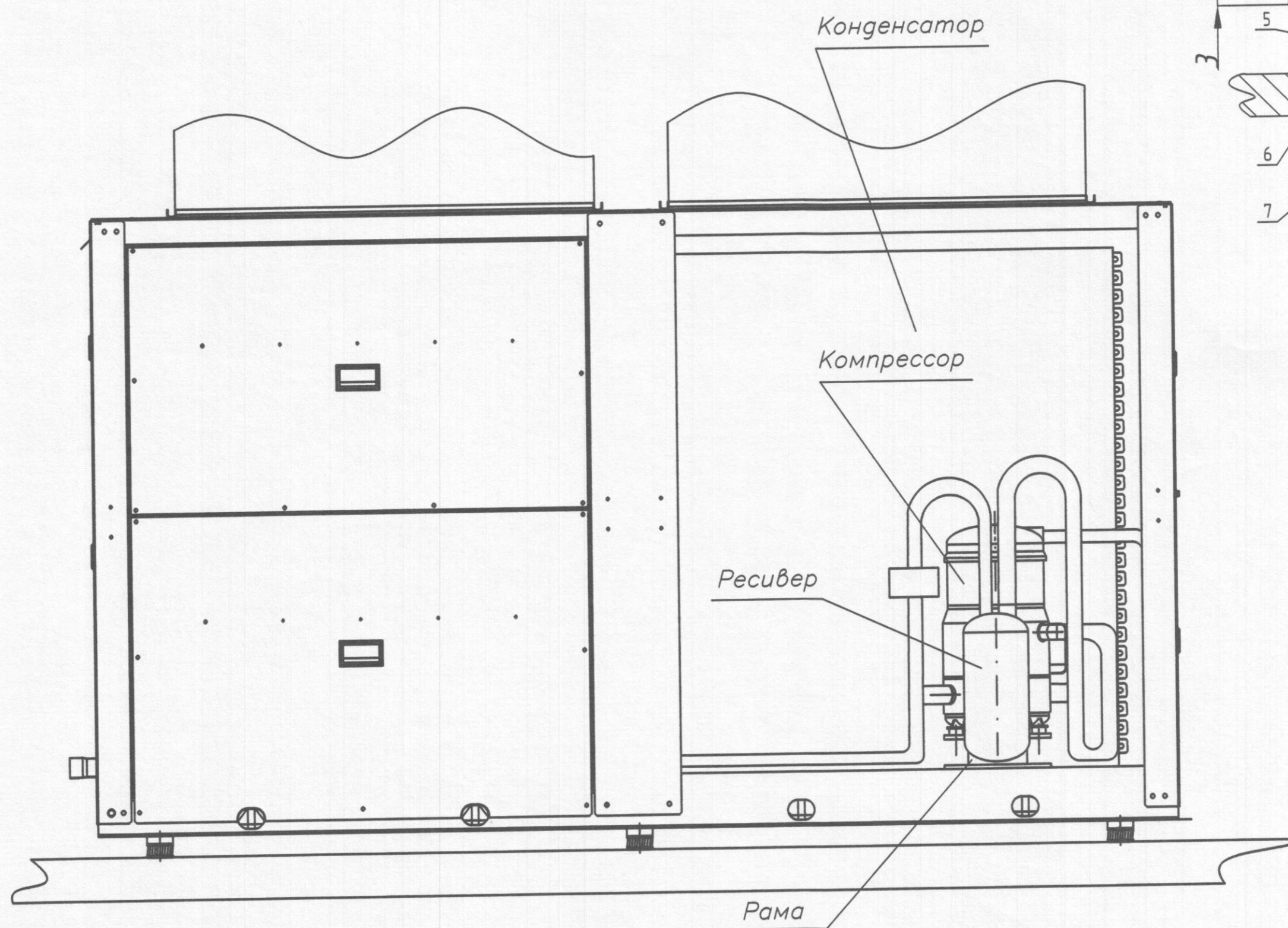


Схема расположения компрессора внутри ККБ

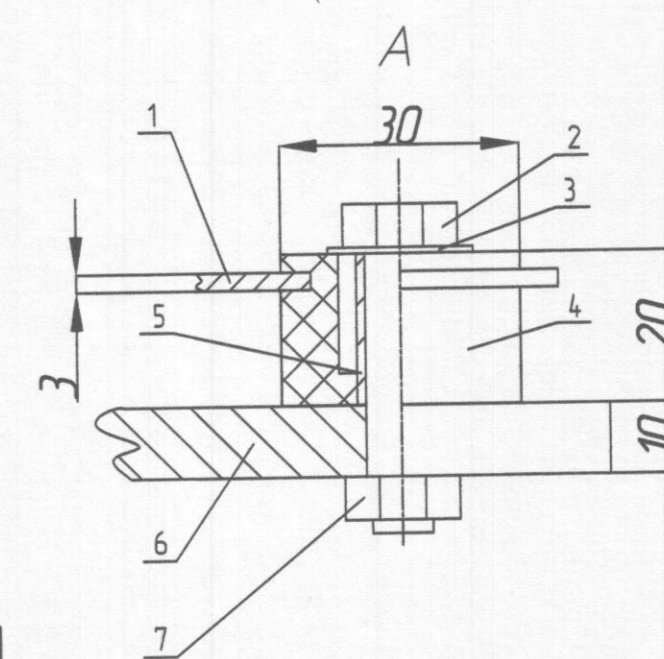
Г (M 1:10)

Расположение вида Г смотреть лист 4



Вид разрез виброопоры и монтаж компрессора.

A (M 1:1)



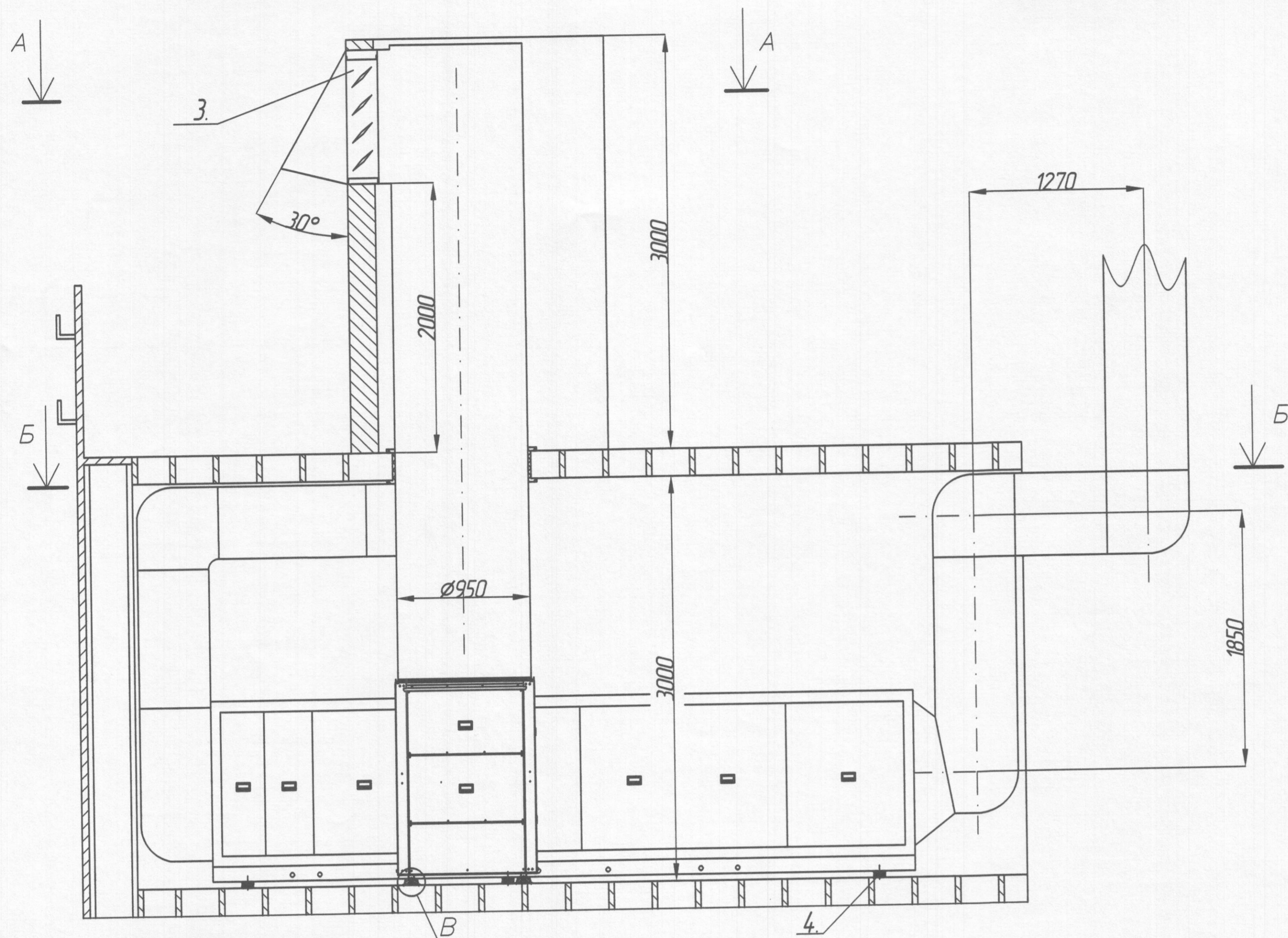
Спецификация составляющих крепления для монтажа компрессора.

Поз.	Наименование	Кол.	Масса ед. кг.	Примечание
1.	Компрессор 22МН300	1		
2.	Болт МВ ГОСТ 7798-70	4		
3.	Шайба В ГОСТ 6959-78	4		
4.	Виброопора	4		
5.	Втулка	4		
6.	Рама	1		
7.	Гайка МВ ГОСТ 7798-70	4		

Техническая характеристика компрессора.

1. Тип компрессора	спиральный
2. Холодопроизводительность, кВт	63
3. Холодильный агент	R410a
4. Температурный режим, °C	5-10
5. Максимальная потребляемая мощность, кВт	23,3
6. Патрубок на всасывание, мм	34
7. Патрубок на нагнетание, мм	28
8. Масса, кг	108

ТОСЖ 05.00.00.000 МЧ				
«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ	Гарус В.Е.	1/01		
Проверил				
Руковод	Беззаботов В.С.			
Н. контр.	Шамаров М.В.			
Зад. кар.	Гукосян А.В.			
Компрессор				Лист 3
КубГТУ КТОиСЖ				Лист 8
гр.16-М-СЖ1				



Б-Б

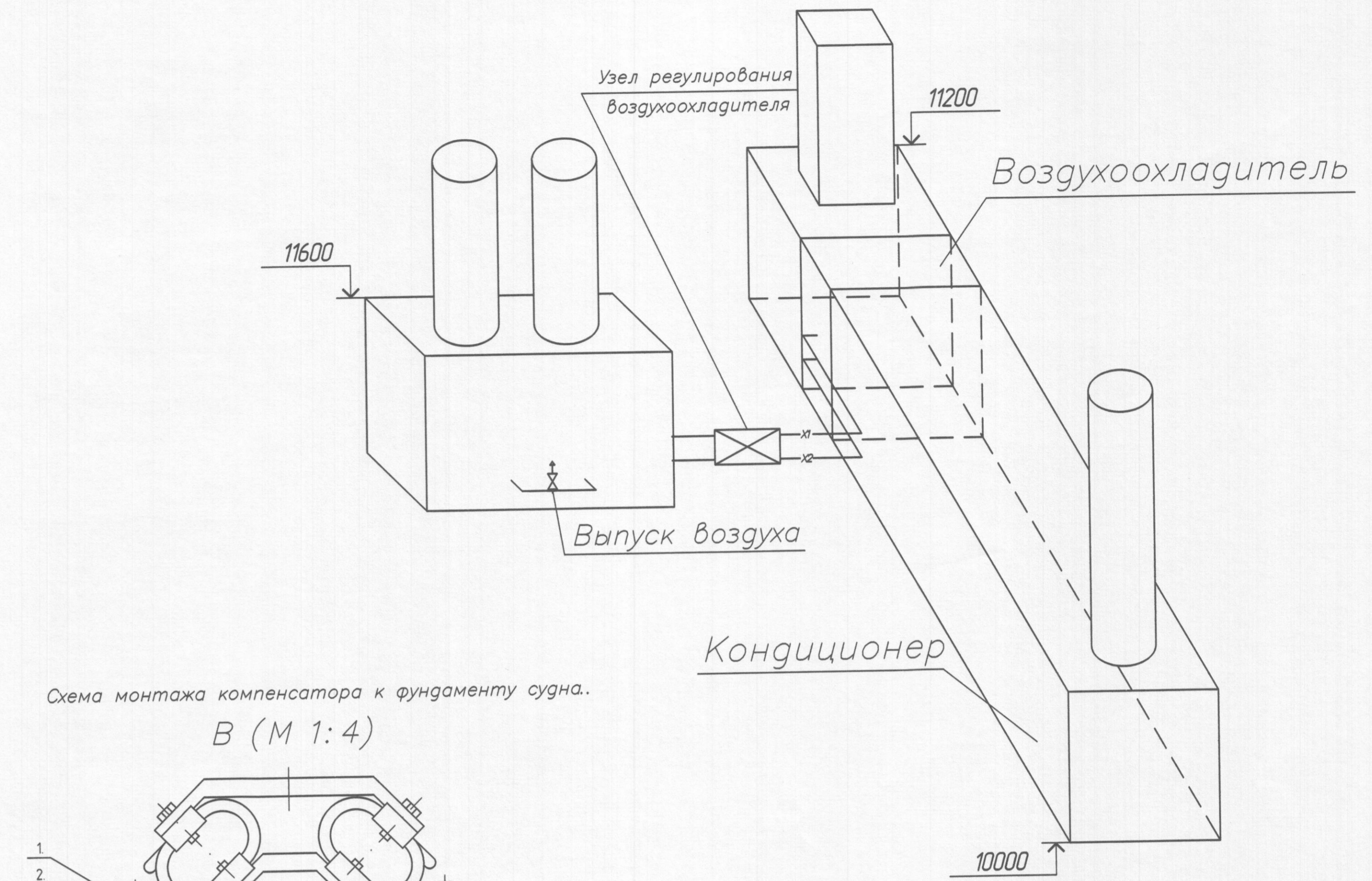
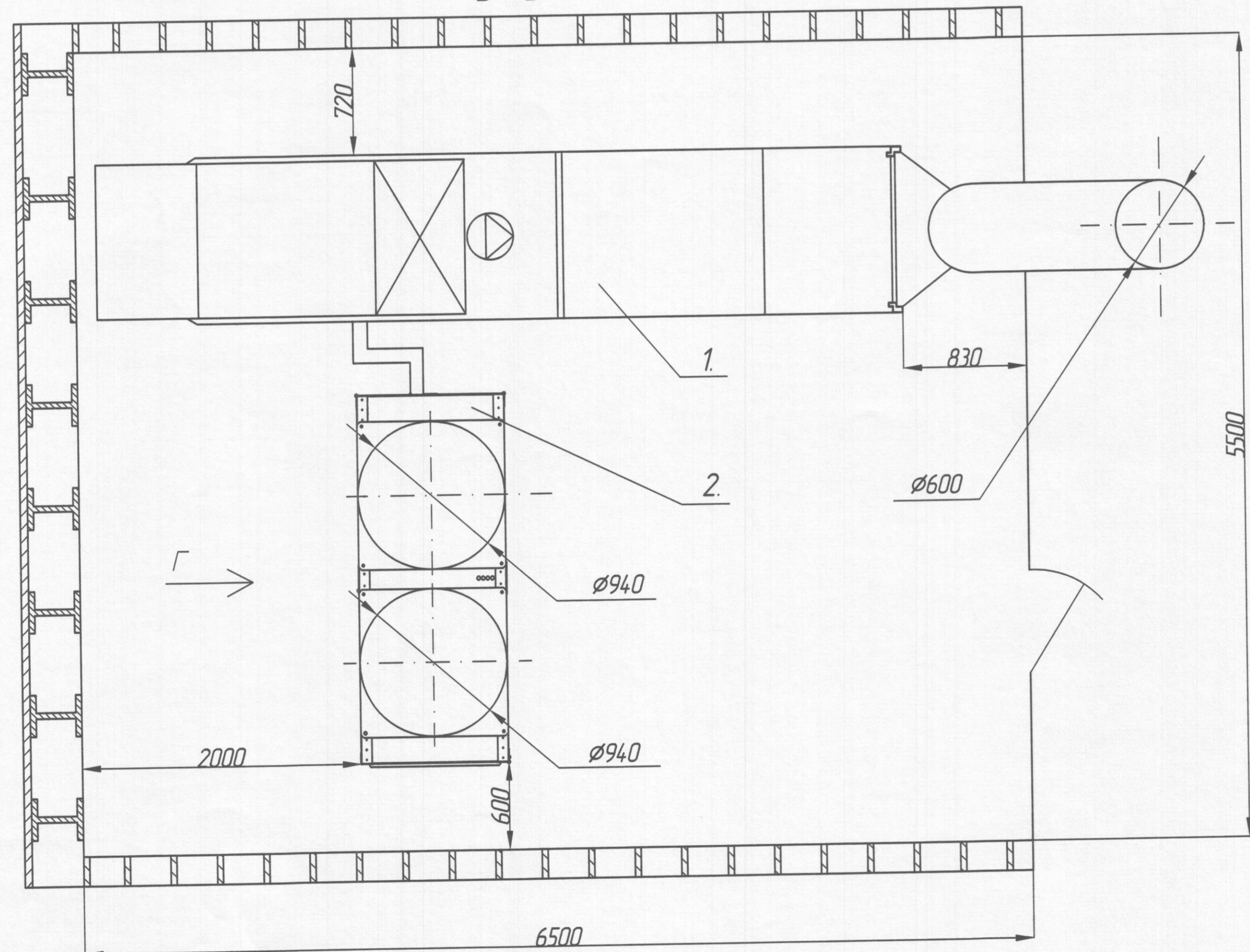
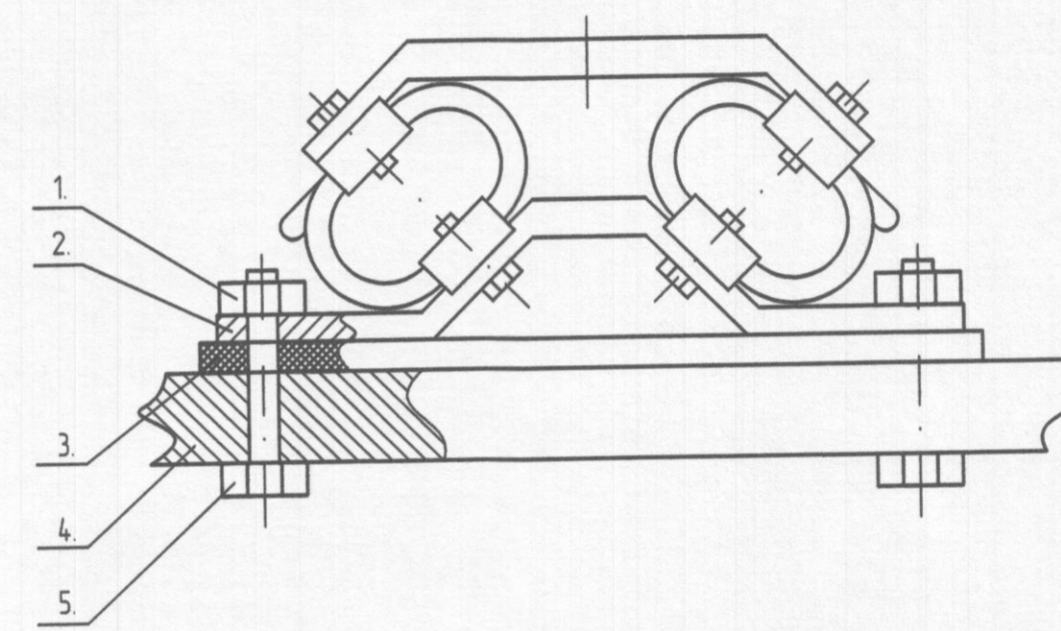


Схема монтажа компенсатора к фундаменту судна.

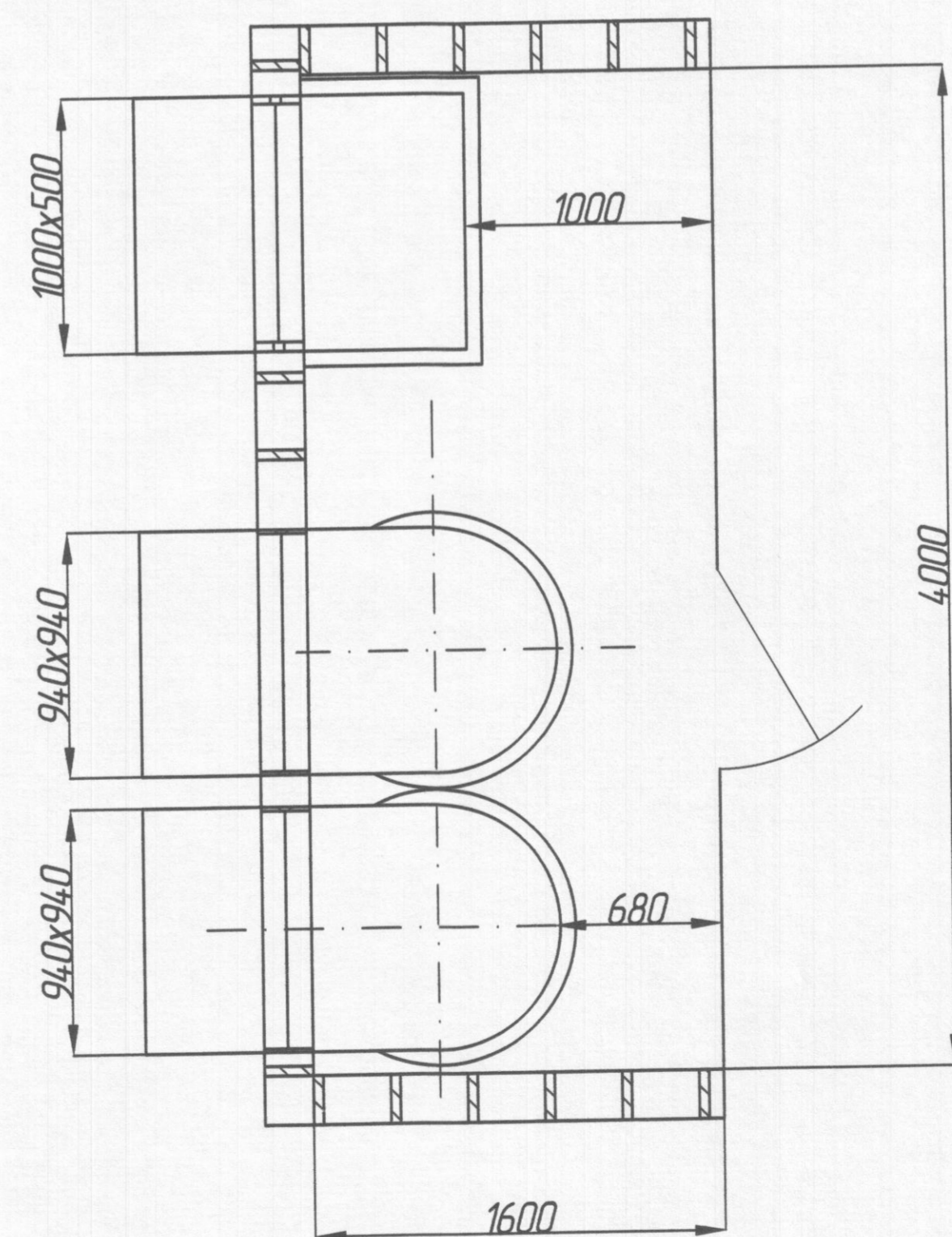
В (M 1:4)



Спецификация составляющих крепления для монтажа ККБ.

Поз	Наименование	Кол	Масса ед. кг	Примечание
1.	Гайка М8 ГОСТ 7798-70	48		
2.	Компенсатор	12		
3.	Пластик	12		
4.	Фундамент судна	6		
5.	Болт М8 ГОСТ 7798-70	48		

A-A



Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Масса ед. кг	Примечание
1.		Центральный кондиционер	1		
2.	Возв КОМПЛАС-ККБ	Блок ККБ	1		
3.		Воздушный клапан	3		
4.		Компенсатор	12		
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					

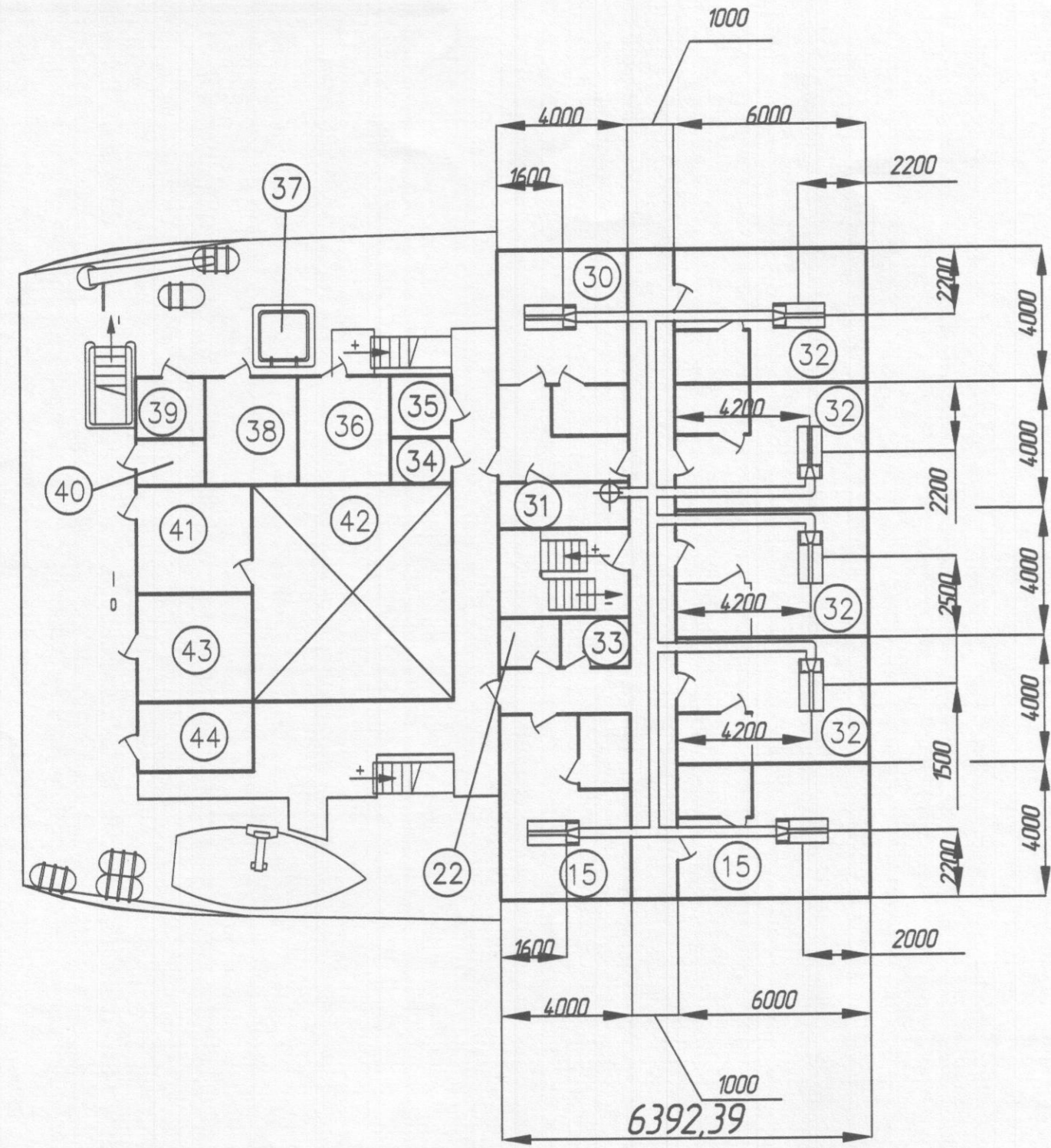
ТОСЖ 05.00.00.000 В0

«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Станд	Лист	Листов
Разработ		Герус В.Е.	Горук		Помещение кондиционеров	ДП	4 / 8
Проверил		Беззубатов О.С.					
Руковод							
Н. контр.		Шкаров М.В.					
Зад.кар		Гусакон А.В.					

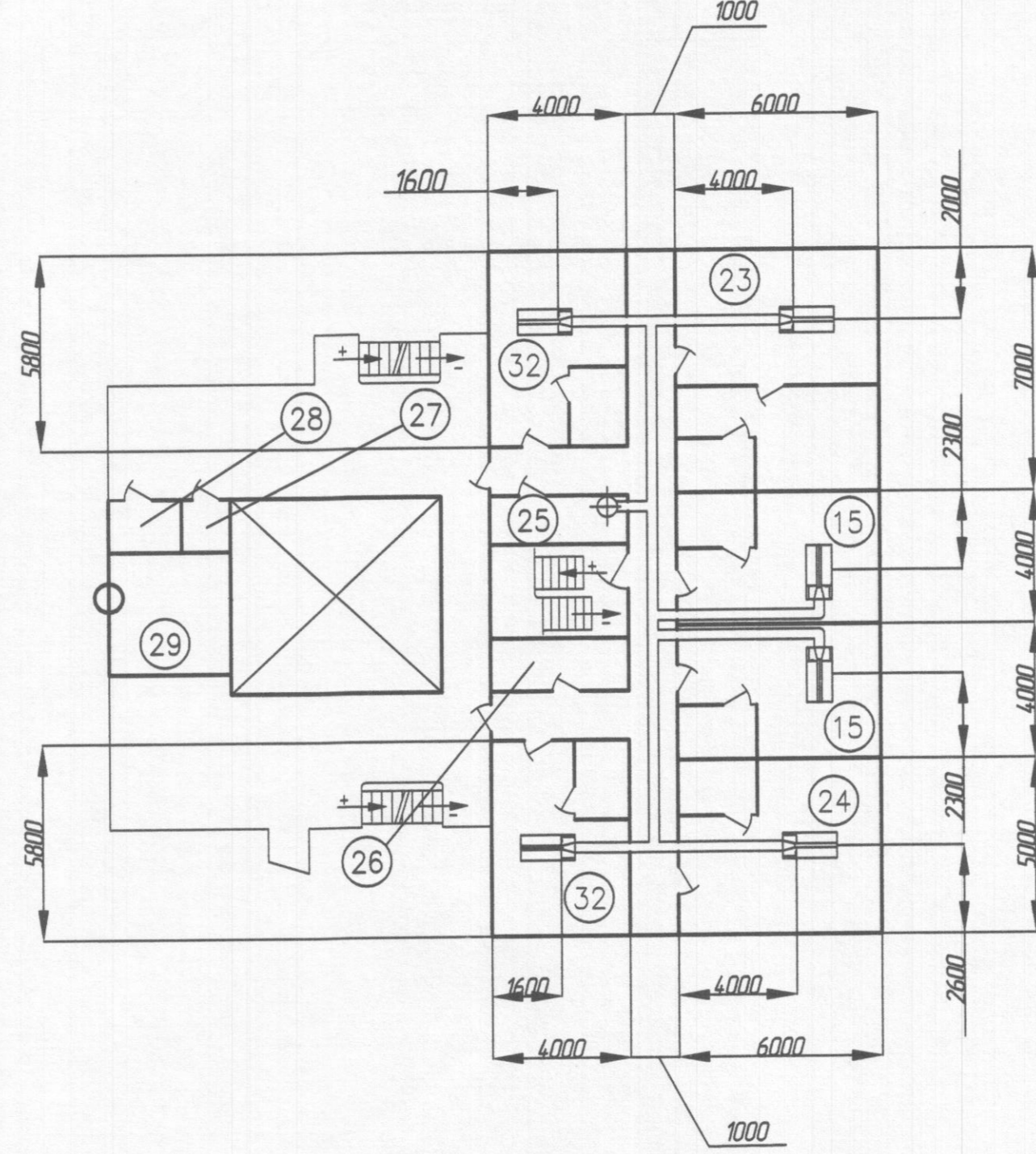
Кудоту КТОУСЖ гр.16-М-СЖ1

ПАЛУБА РУБКИ 2 ЯРУСА

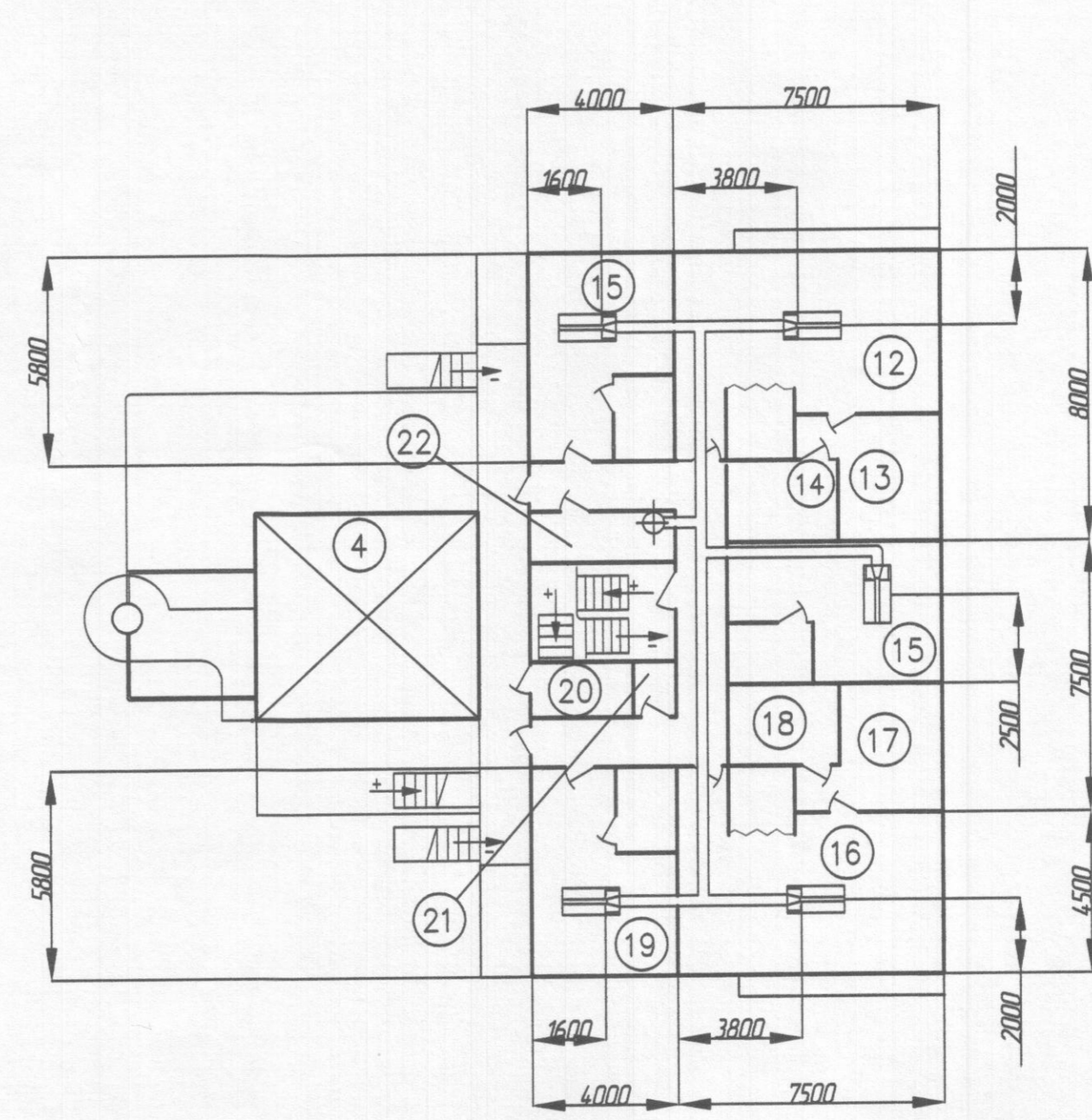


M 1:180

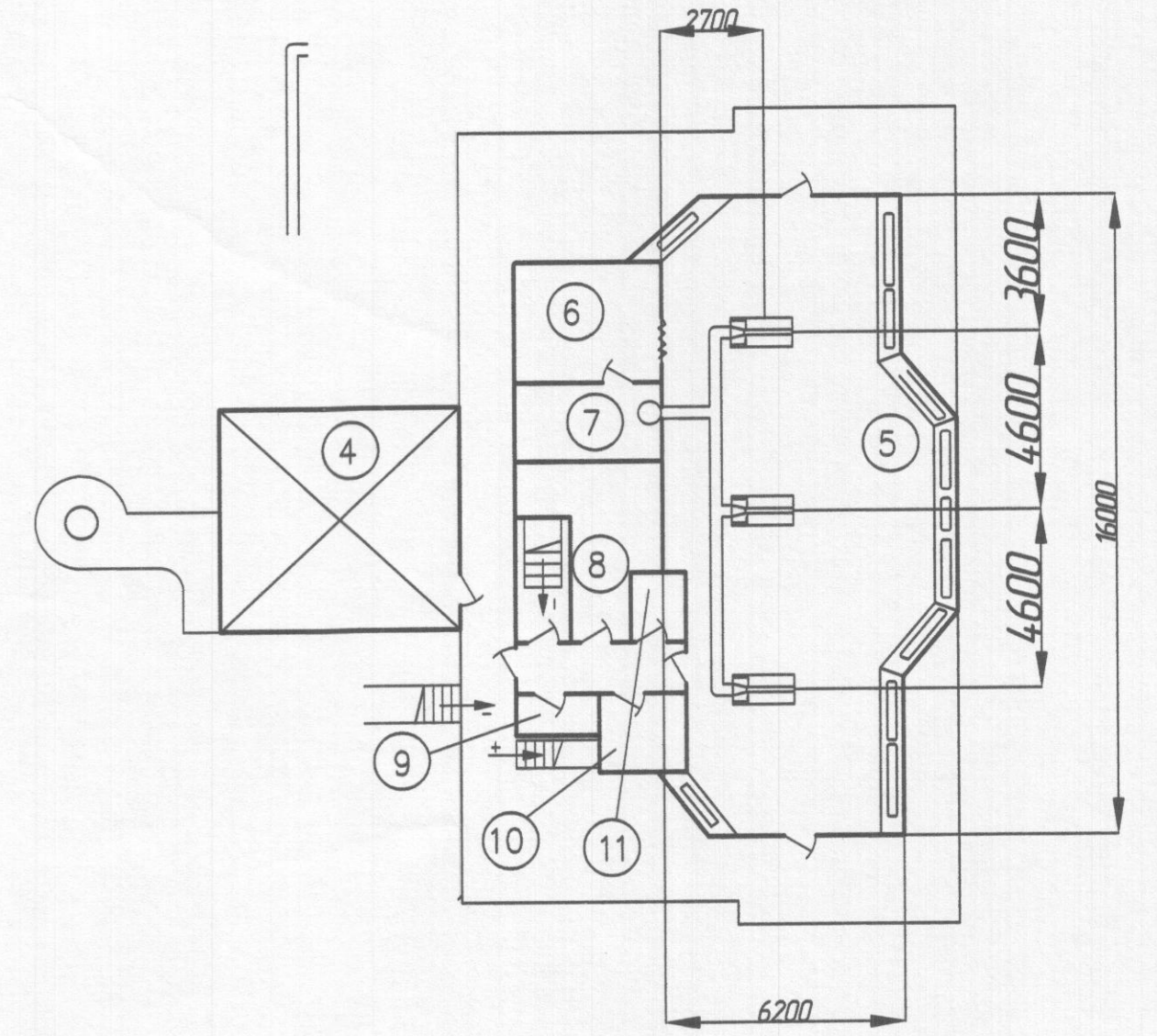
ПАЛУБА РУБКИ 3 ЯРУСА



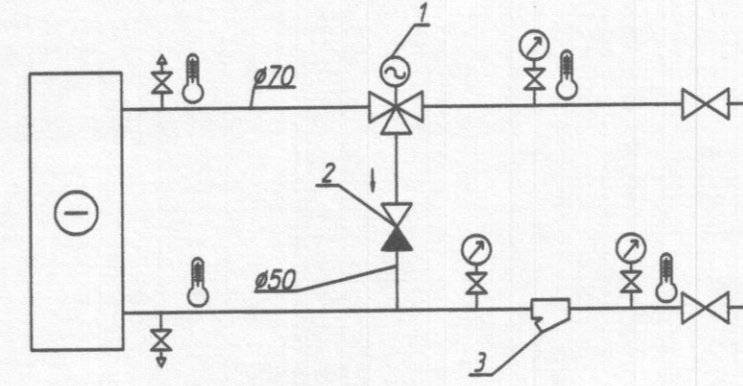
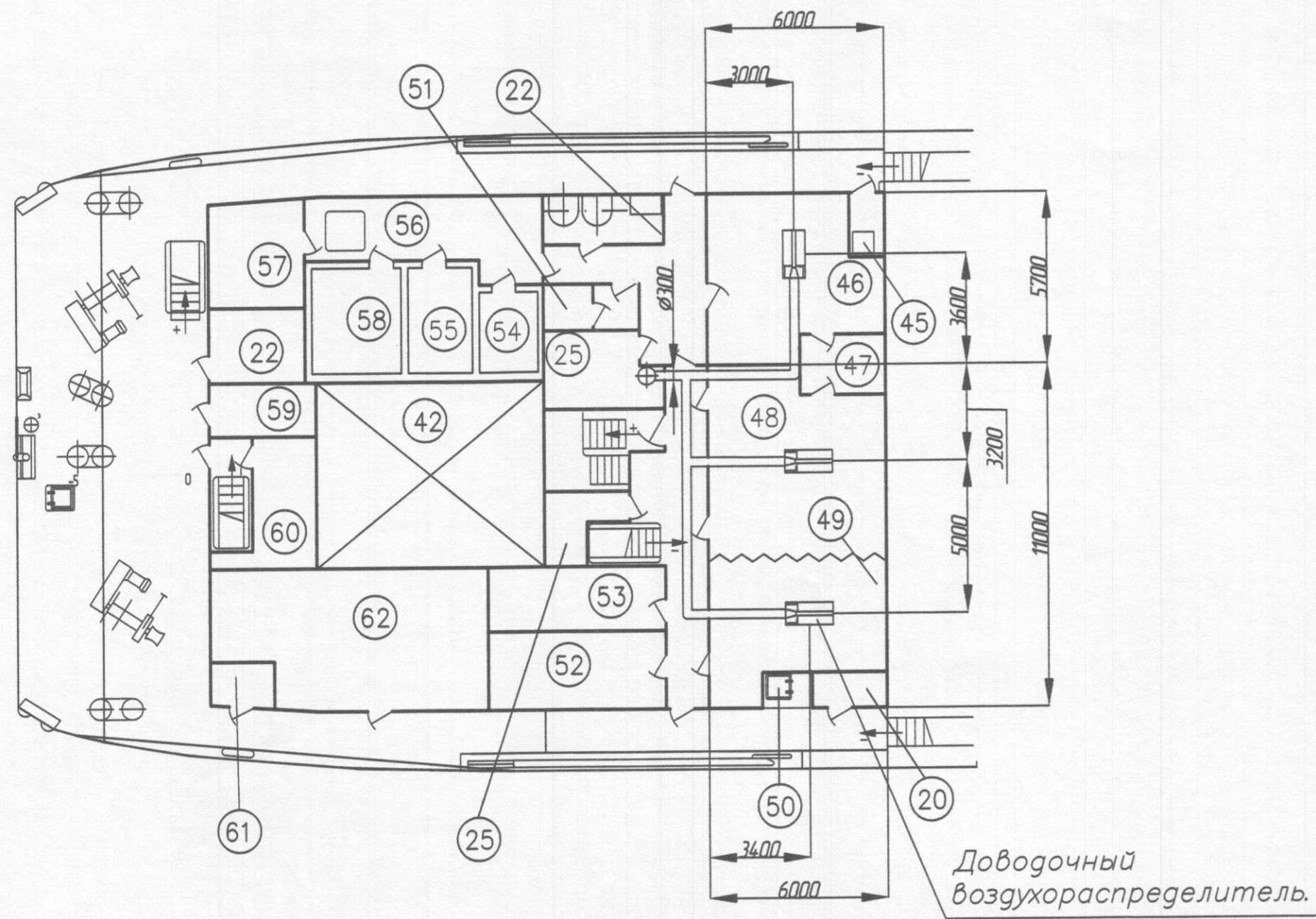
ПАЛУБА РУБКИ 4 ЯРУСА



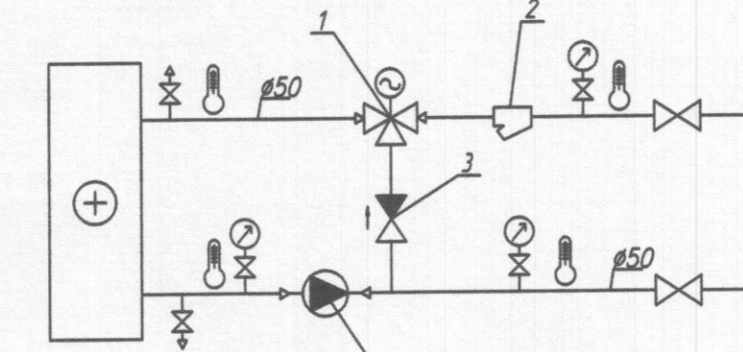
ПАЛУБА РУБКИ 5 ЯРУСА



ПАЛУБА ЮТА

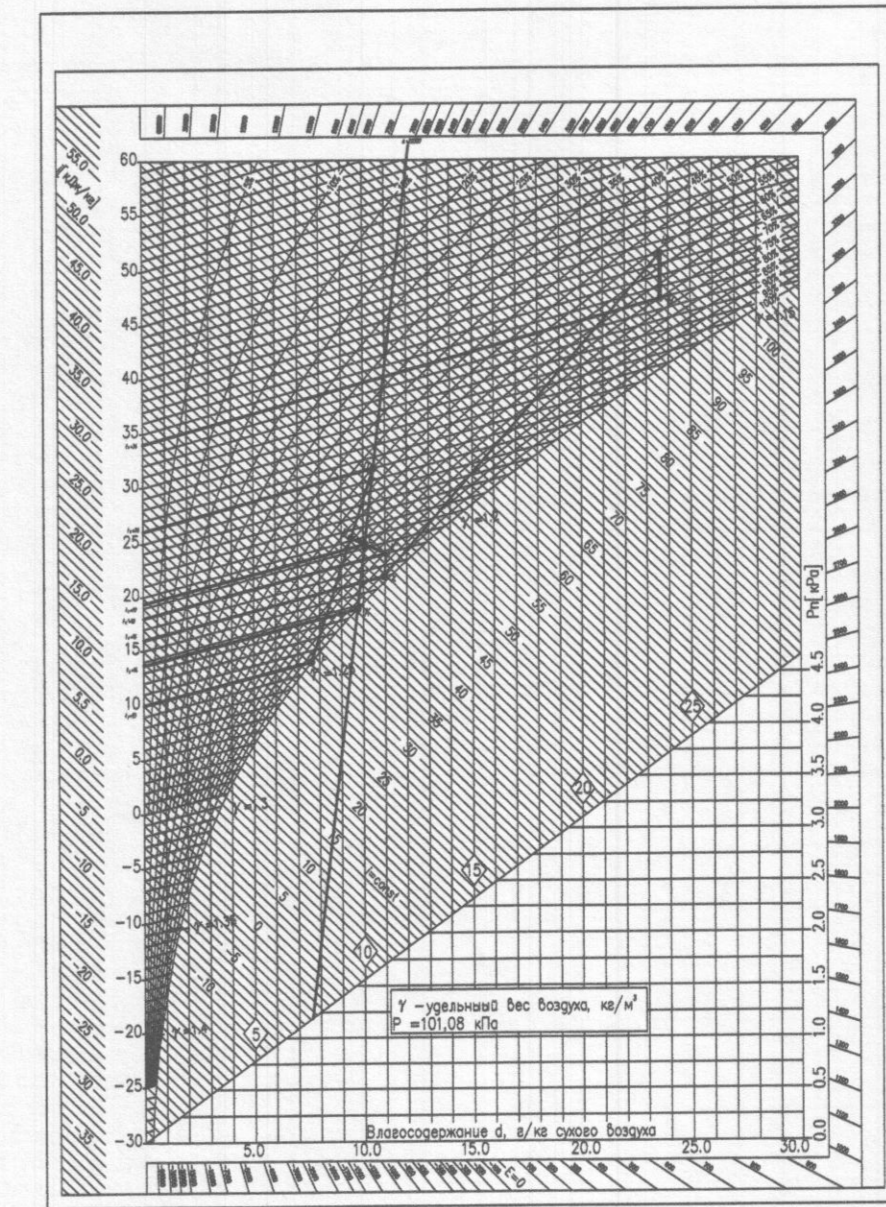


1 - регулирующий клапан
2 - обратный клапан
3 - фильтр

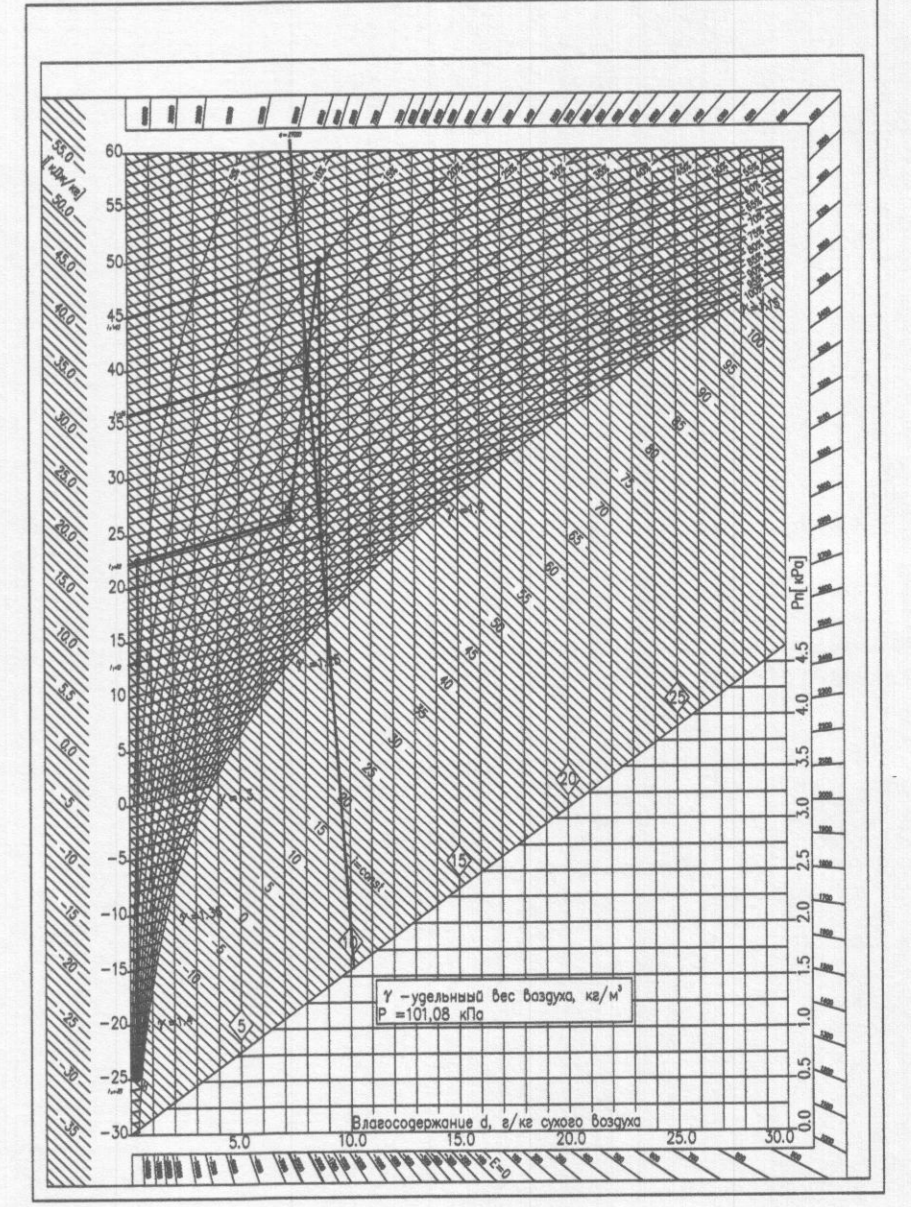


1 - регулирующий клапан
2 - фильтр
3 - обратный клапан
4 - циркуляционный насос

l-d диаграмма влажного воздуха для летнего периода плавания.



l-d диаграмма влажного воздуха для зимнего периода плавания.



ПАЛУБА МКО

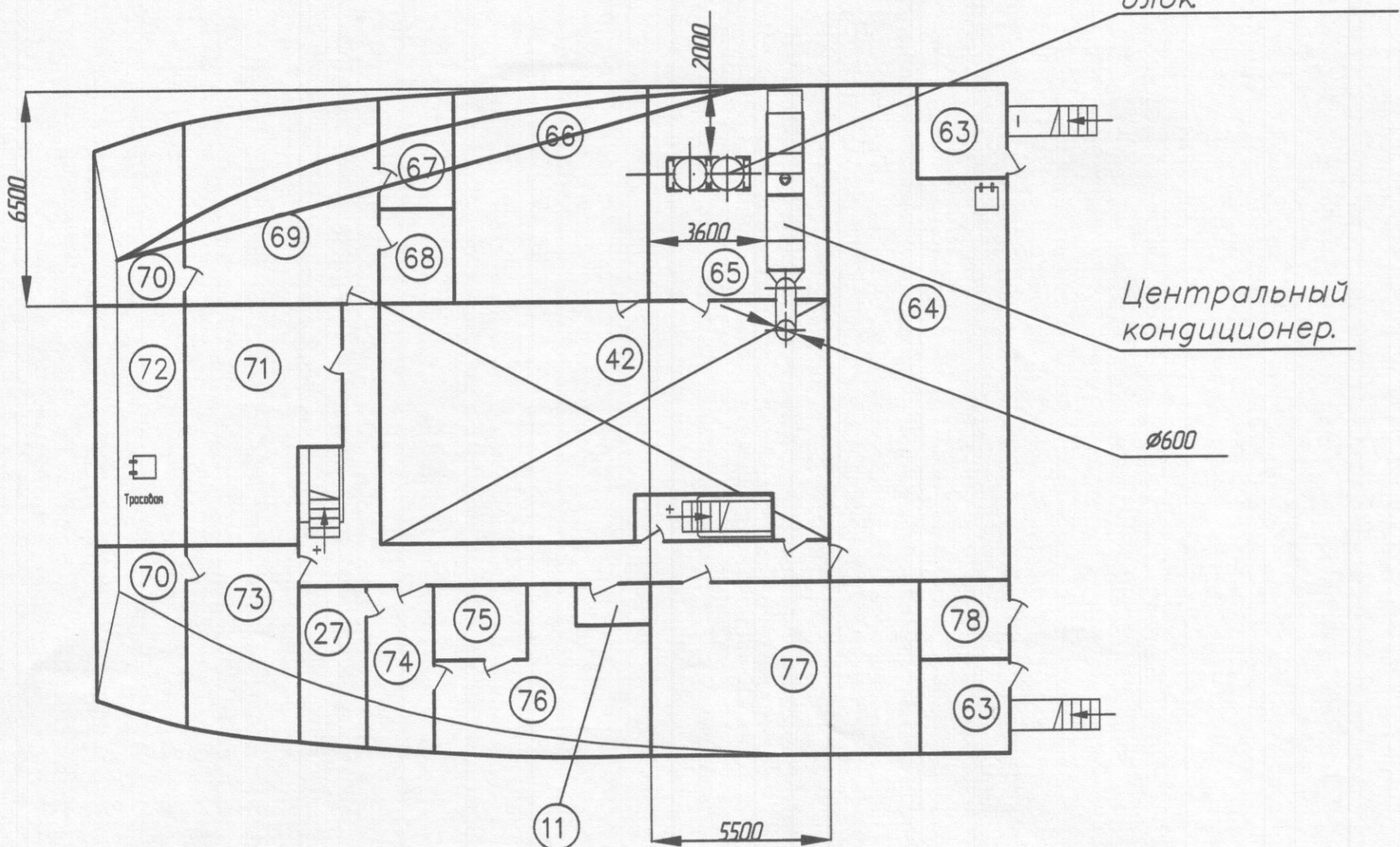
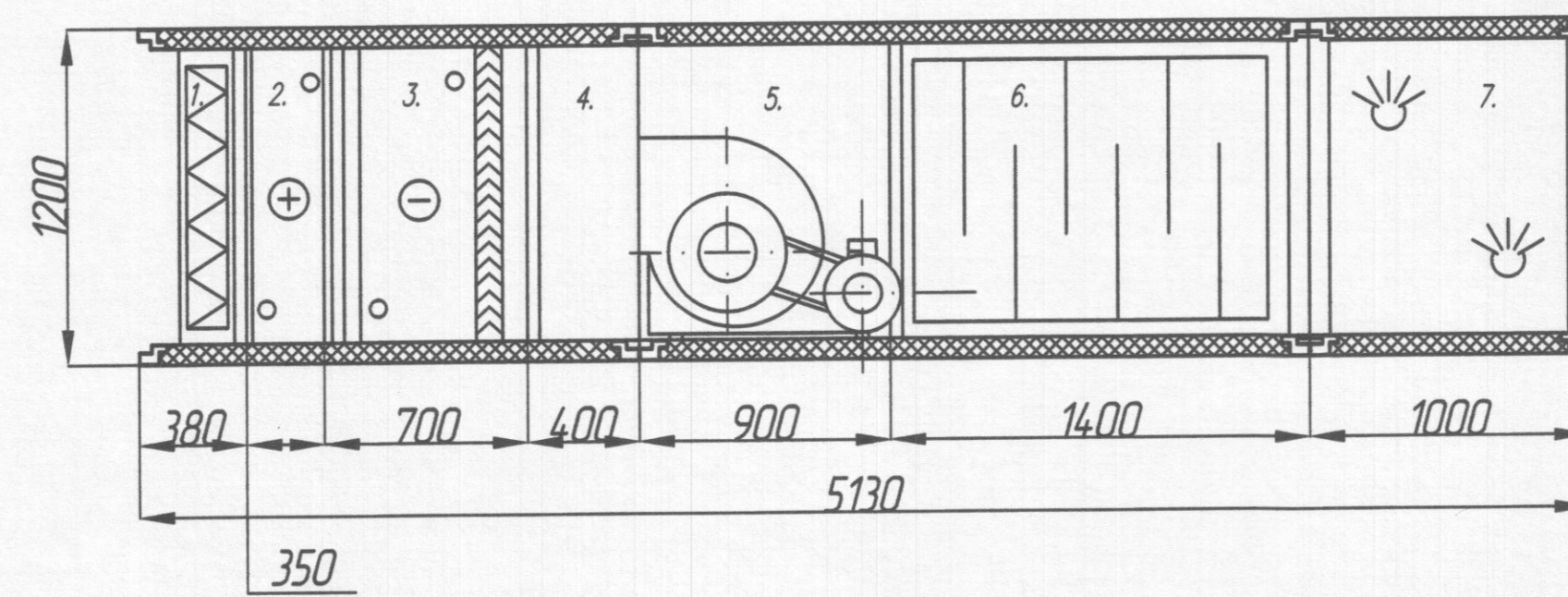


Схема подготовки приточного воздуха для каютных помещений.

M 1:25



Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
1.	ФВКм-III-XX-48-04	Фильтр карманный	1		
2.	ВНВ/73.1-115-058-02-30-06-2-716-1	Воздуонагреватель жидкостной	1		
3.	ВОВЗК3.1-133-063-12-40-06-1-426-2	Воздуоохладитель жидкостной	1		
4.		Камера промежуточная	1		
5.	ВОВЗК3.1-163-150-10-3-0-06-1	Вентилятор	1		
6.		Шумоглушитель	1		
7.	ТВГ100-1525-0685-0140-30-2-3	Камера увлажнительная паровая	1		
8.	Всем КОМПАС-КХБ	Блок КХБ	1		
9.			1		
10.			1		
11.			1		

ТОСЖ 05.00.00.000 В0

«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»

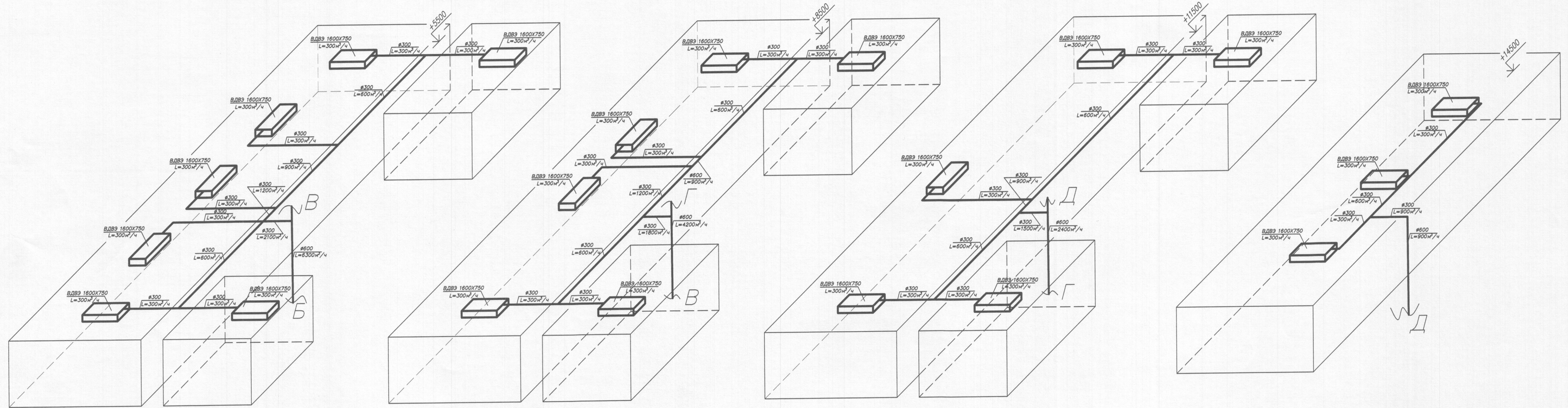
Изм.	Лист	ИР докум.	Подп.	Дата	Страниц	Лист	Листов
Разработ.		Герус В.Е.	Герус		ДП	6	8
Проверил.		Беззаботов И.С.		02.06.21	План кают		
Руковод.							
Н. контр.		Шенаров М.В.			КубГТУ КТОиСЖ		
Зав.кар.		Гукосин А.В.			гр.16-М-СЖ1		

ПАЛУБА РУБКИ 2 ЯРУСА

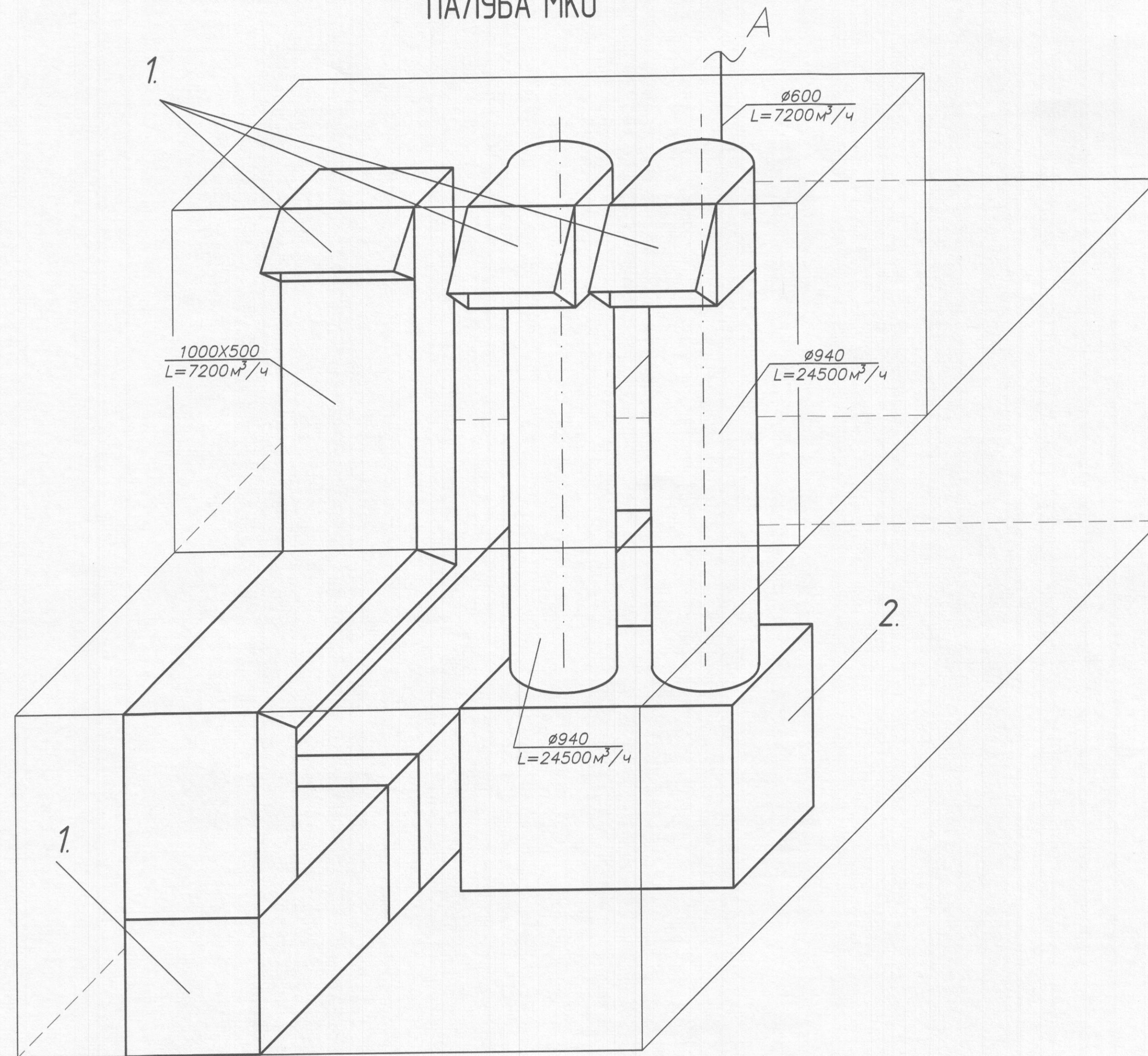
ПАЛУБА РУБКИ 3 ЯРУСА

ПАЛУБА РУБКИ 4 ЯРУСА

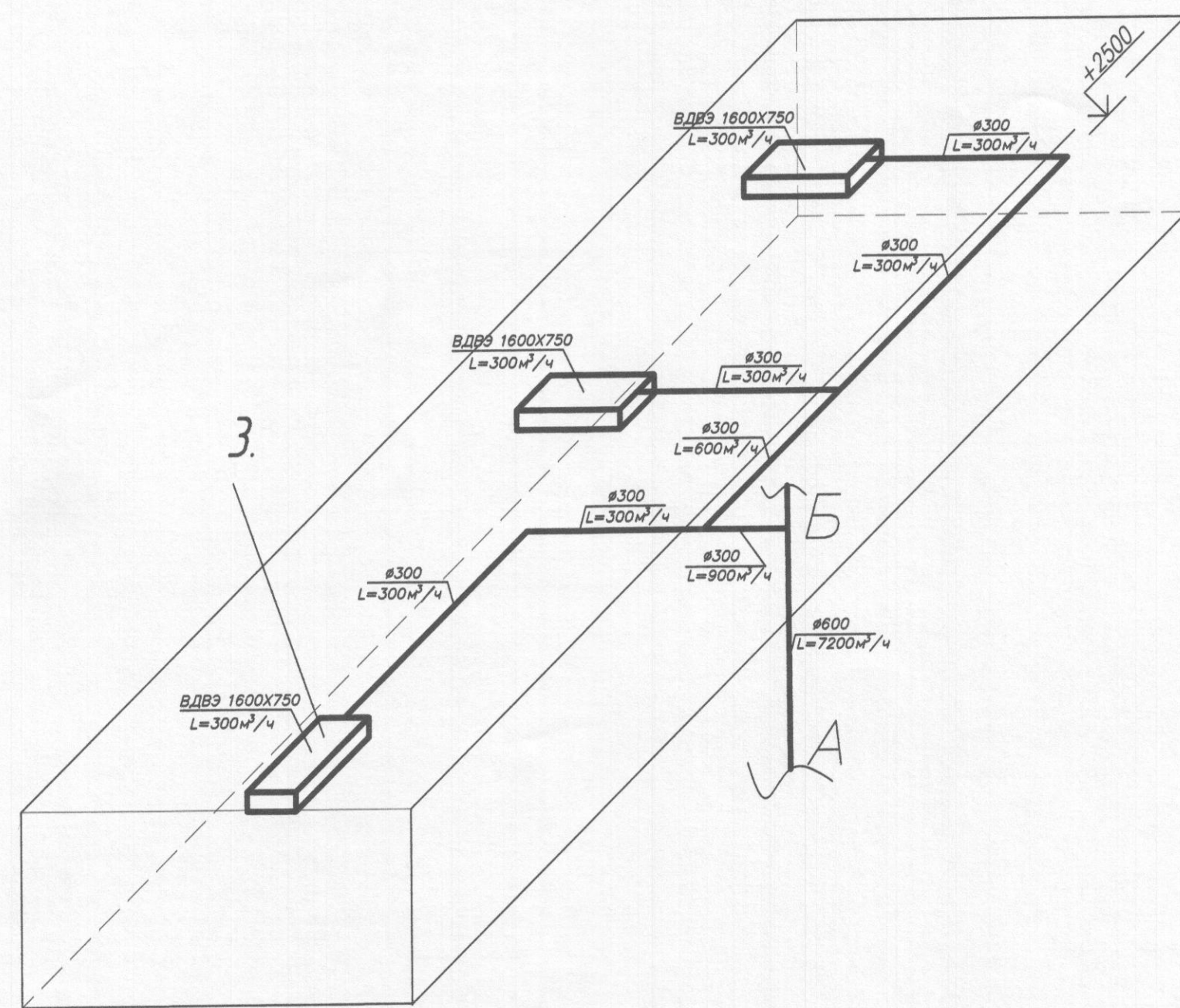
ПАЛУБА РУБКИ 5 ЯРУСА



ПАЛУБА МКО



ПАЛУБА ЮТА



Поз	Обозначение	Наименование	Код	Масса ед. кг	Примечание
1.		Центральный кондиционер	1		
2.	Вент. КОМПАС-ККБ	Блок ККБ	1		
3.		Воздушный клапан	3		
4.		Воздухораспределитель ВДВЗ	24		
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					

ТОСЖ 05.00.00.000 ТЗ

«Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха»

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработ	Гегус В.Е.	Гегус			План воздухопроводов и 2 воздухораспределителей	7	8
Проверил	Беззаботов Ю.С.	Беззаботов					
Руковод							
И. контр.	Шангаров М.В.				КубГТУ КТОИСК гр. 16-М-СЖ1		
Зав.кар.	Гуканян А.В.						



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

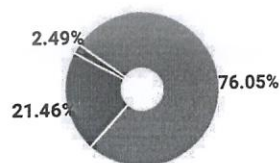
Кубанский государственный
технологический университет

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Шамаров М В
Самоцитирование
рассчитано для: Шамаров М В
Название работы: Герус В.Е. 16-М-СЖ1
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: ТОСЖ

РЕЗУЛЬТАТЫ

ЗАИМСТВОВАНИЯ	21.46%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	76.05%
ЦИТИРОВАНИЯ	2.49%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%



ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 22.06.2021

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:

22.06.21

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.

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу студента

Герус Виктору Евгеньевичу

(Ф.И.О. студента)

1 Тема выпускной квалификационной работы - Проект корабельной холодильной установки системы кондиционирования воздуха

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 и вентиляционное оборудование подобрано по современным каталогам холодильного оборудования и отвечает уровню развития холодильной техники и систем кондиционирования 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» - 76, 05%.

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

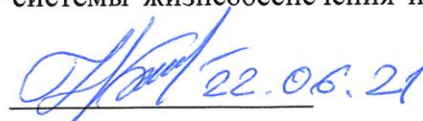
6 Наличие и оценка научно-исследовательской составляющей ВКР (при выполнении научной ВКР или с элементами НИР) – ВКР выполнена с элементами НИР в области совершенствования систем кондиционирования воздуха.

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 –Специальные системы жизнеобеспечения и заслуживает оценки «ОТЛИЧНО».

Руководитель ВКР, доц. Беззаботов Ю.С.

Handwritten signature in blue ink, followed by the date 22.06.21.

(подпись, дата)